



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

Máster en Ingeniería Agronómica

**EFFECTO DEL RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO Y EL
CULTIVO EN INVERNADERO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y
CALIDAD DE LA UVA DE MESA 'FLAME SEEDLESS'**

Sonia Ibáñez Barón

DIRECTORES:

Dr. Dña. Virginia Pinillos Villatoro

Dr. D. Juan José Hueso Martín

Almería, Junio 2017

ÍNDICE GENERAL

I. INTERÉS Y OBJETIVOS	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Problemática.	6
1.3. Objetivos.....	9
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	10
2.1. Botánica de la vid.	11
2.2. Ciclo anual de la vid.	12
2.3. Desarrollo de la uva.....	13
2.4. Maduración de la uva.	15
2.5. Problemas de color en uva de mesa.	17
2.6. Técnicas para mejorar el color en uva de mesa.	19
2.6.1. Anillado.....	20
2.6.2. Deshojado.	20
2.6.3. Tratamientos con etefón.	20
2.6.4. Ácido abscísico.....	21
2.7. Riego Deficitario Controlado (RDC).....	21
2.8. Cultivo protegido en uva de mesa.....	24
III. MATERIAL Y MÉTODOS	28
3.1. Descripción de la parcela de ensayo.....	28
3.1.1. Localización y caracterización climática.....	28
3.1.2. Caracterización física y descripción de la parcela.....	29
3.2. Descripción del cultivo.....	31
3.2.1. Material Vegetal.....	31
3.2.2. Manejo del cultivo.....	33
3.3. Descripción del ensayo.....	34
3.3.1. Diseño experimental.....	34
3.3.2. Tratamientos de riego.....	34
3.3.3. Parámetros medidos.....	35

3.3.3.1. Contenido volumétrico de agua en suelo.....	35
3.3.3.2. Potencial hídrico del tallo.....	36
3.3.3.3. Producción.....	37
3.3.3.4. Calidad de la cosecha.....	38
3.3.4. Análisis estadístico.....	41
IV. RESULTADOS.....	42
4.1. Agua aplicada en los tratamientos.....	43
4.2. Contenido de agua en el suelo durante el periodo de riego deficitario.....	43
4.3. Potencial del tallo durante el periodo de riego deficitario.....	44
4.4. Producción.....	45
4.5. Eficiencia en el uso del agua.....	48
4.6. Calidad de las bayas.....	48
4.6.1. Parámetros de color.....	49
V. DISCUSIÓN.....	53
VI. CONCLUSIONES.....	59
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de la superficie de uva de mesa con semilla y sin semilla	3
Figura 2. Distribución de la superficie de las principales Comunidades Autónomas productoras de uva de mesa en España	4
Figura 3. Estructura parral. Una vista de la misma en perspectiva.	6
Figura 4. Problemas de color en la variedad 'Flame Seedless'.	7
Figura 5. Uva de mesa apirena 'Flame Seedless' en cultivo protegido.....	9
Figura 6. Ciclo anual de la variedad 'Flame Seedless' (<i>Vitis vinifera</i> L.).....	13
Figura 7. Vista aérea de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar y detalle de la ubicación de la parcela de ensayo	28
Figura 8. Diagrama ombrotérmico. Datos referidos a medidas históricas entre los años 1995-2015.....	29
Figura 9. Vista módulo al aire libre.	30
Figura 10. Vista módulo interior del invernadero. A la izquierda detalle de una ventana cenital. A la derecha detalle de una ventana lateral enrollable.....	30
Figura 11. Racimos de 'Flame Seedless'.	32
Figura 12. Vista general de la parcela. A la izquierda 'Flame Seedless' en invernadero. A la derecha al aire libre.	33
Figura 13. Racimo 'Flame Seedless' con bayas en enero.	35
Figura 14. Detalle de unas varillas junto a una parra. Registro del contenido de agua en el suelo en la parcela de ensayo con el equipo TDR.	36
Figura 15. A la izquierda, cámara de presión tipo Scholander, modelo 3000 de Soil Moisture Equipment Corporation. A la derecha detalle de la savia sobre el corte del peciolo.....	37
Figura 16. Recolección de 'Flame Seedless'.	38
Figura 17. Conteo del número de racimos comerciales y medida del peso total de la producción por parra en cada pasada.	38
Figura 18. Selección de bayas al azar para su posterior análisis de los parámetros de calidad en el laboratorio.	39
Figura 19. Medida del color de una de las muestras.	40
Figura 20. Detalle del zumo obtenido y refractómetro para medir los sólidos solubles totales.....	40
Figura 21. Medición de la acidez, mediante una valoración ácido-base con NaOH 0,1N.....	41
Figura 22. Contenido de agua en el suelo a 45 cm de profundidad en los diferentes tratamientos de riego durante el periodo de riego deficitario en invernadero (A) y al aire libre (B).....	44
Figura 23. Potencial hídrico del tallo en los diferentes tratamientos durante el periodo de riego deficitario en invernadero (A) y al aire libre (B).	45
Figura 24. Producción acumulada en los diferentes tratamientos durante el periodo de riego deficitario en invernadero (A) y al aire libre (B).	47

Figura 25. Evolución del índice de color de uva roja (CIRG) a lo largo de la temporada de cosecha en invernadero (A) y aire libre (B).51

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Taxonomía de la vid.....	11
Cuadro 2. Coeficientes de cultivo (K_c) y evapotranspiración de referencia (ET_o) (mm) en invernadero y al aire libre.....	34
Cuadro 3. Agua total aplicada (AA) y agua aplicada durante el periodo de riego deficitario (AA-RDC) en los diferentes tratamientos de riego y condiciones de cultivo.	43
Cuadro 4. Producción total en respuesta al tratamiento de riego deficitario en invernadero y aire libre.	46
Cuadro 5. Calidad de la baya en las pasadas más representativas en respuesta al tratamiento de riego deficitario en invernadero.	48
Cuadro 6. Calidad de la baya en la pasada más representativa en respuesta al tratamiento de riego deficitario al aire libre.....	49
Cuadro 7. Parámetros de color: Luminosidad (L^*), Chroma (C^*), hue (h^o) y CIRG de las bayas de 'Flame Seedless' en las pasadas más representativas en invernadero.....	50
Cuadro 8. Parámetros de color: Luminosidad (L^*), Chroma (C^*), hue (h^o) y CIRG de las bayas de 'Flame Seedless' en la pasada más representativa al aire libre.	50



I. INTERÉS Y OBJETIVOS

I. INTERÉS Y OBJETIVOS.

1.1. Introducción.

Hoy en día, la vid (*Vitis vinifera* L.) se cultiva en las regiones cálidas de todo el mundo, siendo los mayores productores: Australia, Sudáfrica, los países de Europa (Italia, Francia, España, Portugal, Turquía y Grecia) y en el continente americano, los mejores viñedos se encuentran en California, Chile y Argentina. Existen innumerables variedades de uvas con grandes diferencias entre sí, en forma, tamaño, tonalidad de las bayas, productividad, calidad, etc.

Todas ellas se han clasificado tradicionalmente según su destino final sea para vinificación, o para consumo de mesa. Las variedades europeas se consideran superiores a las norteamericanas para elaborar vinos, consumo como uva de mesa y para elaborar pasas; mientras que las americanas se prefieren para obtener jugos y jaleas (López, 2015).

El principal destino de la producción mundial de uva es la vinificación, seguida del consumo en fresco y la pasificación. En este ensayo nos centraremos en la uva que se destina a consumo en fresco conocida como uva de mesa y concretamente a la uva de mesa apirena, aquellas variedades que poseen bayas sin semillas o con pequeños esbozos herbáceos, apenas perceptibles por el consumidor. En tiempos pasados, la producción de estas variedades estaba orientada a la producción de pasas y apenas se consumían en fresco, debido al inconveniente del menor tamaño de las bayas.

Posteriormente, con la selección de técnicas de cultivo especiales, que incluyen la poda, aclareo de racimos, anillado y aplicación de fitorreguladores exógenos, ha sido posible obtener bayas de tamaño comercial y aspecto atractivo, que son demandadas por los consumidores (Alonso y Hueso, 2003).

Actualmente la superficie destinada al cultivo de variedades sin semilla es aún menor que la dedicada a las variedades con semilla (Figura 1), pero el futuro de este sector pasa por el cultivo de variedades apirenas, que son más apreciadas por el consumidor, y hace que las perspectivas de evolución sean muy positivas.

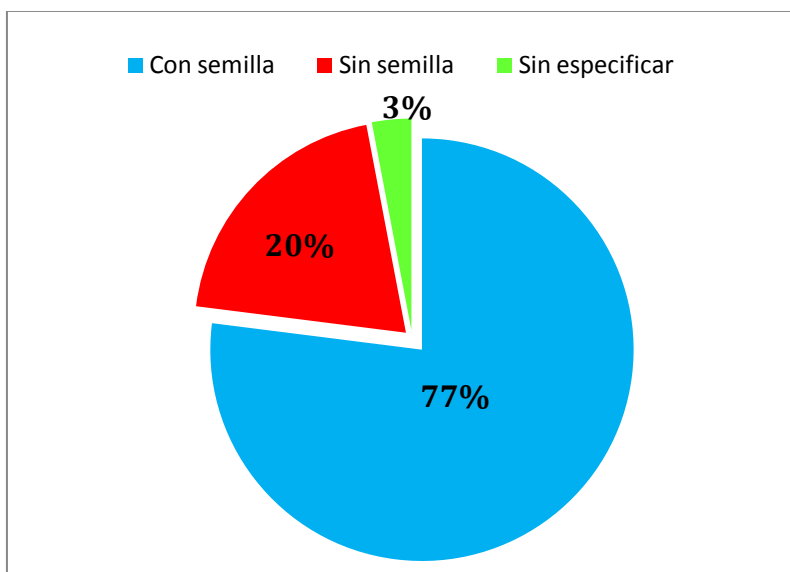


Figura 1. Distribución de la superficie de uva de mesa con semilla y sin semilla. Fuente: López (2014).

Según la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV, 2015), la producción mundial de uva de mesa ha experimentado un gran incremento en las dos últimas décadas, mientras que la producción de uva para vinificación ha descendido. Este incremento es la respuesta al aumento sostenible que registra su consumo. En los últimos 7 años el consumo ha pasado de 15,6 millones de toneladas en 2009 hasta 20,9 millones de toneladas en 2015, lo que supone un crecimiento de casi 34%.

La producción mundial de uva de mesa está liderada por China con 9,6 millones de toneladas, seguida por la India (2,5 Mt), Turquía (2,0 Mt), UE (1,7 Mt), Brasil (1,5 Mt), Estados Unidos (1,0 Mt), Chile (0,9 Mt) y Perú (0,5 Mt) (USDA, 2016). India, UE, Turquía, Brasil y Estados Unidos son los principales países consumidores.

El volumen de las exportaciones mundiales está en torno a los 2,7 millones de toneladas. Las exportaciones en los mercados internacionales la copan en gran medida Chile (740.000 t), Estados Unidos (390.000 t), Perú (295.000 t), Sudáfrica (276.000 t) y China (224.000 t) con más del 70%. Turquía (179.000 t), México (163.000 t), la UE (105.000 t) y la India (100.000 t) completan hasta el 90% de las exportaciones mundiales de uva de mesa (USDA, 2015). Los principales países importadores de uva de mesa son la UE (600.000 t), Estados Unidos (540.000 t), China (470.000 t) y Rusia (250.000 t). Estos cuatro países engloban el 70% del total de la uva importada.

Según cifras oficiales, España se sitúa en una destacada novena posición en cuanto a exportaciones mundiales de uva fresca, y en segunda posición a nivel europeo (USDA, 2015).

El comercio exterior es muy significativo ya que las exportaciones de uva de mesa representan un 53,1% de la producción, llegando a exportarse 150.000 t de uva fresca (FEPEX, 2015). La Unión Europea es el principal destino de estas exportaciones con unas 136.789 t, que representan el 91,8% del total. El Reino Unido acapara el 32,7% de dichas exportaciones, seguido por Alemania con el 21%, Portugal con el 9,2%, y Francia con el 6,4%. Las exportaciones a estos cuatro países representan el 76% de las ventas en la U.E. y el 69,3% de las exportaciones españolas a nivel mundial (FEPEX, 2015).

En los últimos años, la uva española, particularmente la uva sin semilla (apirena), también se está abriendo camino en otros mercados, como los asiáticos, Oriente Medio y Sudáfrica. De esta manera se intenta disminuir el impacto negativo que causan nuestros principales países competidores (Italia, Egipto y Turquía) en el precio de nuestra producción (Hueso, 2013). Actualmente, la venta de uva española se concentra en los meses de julio y diciembre.

La superficie de viñedo en España se extiende a un total de 946.970 ha, de las cuales 14.403 ha, están destinadas a la producción de uva de mesa y una producción total de 241.827 t (MAPAMA, 2016). El cultivo de uva de mesa se centra principalmente en la Comunidad Valenciana (5.554 ha), Región de Murcia (5.871 ha) y Andalucía (1.474 ha), (Figura 2) alcanzando el 90% de la superficie total española de uva de mesa.

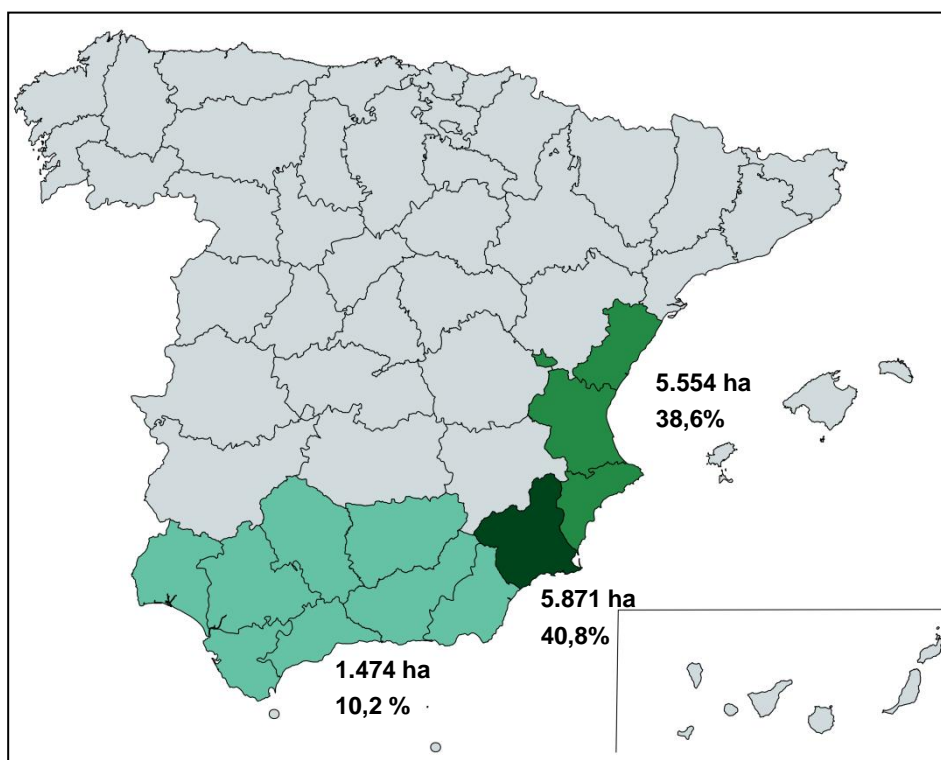


Figura 2. Distribución de la superficie de las principales Comunidades Autónomas productoras de uva de mesa en España. Fuente: MAPAMA, (2016). Elaboración propia.

La Comunidad Valenciana reúne en la Comarca del Vinalopó el 38,6% de la superficie nacional dedicada a este cultivo. El cultivo en esta comarca presenta un modelo de mercado carácter tradicional, poco dinámico, basando su producción en variedades con semilla, de entre las que destacan 'Aledo' e 'Ideal'. Su cultivo está regulado por la "Denominación de Origen uva embolsada del Vinalopó". Le sigue la Región de Murcia con un 40,8% de la superficie dedicada a este cultivo. Aquí el sector es más moderno e innovador, basando su producción en variedades apirenas lo que la convierte en una de las comunidades más competitivas, liderando la producción y exportación de este tipo de uva a nivel europeo (MAPAMA, 2016; Alonso, 2012). Andalucía es la tercera comunidad en importancia, con un 10,2% de la superficie.

La mayor parte de la producción andaluza se concentra en las provincias occidentales de Sevilla y Cádiz. En Almería, donde el cultivo de uva representó la principal fuente de ingresos de la provincia durante el pasado siglo, tan sólo quedan aproximadamente 80 ha (MAPAMA, 2016). Estas cifras, tan poco alentadoras para Almería, conducen a pensar que se trata de un cultivo con escasas posibilidades de futuro en la provincia. Sin embargo esto no es así. Las anteriores estadísticas ya ponen de manifiesto el interés y el potencial de este cultivo. Además existen otros muchos motivos. La recuperación de este sector puede contribuir a la diversificación del actual panorama agrícola de la provincia, muy orientado a la producción hortícola intensiva. También puede favorecer el mantenimiento del paisaje, de gran importancia en las comarcas rurales tradicionalmente productoras. Éstas, hoy en día, tienen un renovado interés turístico y un alto porcentaje de superficie en baldío, por lo que es preciso apostar por la revalorización del terreno con una producción ancestral compatible, además, con la preservación de los recursos naturales y los valores paisajísticos (Alonso, 2012; Alonso *et al.*, 2010).

No hay que olvidar que Almería cuenta con unas condiciones de suelo y clima idóneas para este cultivo y que su manejo es de sobra conocido por los agricultores. A día de hoy aún persiste una cultura viva del parral, (Figura 3) un conocimiento profundo de las técnicas de cultivo. No obstante, para que la uva de mesa recupere parte de su esplendor habría que hacer una apuesta clara y decidida por la renovación del cultivo con variedades sin semilla, por la innovación en las técnicas de manejo y por una mejora en la comercialización del producto.

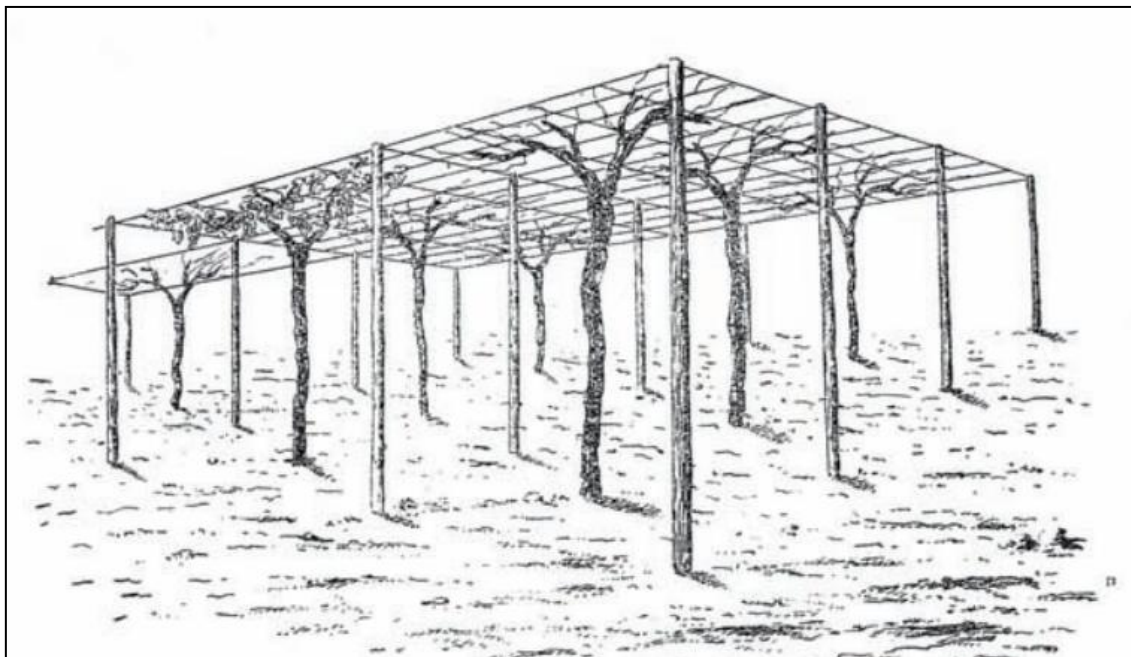


Figura 3. Estructura parral. Una vista de la misma en perspectiva. Fuente: Alonso *et al.*, (2006).

1.2. Problemática.

En zonas cálidas, como es el caso de nuestro país, las variedades de uva de mesa roja presentan problemas de uniformidad en el coloreado de la baya disminuyendo su valor comercial (Figura 4). Queda demostrado que las elevadas temperaturas producidas en zonas cálidas durante la maduración, inhiben la formación de antocianinas (pigmentos responsables de la coloración de las bayas) (Fernandes de Oliveira y Nieddu, 2013). De igual forma, la coloración de la uva se ve afectada por otros factores, como es el exceso de carga, encontrándose problemas de color incluso en casos de sobrecarga leve (Peppi *et al.*, 2006). Igualmente, la realización de anillados o la aplicación de ácido giberélico, prácticas habituales para incrementar el tamaño de la baya en variedades sin semilla, también dificultan el desarrollo del color, inhibiéndolo o retrasándolo. Prácticas culturales, como el deshojado, el desbrotado o el aclareo de racimos pueden mejorar en parte la calidad de uvas (Dokoozlian y Hirshfelt, 1995) pero por lo general suelen ser insuficientes para remediar los problemas de color de éstas.



Figura 4. Problemas de color en la variedad 'Flame Seedless'.

Para mejorar el color de la baya, los agricultores han usado tradicionalmente reguladores del crecimiento como el etefón (ácido 2-cloroetilfosfónico), producto que aplicado en envero va liberando etileno hormona que aumenta la producción de antocianinas, y mejora la coloración de las bayas sin modificar ni el contenido en azúcar ni la acidez (Sánchez, 2013). Aplicaciones de ácido abscísico (ABA), otro regulador de crecimiento parecen ser también efectivas para mejorar la coloración de las uvas rojas. Aplicaciones exógenas de ABA elevan el contenido de antocianinas en la piel de la baya (Ferrara *et al.*, 2013). Hasta hace poco tiempo los elevados costes de producción del ABA no permitían su uso comercial, pero nuevos métodos de producción han hecho posible su uso en agricultura. Ambos reguladores, afectan negativamente a la firmeza de las bayas, provocando ablandamiento “softening”, reduciendo así su vida poscosecha (Peppi *et al.*, 2006).

Para acrecentar el color de la uva de mesa, el uso de estrategias de riego deficitario controlado (RDC) durante la maduración del fruto puede ser una alternativa a los tratamientos con reguladores de crecimiento, de elevado coste y cuyo uso hoy en día es cuestionado e incluso, restringido o no permitido, como en el caso del etefón. Es conocido que una de las respuestas a un déficit hídrico en la planta es un incremento en la síntesis de ABA (Shinozaki y Yamaguchi-Shinozaki,

2007), aumentando sus niveles tanto en hoja como en frutos. En algunas variedades de vid se ha llegado a doblar el contenido de ABA en respuesta al estrés hídrico (Deluc *et al.*, 2009). Este mayor contenido en ABA endógeno inducido por el estrés hídrico puede tener por tanto un efecto positivo sobre la coloración de la uva, como el que se obtiene con aplicaciones exógenas de ABA. Sin embargo el estrés hídrico durante el desarrollo de las bayas puede afectar negativamente al tamaño de las mismas. En variedades de uva de mesa se ha encontrado un mejor color y una maduración más temprana en plantas sometidas a RDC durante la maduración sin efectos negativos sobre la producción (Peacock *et al.*, 1997). En concreto, destacamos los resultados de Pinillos *et al.*, (2016), que trabajando en la variedad 'Crimson Seedless' cultivada en Almería, encontraron que la aplicación de RDC desde envero a cosecha, provocó un adelanto de la recolección respecto a las plantas plenamente regadas, debido a la aparición más temprana de racimos con coloración adecuada, una vez alcanzado el índice de madurez (azúcares/acidez) exigido, observando también una mejoría en los parámetros de color, sin efectos negativos sobre la producción. Además, también se ha observado un incremento de la firmeza del fruto en respuesta a RDC (Alcobendas *et al.*, 2013; Leib *et al.*, 2006; Morandi *et al.*, 2014), lo que alarga la vida poscosecha haciendo que el RDC sea una alternativa interesante al uso de etefón y ABA. Además, el RDC permite incrementar la eficiencia del uso del agua, lo que es de especial importancia en zonas con escasez de agua (Ferrerres y Soriano, 2007).

El cultivo protegido es frecuente en el Sureste español para satisfacer la demanda de hortalizas fuera de temporada. Este modelo puede ser una alternativa interesante para elevar la rentabilidad de diferentes especies frutales, entre ellas la uva de mesa apirena 'Flame Seedless' por presentar algunas características muy atractivas, como su precocidad, su productividad y la ausencia de semillas en sus bayas (Figura 5). Alonso *et al.*, (2004), indican que el cultivo bajo invernadero de 'Flame Seedless', adelanta la maduración 28 días. Este avance se debe, fundamentalmente, a una anticipación del período de desborre-floración, en el que los estados fenológicos se suceden de forma rápida. Dicho adelanto en la recolección, permite su venta más fácilmente y mejores precios en el mercado, ya que el mayor inconveniente de esta variedad es que su maduración se centra en el mes de julio, cuando los precios comienzan a descender debido al aumento de la oferta.

Por otro lado, permite cultivar con una menor presión de plagas y más protegida frente a factores ambientales adversos. Sin embargo, el cultivo bajo plástico aumenta la temperatura durante la maduración lo que provoca problemas de coloración en la variedad roja 'Flame Seedless', problemas que se agravan al ser extra precoz (Alonso, 2012).



Figura 5. Uva de mesa apirena 'Flame Seedless' en cultivo protegido.

En ambos casos, en invernadero y aire libre sería adecuado comparar el efecto del riego deficitario controlado sobre la calidad y producción de la uva de mesa 'Flame Seedless'.

1.3. Objetivos.

De lo anteriormente expuesto se deriva como objetivo general estudiar el efecto de la aplicación de riego deficitario sobre la producción y la calidad de la uva de mesa 'Flame Seedless' cultivada en invernadero y al aire libre. En concreto se pretende determinar el efecto del déficit hídrico sobre el color de la baya y el tamaño de la misma.



II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1. Botánica de la vid.

La vid (*Vitis vinifera*, L.) pertenece a la familia de las Vitáceas (Cuadro 1). Dependiendo de la clasificación botánica adoptada, la familia *Vitaceae* tiene de diez a dieciséis géneros distintos. Destacan los géneros *Ampelocissus*, *Parthenocissus* (del cual proceden las parras vírgenes *P. tricuspidata* y *P. quinquefolia*), *Cissus* y *Vitis* (Heywood, 1985).

Cuadro 1. Taxonomía de la vid.

Reino	Eucaryota
Subreino	Cormobionta
División	Espermatophytina
Subdivisión	Magnoliophytina
Clase	Magnoliatae
Subclase	Heterochlamydenae
Superorden	Celastranae
Orden	Rhamnales
Familia	Vitaceae
Género	<i>Vitis</i>

El género *Vitis*, al que pertenecen todas las vides cultivadas, comprende un gran número de especies. Según la clasificación propuesta por Galet en 1980, este género se compone de dos subgéneros: el subgénero *Muscadinea*, que se caracteriza por poseer sarmientos de corteza adherente con lenticelas, no exfoliables, zarcillos simples, racimos cortos y pequeños; y el subgénero *Euvitis*, que se caracteriza por tener sarmientos con corteza fibrosa con estrías longitudinales, exfoliables, zarcillos bifurcados y racimos más alargados. El subgénero *Muscadinea* se compone de varias especies que presentan gran interés para la mejora vegetal, por ser resistentes a numerosas enfermedades de origen fúngico. Por su parte, el subgénero *Euvitis* puede subdividirse en tres grandes grupos: las vides americanas (*V. labrusca*, *V. riparia*, *V. bernadieri*, *V. rupestris*, etc.), que son utilizadas principalmente como patrones; la vid asiática, *V. amurensis*; y la vid euroasiática, *V. vinifera*, conocida como Vid del Viejo Mundo o Vid europea, que representa un 90% del cultivo mundial de las vides (Reynier, 2002).

El origen del género *Vitis* se remonta a la Era Terciaria, aunque fue más tarde, en el Cuaternario, con las numerosas glaciaciones, cuando este género sufre una gran diversificación, que da lugar a los antepasados de la vid actual (Martínez de Toda, 1991). Fenicios, griegos y romanos expandieron por toda Europa el cultivo de la vid desde sus orígenes en el oeste del Himalaya y las zonas del Cáucaso,

convirtiéndolo de este modo en uno de los principales cultivos de la antigüedad. Tanto es así, que ya en la antigua Mesopotamia (500 a.C.) aparecen los primeros testimonios escritos sobre el consumo de vino. Desde este momento, la vid pasa a formar, junto con el olivo y el trigo, la denominada *tríada mediterránea*, que constituirá la base de la agricultura occidental durante milenios. Actualmente, la vid se cultiva en amplias zonas del planeta, aunque con algunas diferencias, puesto que en los trópicos es un cultivo que siempre permanece en crecimiento activo (siempre verde), mientras que en las zonas templadas presenta una marcada estacionalidad con reposo invernal.

2.2. Ciclo anual de la vid.

La vid sigue un ciclo anual, debido a su propio hábitat natural de clima templado mediterráneo. Esta situación no se da en las zonas tropicales, en las cuales la vid permanece en continuo crecimiento (Hidalgo, 1999). En este ciclo pueden diferenciarse por una parte una fase vegetativa, y por otra una fase reproductiva, si bien éstas se dan de forma simultánea en la planta (Figura 6).

En el hemisferio norte comienza un periodo de latencia (reposo), desde mediados de noviembre hasta la segunda quincena de marzo; posteriormente empieza la activación y movilización de las reservas, seguidas de la intensificación del sistema radical. Los brotes entran en crecimiento a principio de primavera (marzo o abril), terminando el ciclo vegetativo en otoño (octubre o noviembre).

Alrededor de marzo tiene lugar el lloro que es el derrame de agua y materiales minerales disueltos que brota de heridas y cortes de poda, se produce en respuesta a la entrada en actividad del sistema radical por acción del aumento de la respiración celular, la recuperación de la absorción de agua y elementos minerales, y una movilización de reservas de la propia planta.

A continuación comienza un periodo vegetativo que no se verá de forma muy marcada hasta la brotación. El crecimiento del brote se produce gracias a las reservas del año anterior, en la planta comienzan a brotar las yemas, hinchándose hasta la separación de las escamas que la cubrían. La floración se produce hacia los meses de junio a julio, a la terminación de la primavera o comienzo del verano, cuando las temperaturas medias de los días rebasan los 15-16°C.

Entre julio y septiembre la baya crece en volumen y va aumentando su contenido en azúcar y reduciendo su acidez, observándose dos claros periodos; un periodo herbáceo, donde se observa la clorofila en la baya y por tanto pueden realizar la función de fotosíntesis y un periodo de maduración, donde aparece un aumento de volumen en la baya debido a la dilatación celular por aporte de agua con enriquecimiento de azúcar.

La barrera entre ambos periodos es conocida como envero, momento en el cual tiene lugar el cambio de coloración. Después del periodo de crecimiento, a partir de la parada de vegetación (agostamiento) y de la maduración de las bayas, la vid acumula sus reservas en los sarmientos y en el tronco de la cepa. Este periodo, de agosto a noviembre, permite el desarrollo normal de la vid al año siguiente: el ciclo se ha cerrado (Blouin y Guimberteau, 2004).

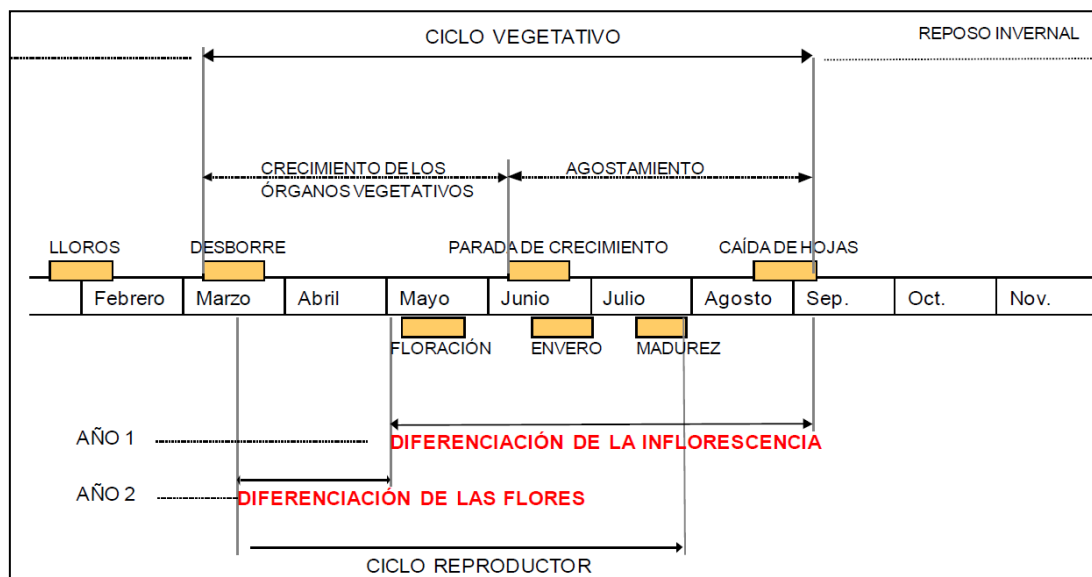


Figura 6. Ciclo anual de la variedad 'Flame Seedless' (*Vitis vinifera* L.). Fuente: Alonso, 2012.

2.3. Desarrollo de la uva.

Durante el desarrollo de la baya, desde el ovario de la flor a la fruta madura, existen numerosos cambios fisiológicos, tales como la división celular y el alargamiento de las células, si bien la piel y la pulpa de la baya se desarrollan de modo diferente y tienen distinta estructura celular (Esteban, 1995). El crecimiento de la baya se debe tanto a un incremento en el número de células como consecuencia de la división celular como a un aumento del tamaño de esas células. El número de células se eleva de 3 a 4 veces en el curso de su desarrollo, si bien el volumen celular puede alcanzar aproximadamente unas 300 veces su valor inicial. Durante el desarrollo de la baya, el volumen del pericarpio aumenta en un 10-20% del volumen de la baya en floración, hasta llegar a un 65% en la madurez.

La curva característica de crecimiento de las bayas es una doble sigmoide en la cual el crecimiento ocurre en tres estados: estado I (fase inicial de rápido crecimiento), estado II (fase ralentizada, no hay crecimiento o muy poco), estado III (fase inicial de crecimiento y maduración) (Esteban, 1995). El modelo de doble sigmoide para el peso y el volumen de la baya se aplica tanto a variedades con o sin

semilla (Coombe, 1960), y se desarrolla con una serie de cambios característicos en cada uno de los tres periodos:

Estado I: La baya va a aumentar en tamaño y en masa debido a una división celular, seguida de expansión celular. Se produce el crecimiento tanto de las semillas como del pericarpio, si bien el embrión crece un poco. En este caso, las bayas verdes y duras se comportan como órganos clorofilianos en crecimiento, y por tanto compiten con otros órganos en crecimiento como es el caso de los ápices de los tallos y las hojas jóvenes. Van a actuar como órganos consumidores como productores destacando principalmente la acumulación de ácidos orgánicos. La duración de esta fase suele ser de 40-60 días.

Durante este periodo se producen sustancias reguladoras del crecimiento (auxinas, giberelinas y citoquininas) por parte de las semillas y gracias a procesos de importación desde las raíces.

Estado II. Se caracteriza por un lento crecimiento del pericarpio y por la maduración de las semillas. La duración de esta fase determina si una variedad es temprana o tardía en la maduración, y suele oscilar entre 7-40 días. El contenido de clorofila disminuye, así como los procesos de fotosíntesis y respiración. Aunque el metabolismo general de la baya disminuye, el desarrollo del embrión es rápido alcanzando su máximo tamaño en ese momento, si bien la pendiente de aumento en el crecimiento del pericarpio disminuye, permaneciendo la baya verde y dura hasta el final de este periodo.

La transición del estado II al III marca el inicio de la maduración con numerosos cambios fisiológicos como: ablandamiento del pericarpio, y aumento de la deformabilidad de la baya; aumento del volumen y peso; acumulación de hexosas (glucosa y fructosa); descenso de la acidez total, a la vez que aumenta el pH; pérdida de clorofila del hollejo y el inicio de la síntesis de antocianos en las variedades tintas, etc.

Estado III. El momento en el que se inicia el ablandamiento de la baya, se pierde la clorofila y aparecen los pigmentos antocianicos (cambio de color en las variedades tintas) se denomina envero. A este periodo de corta duración, le sigue un proceso de maduración progresiva hasta llegar al estado de madurez, que suele durar de 35-55 días (Esteban, 1995).

En la mayoría de las variedades apirenas las bayas presentan en su interior unas semillas muy pequeñas y sin lignificar, verdes y blandas y no perceptibles al comerlas. Se produce una fecundación normal en la floración, comienza a desarrollarse la semilla pero pronto se detiene su crecimiento, alcanzando finalmente un peso de unos 5 a 10 mg de peso fresco y de color verde, mientras que

las semillas normales de una variedad con semillas pesan entre 30-70 mg y se lignifican, son muy duras, de color marrón y perceptibles al comer la uva. Este tipo de apirena se denomina estenospermica mientras que la apirena partenocárpica es la de los frutos con ausencia total de semilla (desarrollados sin fecundación), como ocurre en algunas variedades de uva tipo 'Corinto' o en algunas bayas muy pequeñas (granillo) presentes en algunos racimos de variedades con semillas normales (Carreño, 2004).

Las uvas apirenas existen desde hace varios siglos y aparecieron de forma natural, posiblemente por una o varias mutaciones que afectan al desarrollo normal de la semilla. La primera variedad cultivada de este tipo es la 'Sultanina', variedad tradicionalmente cultivada en varios países como Grecia, Turquía, Estados Unidos, etc., para la producción de pasas de uva sin semilla.

En variedades apirenas, el tamaño de las bayas depende de muchos factores, principalmente del número de bayas por racimo que queden tras la fecundación y de la cantidad de ácido giberélico y de otras hormonas que sintetice la propia planta (principalmente ácido giberélico que sintetizan las propias semillas). Por ello, también influye el número de semillas por baya (a mayor número de semillas mayor tamaño de la baya) (Carreño, 2004). Al detenerse el crecimiento de las semillas, estas biosintetizan menos ácido giberélico, produciendo por ello bayas más pequeñas que las variedades con semillas, por ello, el crecimiento de la baya dependerá de las aplicaciones de ácido giberélico externas que se realicen. El crecimiento absoluto acumulado en peso fresco se ajusta a una curva doble sigmoidea (Rubio, 2011).

2.4. Maduración de la uva.

La maduración es una fase del ciclo reproductor de la uva que dura entre 40 y 50 días, abarcando desde el envero, momento del cambio de color de la baya, hasta la madurez. Este periodo se caracteriza por una serie de cambios físico-químicos que se producen gradualmente, de forma no homogénea (Huglin, 1986), y que determinan la calidad de la uva, de tal manera que se puede escoger el momento de recolección más adecuado.

Al cosechar la uva, se detienen todos los procesos de evolución de la maduración. Es decir, la uva es una fruta no climatérica y por lo tanto, debe cosecharse para ser consumida, con los atributos de sabor, color, aroma y el atractivo desarrollados mientras esté conectada a la planta (Lizana, 1983).

Los principales cambios físicos durante la maduración son cambios en el tamaño y la firmeza de los frutos. Desde el envero y, a lo largo del periodo de maduración, la baya alcanza su tamaño y forma definitiva sufriendo aumentos de

peso y volumen de hasta un 40%. Esto se debe principalmente al aporte continuo de agua hacia el fruto y a una acumulación de azúcares y otras sustancias de reserva (Andrades y González, 1995).

Por su parte, la firmeza de la piel y de la pulpa disminuye al aumentar el estado de maduración (Villen *et al.*, 1985). Fregoni (1983), señala que la baya a lo largo de la maduración se va haciendo menos firme debido a la hidrólisis de las sustancias pécticas de la pared celular. Este fenómeno implica un aumento de jugosidad de la baya, menor dureza de la pulpa, menor resistencia a la rotura y aplastamiento, y mayor índice de desprendimiento de la baya del racimo.

En cuanto a los cambios químicos durante la maduración de la uva, estos son cuantitativamente distintos en las diferentes partes de la baya: pepita, pulpa y hollejo, pero su comportamiento cualitativo suele ser semejante (Flora *et al.*, 1979; Coombe, 1960).

Durante el primer periodo de crecimiento rápido de las bayas, el porcentaje de azúcares es bajo. Durante la madurez, los azúcares aumentan rápidamente. La mayor parte de los azúcares se elaboran en las hojas, aunque las bayas mientras están verdes, contribuyen en algo a dicha elaboración. Los azúcares producidos en las hojas, se movilizan a través del floema, y son utilizados en el crecimiento y para la producción de otras sustancias, o bien se acumulan como sustancias de reserva (Winkler, 1980).

Los principales azúcares presentes en la uva son glucosa y fructosa. La cantidad presente en bayas maduras es de 150 a 250 gr por litro de zumo. Cuando la fruta esta verde, la glucosa constituye el 85% del contenido de azúcar, al iniciarse la maduración, la relación glucosa-fructosa es aproximadamente 1:1, posteriormente en uvas maduras, predomina la fructosa (Lizana, 1983).

La acidez, que es junto con el azúcar un componente fundamental en el sabor, está dada por la acumulación de ácidos orgánicos. Entre ellos, el principal es el málico y el tartárico. Otros ácidos orgánicos encontrados en concentraciones variables, pero siempre pequeñas, son: cítrico, succínico, fumárico, fórmico, acético, ascórbico, glicólico, y mandélico, sin embargo, el málico y el tartárico en conjunto significan el 90% de la acidez total de la uva (Lizana, 1983).

En el curso del crecimiento vegetativo, las hojas y las bayas verdes son la sede de síntesis de ácidos orgánicos, cuyos contenidos disminuyen a lo largo de la maduración (Reynier, 2002). Numerosos trabajos confirman el descenso de la acidez total a lo largo de la maduración de la uva (Philip *et al.*, 1973; Flora *et al.*, 1979; Lainier *et al.*, 1979). En general, este fenómeno tiene lugar más rápidamente en la pulpa que en el hollejo.

Catalina *et al.*, (1982) señalan que la disminución de la acidez se debe a tres causas: salificación de los ácidos del fruto; combustión interna, es decir, por combustión respiratoria, en el que principalmente se consume ácido málico y dilución por engrosamiento del fruto. Estos datos concuerdan con los resultados obtenidos por Ribéreau-Gayon *et al.*, (1972) y Henao-Dávila *et al.*, (1986).

La concentración de ácido málico desciende de forma rápida y pronunciada durante la maduración, mientras que la de ácido tartárico desciende lentamente o se mantiene constante según la variedad (Iannini *et al.*, 1985; Maujean *et al.*, 1983).

Otro de los compuestos que varían durante la maduración de la uva, son los compuestos fenólicos. De éstos los más importantes son las antocianinas y los taninos. Su evolución, durante la maduración, es uno de los factores más determinantes de la calidad de las uvas (Reynier, 2002). En el momento del envero, las uvas verdes comienzan a perder su clorofila y a colorearse. Progresivamente su color se oscurece durante todo el transcurso de la maduración. Las células de la piel de las uvas tintas acumulan antocianinas y se colorea en profundidad. Del mismo modo, el color de la piel de las uvas blancas se oscurece y se dora en algunas cepas. Otros polifenoles como los taninos abundan en las pepitas. Estas contienen el 65% de los polifenoles de la uva. El raspón contiene el 22%, el hollejo el 12% y la pulpa el 1% solamente.

2.5. Problemas de color en uva de mesa.

El color es el principal atributo de calidad en las variedades rojas como Flame Seedless, Crimson Seedless y Red Globe.

Las antocianinas son los principales pigmentos que se encuentran en la vid, caracterizados por una diversa gama de colores, matices y tonalidades del rosa al negro. Se ha demostrado que la cantidad y composición de estas antocianinas influyen en el color de la piel de las bayas (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2000; Mazza y Miniati, 1993).

Este grupo de productos químicos han sido los más ampliamente investigados de cualquier clase de sustancia fenólica en uvas (Van Buren, 1970), debido a la importancia de color en la calidad de la uva. En la mayoría de los casos se localizan en la epidermis de la baya (Winkler, 1974) y específicamente en vacuolas de las células epidermales.

En uva la síntesis de antocianinas coincide con el envero, produciéndose su acumulación con el inicio de la síntesis de azúcar en las bayas y se incrementa rápidamente hasta que la concentración de sólidos solubles alcanza 24° Brix (Winkler *et al.*, 1974). La producción de antocianinas está afectada por múltiples

factores, entre los cuales destacan: la temperatura ambiental, intensidad lumínica, altitud, tipo de suelo, riego, nutrición, etc. (Downey *et al.*, 2006). La luz posee una función importante en la formación de antocianinas, siendo la intensidad de la luz y la calidad factores determinantes (Díaz-Montenegro, 2002).

La radiación lumínica afecta directa e indirectamente a la mayoría de los procesos vegetales como la fotosíntesis, la diferenciación de yemas, la floración, el alargamiento de entrenudos y expansión celular. Esta influencia se relaciona tanto con la intensidad lumínica como con la calidad de luz incidente (Salisbury y Ross, 1994). La coloración de las bayas se ve sensiblemente afectada por la calidad de la luz antes que por la cantidad de la energía recibida.

Numerosos autores (Kliwer *et al.*, 1967; Reynolds *et al.*, 1985; Morrison, 1988) indican que bajo condiciones de sombreado se reducen los niveles de azúcares y se incrementa la acidez producida, siendo la intensidad de color de las bayas mayor en los sectores más iluminados del parral.

Hunter *et al.*, (1995), señalan que se logra una mayor concentración de antocianinas al realizar un deshoje parcial en enero, esto es debido a un aumento de la actividad fotosintética, lo que genera una mayor producción de fotoasimilados, a partir de los cuales se sintetizan las antocianinas.

El metabolismo de las antocianinas responde tanto a cambios en las condiciones de luz como de temperatura (Kliwer y Lider, 1970). Cuando la luz recibida es suficiente la temperatura pasa a ser el factor limitante en la producción de color (Downey *et al.*, 2006).

Bergqvist *et al.*, (2001) mencionan que el rango óptimo de temperaturas para la acumulación de antocianinas es entre 17-26°C. Por otra parte Díaz-Montenegro (2002) señala que con temperaturas mayores a 30°C se inhiben o minimizan las reacciones necesarias para la formación de pigmentos aún, cuando existan todas las condiciones para ello (carbohidratos y luz).

En los últimos años el cultivo de la vid destinada al consumo en fresco se ha extendido hacia regiones de diferentes condiciones climáticas, en las que la radiación solar no es un limitante para el desarrollo de la uva. Sin embargo, las temperaturas altas provocan la disminución del color en cultivares coloreados, lo que constituye la principal problemática a resolver (Mori *et al.*, 2005; Kliwer y Torres, 1972). Dicho problema fue señalado por primera vez en el cv. 'Tokay' por Kliwer y Torres, (1972), pero aún no se conoce el mecanismo del efecto de la temperatura.

Hay evidencias que indican que la falta de coloración puede atribuirse a la inhibición de la síntesis de pigmentos por las temperaturas altas (Mori *et al.*, 2005), a la degradación de los mismos por la acción de la peroxidasa (EC 1.11.1.7) (Zhang *et al.*, 2005) o a una combinación de ambos mecanismos (Yamane *et al.*, 2006).

Asimismo, cuando las bayas alcanzan cierto contenido de azúcar, se observa que la síntesis y acumulación de antocianinas se bloquea (Boss *et al.*, 1996 a; Spayd *et al.*, 2002) y en zonas cálidas es común que el contenido de sólidos solubles totales se alcance antes que el color deseado. La luminosidad provoca un incremento de la concentración total de antocianinas monoméricas y flavonoles pero las temperaturas excesivas de los racimos expuestos a la luz directa la disminuyen. Estas condiciones afectan en primer término a los flavonoles de la epidermis de la baya (Kliwer, 1986) y por consiguiente a la concentración de antocianinas (Spayd *et al.*, 2002).

Según Beckwith *et al.*, (2004) el color desarrollado en condiciones de alta luminosidad puede perderse debido a la transformación de las antocianinas en antocianidinas, como una manera de contrarrestar el estrés lumínico. El exceso de luz y las temperaturas superiores a 30°C, parecen ser las principales razones de la falta de color de las bayas (Spayd *et al.*, 2002).

El problema de la falta de color en uvas que crecen en zonas cálidas continúa vigente (Mori *et al.*, 2005). El estudio de la interacción entre la luz y la temperatura es importante para el desarrollo de uvas de calidad (Bergqvist *et al.*, 2001), especialmente en regiones de cultivo con clima cálido y luminosidad alta, donde el cultivo de la vid está destinado al consumo en fresco y el desarrollo del color es problemático en cultivares rojos.

2.6. Técnicas para mejorar el color en uva de mesa.

Las principales características que debe presentar la uva de mesa para su comercialización son: vistosidad, buen calibre de la baya, textura de la pulpa crujiente, sin problemas de turgencia, color uniforme y llamativo, y racimos de compacidad media a suelta. Para mejorar la calidad de los racimos y las bayas, son necesarias, y especialmente en el caso de las uvas apirenas, la aplicación de diferentes técnicas de cultivo (poda, aclareo de racimos, anillados, tratamientos hormonales, etc.). Técnicas de cultivo como el anillado mejoran la coloración del fruto, consiguen una mayor uniformidad de color en el racimo, e incluso adelantan la maduración con mayor concentración de azúcares. Mientras que los tratamientos hormonales ayudan a mejorar el aspecto exterior e interior del fruto como, tamaño de la baya, tamaño del racimo, coloración, textura y contenido en azúcar y acidez.

Algunas variedades suelen ser más exigentes en unas técnicas que en otras para alcanzar características organolépticas de calidad. Sin embargo, no todas las variedades responden de igual forma al tratamiento de estas técnicas, por lo cual es necesario conocer para cada variedad qué manejo es el más idóneo.

2.6.1. Anillado.

La incisión anular o anillado consiste en la eliminación de un anillo de corteza y vasos liberianos (floema), con el objetivo de interrumpir durante un corto periodo de tiempo (no más de 20 días) el flujo de savia y acumular azúcares en las partes de la planta situadas por encima de la incisión, principalmente racimos, para favorecer su desarrollo (Hueso, 2012).

Efectuándolo a comienzo del envero, con un 5-10% de coloración en las bayas, incrementa el desarrollo del color y adelanta la maduración 7 días (Cáceres, 1996; Muñoz y Lobato, 2000), incrementando los niveles de azúcar. La desventaja de esta técnica es la disminución en el tiempo del potencial productivo de la planta (Muñoz y Lobato, 2000).

2.6.2. Deshojado.

El deshoje, es importante para la coloración de las bayas, normalmente se realiza en torno al envero para favorecer la intensidad lumínica (Winkler, 1974). Con esta práctica se logra incrementar los niveles de azúcar, reducir el ácido tartárico, aumentar el color y la concentración de antocianinas en variedades de color (Smart y Robinson, 1991).

2.6.3. Tratamientos con etefón.

El etileno es una hormona vegetal relacionada con la maduración de los frutos, aunque la planta también lo produce en situaciones de estrés. La uva como fruta no climatérica, no produce etileno endógeno durante la maduración, tampoco existe una respuesta de crecimiento constante a etileno exógeno. La evolución de etileno se mantiene baja durante la maduración de la uva. El etileno está involucrado en el desarrollo de color, como se comprueba al aplicar etefón, un producto liberador de etileno, que causa un incremento en la acumulación de antocianinas en los cultivares de color y en las uvas verdes estimula la acumulación de sólidos solubles (Hueso, 2012).

En uva de mesa tradicionalmente se realizaban tratamientos sobre los racimos con etefón con el objetivo de adelantar la maduración y mejorar la uniformidad del color en variedades rojas. Sin embargo, a las uvas tratadas con este producto se les atribuye una pérdida de firmeza, mayor desgrane y peor conservación, cuando la dosis no es adecuada. Actualmente en etefón es un producto que no está autorizado para la producción de uva de mesa (Hueso, 2012).

2.6.4. Ácido abscísico.

El ácido abscísico (ABA) es un regulador de crecimiento con un papel muy conocido en la regulación de la germinación de las semillas, el cierre estomático y en la inhibición del crecimiento de los tallos, pero el ABA también está asociado con la fisiología de la maduración de la uva, incluida en la acumulación de antocianinas en la piel de las bayas (Peppi *et al.*, 2006).

Recientemente se han realizado estudios que concluyen que la aplicación exógena de ácido abscísico (ABA) mejora notablemente la uniformidad en el color de los racimos de uva de variedades rojas, incrementando la concentración de antocianinas en la piel de las uvas. Las aplicaciones de ABA en enero se encuentran vinculadas también con la acumulación de sólidos solubles totales (Deytieux-Belleau *et al.*, 2007). Sin embargo, también puede tener un efecto negativo reduciendo la firmeza de la uva, similar al que tienen las aplicaciones de etefón (Peppi *et al.*, 2006).

Aunque recientemente se han desarrollado métodos de síntesis de ABA más baratos, el principal inconveniente es el elevado coste de este producto (Hueso, 2012).

2.7. Riego Deficitario Controlado (RDC).

En condiciones de escasez de agua el Riego Deficitario Controlado (RDC) es un ejemplo de estrategia de control del riego que, permite ahorrar agua, lo que conduce a un incremento considerable en la rentabilidad del cultivo, equilibrar el desarrollo vegetativo y la producción y lograr mejoras importantes en la calidad (Martínez *et al.*, 2007).

Martínez *et al.*, (2007), definen el RDC como “la práctica de regular y restringir el agua de riego empleada en un cultivo, tratando de aplicarla en los momentos en las que su eficacia sea máxima, de acuerdo con los objetivos del cultivo”.

En otras palabras, el RDC difiere de un estrés hídrico natural, en que una estrategia de este tipo busca llevar al árbol a un ligero estrés en un estado fenológico en el cual la producción no sea afectada. En la vid se ha usado el RDC

principalmente en variedades de vinificación, para mejorar la calidad de las uvas y de los vinos a los que dan lugar.

Un estrés hídrico origina una mejor calidad de las uvas que producen vinos con más sabor y aroma, debido especialmente a una mayor concentración final de polifenoles totales, antocianinas, flavonoides y aminoácidos en el mosto y vino, alterando su composición y características organolépticas finales. También aumenta el valor nutricional del fruto y del vino. Si bien, no parece haber diferencias en el contenido en azúcar ni acidez respecto a las plantas plenamente irrigadas. Sin embargo, Acevedo-Opazo *et al.*, (2010) indican diferencias en la acumulación de azúcar en las bayas, que pueden estar relacionadas con el momento de la aplicación de riego deficitario.

El RDC, sin embargo, puede tener efectos negativos en el crecimiento y en la cosecha. El RDC puede causar una disminución del tamaño de las bayas, y por tanto, una disminución de la cosecha (Coombe y Carthy, 2000). Cuando se somete a la vid al estrés hídrico, se produce una gran disminución del área foliar y del crecimiento del brote. De forma que, a medida que avance el ciclo del cultivo aumenta la sensibilidad del crecimiento al déficit hídrico (Poni *et al.*, 1993). El número de racimos por planta, el número de bayas por racimo y el peso de bayas son los componentes del rendimiento final de la vid, y en general las opiniones coinciden en que éste se reduce a medida que disminuye el contenido de agua en el suelo (Matthews y Anderson, 1988). El efecto negativo del RDC sobre la cosecha dependerá del momento e intensidad de la aplicación del riego deficitario.

Condiciones de déficit hídrico durante el crecimiento de la baya provoca en la etapa I un menor número de semillas y en los tejidos de la pulpa y la cutícula, reduciendo el crecimiento del fruto lo cual produce grandes pérdidas de rendimientos (Ojeda *et al.*, 2002). En la etapa II, correspondiente al inicio de envero, el fruto es resistente a la falta de agua, pero el crecimiento vegetativo se reduce significativamente, disminuyendo la capacidad fotosintética y afectando negativamente la calidad de las bayas y aumentando el riesgo de golpe de sol.

Ferreira *et al.*, (1998), encontraron que con déficits antes de envero, el diámetro de las bayas es menor a las que se producen con déficits después de envero y con régimen de riego continuo, produciendo, además, marchitamiento y retraso de la maduración. Deducciones similares realizaron Matthews y Anderson, (1988), quienes concluyeron que, probablemente, la falta de agua antes del envero inhibe la división celular, principal responsable del crecimiento de las bayas en sus primeras etapas del desarrollo. Estos autores también afirmaron que se obtuvieron mayores rendimientos con déficit después de envero en relación al déficit antes de dicho periodo y que el rendimiento está relacionado con el número de bayas por racimo, pero no con el peso de las bayas. Lo mismo afirmaron Ferreira *et al.*,

(2001), cuyos estudios demostraron que déficits hídricos anteriores a envero podrían afectar significativamente el calibre de la baya. Además, Matthews y Anderson, (1988), observaron que el número de bayas por racimo estaría determinado por el contenido de agua en la vid durante el periodo anterior a envero, resultados que coinciden con Puyo, (1992), citado por Ferreyra *et al.*, (1998).

En la etapa III de crecimiento del fruto, correspondiente a la etapa de post-envero y maduración de la baya, el déficit hídrico afecta negativamente a la acumulación de solutos (azúcares y compuestos fenólicos), debido a la restricción de la tasa fotosintética neta. Asimismo, provoca una deshidratación paulatina de la baya (Coombe y McCarthy, 2000). Disminuye la productividad, pero la reducción del tamaño es mucho menor, en comparación con la reducción que se obtiene con un déficit hídrico inducido antes de envero (Ojeda *et al.*, 2002; Coombe y McCarthy, 2000).

La aplicación de RDC después del envero adelanta la fecha de cosecha, porque la deshidratación de la baya determina un incremento neto de la concentración de sólidos solubles. También se ha afirmado que influye beneficiosamente en la composición de las bayas de manera que son, al menos en parte, independientes del tamaño de la baya (Roby *et al.*, 2004). También se potencia la acumulación de antocianinas, estimulando la expresión de genes que codifican su biosíntesis (Castellarin *et al.*, 2007a, b), así como el incremento de la acidez titulable del mosto.

En lo que se refiere a uva de mesa, hay menos estudios de RDC y con parámetros diferentes a los de uva de vinificación. La mayoría de ensayos de RDC han centrado el estudio en la fase de maduración de la uva para mejorar el color de la piel, planteando la hipótesis de que un déficit hídrico controlado en la época de maduración puede acelerar la maduración de las bayas y mejorar el color de las mismas, encontrándose también un incremento en sólidos solubles, y sin afectar al tamaño de la baya.

En la variedad 'Crimson Seedless', Pinillos *et al.*, (2016) demostraron que la aplicación de RDC provocó un adelanto de la recolección respecto a las plantas plenamente regadas, debido a la aparición más temprana de racimos con coloración adecuada, una vez alcanzado el índice de madurez (azúcares/acidez) exigido, observando también una mejoría en los parámetros de color. El RDC no afectó a la calidad y tamaño de las bayas.

Blanco *et al.*, (2009), llevaron a cabo un ensayo de riego deficitario con la variedad 'Crimson Seedless', los resultados mostraron que la reducción del riego efectuada en los tratamientos más deficitarios de riego no afectó a la producción y calidad de la uva. La producción y los parámetros de calidad fueron satisfactorios en

todos los tratamientos sin mostrar diferencias significativas entre tratamientos. El riego también produjo diferencias en los parámetros de calidad de la uva. Los tratamientos de riego no produjeron efectos significativos en el aumento de color de las bayas.

También en 'Crimson Seedless' Facci *et al.*, (2014), dedujeron que se pueden obtener altos rendimientos de uva de muy buena calidad, sin afectar a la calidad y rendimiento de la uva, mediante un riego moderado. Los resultados obtenidos indicaron que las variables de calidad fueron similares entre tratamientos no encontrándose efectos significativos. Hubo diferencias significativas en los parámetros de color, sin embargo en general el color de la baya era rojo y bastante uniforme en todos los tratamientos. Se obtuvo un ahorro de agua alrededor del 15% respecto al tratamiento control. Concluyeron que una regulación moderada del déficit del riego en post-envero inducía buenas cosechas de alta calidad de uva en variedades apirenas, observando también una mejoría en los parámetros de color.

Recientemente Conesa *et al.*, (2016), mostraron en la variedad 'Crimson Seedless' que es posible disminuir el riego, mediante estrategias de riegos deficitarios, sin afectar negativamente a la producción ni a la calidad físico-química de las bayas, ya que un ahorro de agua del 35% no supuso una reducción en el rendimiento y la calidad de la cosecha. Además, se observaron efectos positivos de riego deficitario respecto al tratamiento control en el color de las bayas, así como en los compuestos bioactivos, tales como: resveratrol o la capacidad antioxidante, que son beneficiosos para la salud.

2.8. Cultivo protegido en uva de mesa.

El mercado de uva de mesa exige un suministro continuo a lo largo de todo el año de fruta homogénea en calidad (color, forma, calibre, etc.) y con buena aptitud para la conservación. Los consumidores por su parte demandan una uva con buen aspecto externo y calidad gustativa (ausencia de semillas, buen sabor, color, firmeza, etc.) y obtenida con técnicas respetuosas con el medio ambiente. Por último los productores deben satisfacer la demanda de comercializadores y consumidores de manera que su actividad agrícola resulte rentable (Hueso *et al.*, 2012).

Las variedades de uva que se cultivan bajo plástico en España son en su mayoría apirenas tempranas como 'Sugraone' o 'Flame Seedless' y de media estación-tardías como 'Crimson Seedless' o 'Autumn Royal'.

Con el cultivo protegido de uva de mesa se consigue adelantar y/o retrasar las producciones y ampliar el calendario de oferta, cubriendo huecos en los que se obtienen los mejores precios y aumentar la producción en cantidad y calidad, al mejorar el microclima en el entorno del cultivo y reducir la presión de plagas y

enfermedades, también facilita el control de malas hierbas, evita el ataque de aves que pueden acabar con toda la producción o perjudicar seriamente la calidad de las uvas afectadas y las pérdidas por condiciones meteorológicas adversas (lluvia, granizo, viento, etc.) (Hueso *et al.*, 2012).

Otros beneficios derivados del cultivo en invernadero de uva de mesa son una reducción en el número de tratamientos fitosanitarios a emplear, la posibilidad de implantar el control integrado de plagas, lo que incrementa el valor añadido de las producciones y un menor aporte de agua debido a que la evapotranspiración del cultivo se reduce.

Entre los numerosos ensayos realizados con cultivo protegido en uva de mesa cabe destacar algunos de ellos. Los trabajos llevados a cabo por Antonacci (1986) muestran el efecto sobre la fenología del cultivo de una cubierta total (invernadero cerrado) y una cubierta parcial (solo techo), comparando ambas con un testigo al aire libre. Este autor concluye de su estudio que no hay diferencias en las fechas en las que ocurren los distintos estados fenológicos, tanto con una cubierta total como con una parcial, consiguiéndose con ambas un adelanto en la maduración de unos 16 días.

Más próximas y recientes son las experiencias con cultivo en invernadero de 'Flame Seedless' en la Costa de Almería. Los resultados obtenidos por Alonso *et al.*, (2003) comparando la fenología de la variedad 'Flame Seedless' bajo cubierta plástica y al aire libre muestran un adelanto de la recolección en torno a un mes. El adelanto conseguido en cosecha se debe, fundamentalmente, a un aumento en la precocidad del periodo deborre-floración, tal y como apuntan numerosos autores.

Una experiencia posterior llevada a cabo en el mismo invernadero, pero esta vez dotado de ventilación lateral y en el que no se retiró el plástico, mostró un adelanto en la recolección de 43 días en la cosecha de 'Flame Seedless'. El desborre se adelantó 29 días respecto al aire libre y en floración el adelanto aumentó hasta los 43 días y permaneció más o menos estable en estos términos hasta la recolección.

En función del manejo se han constatado adelantos en la fecha de desborre entre 18 días (Colapietra, 2004) y 29 días (Morata, 2004). A partir de ese momento las distintas fases fenológicas duran aproximadamente igual (Morata, 2004; Usero, 2007) o incluso algunas fases requieren más tiempo bajo invernadero que en el cultivo al aire libre (Alonso *et al.*, 2003).

Son numerosas las experiencias que si bien documentan una mejora de la precocidad bajo cubierta plástica también hablan de pérdidas importantes de producción (Antonacci, 1986; Di Lorenzo *et al.*, 1999). Las pérdidas productivas se

debieron en la mayoría de los casos a la concurrencia de menos racimos, menos bayas por racimo y/o a un menor peso de la baya. En otros trabajos se obtuvieron cosechas precoces pero con una disminución dramática de la cosecha dentro del invernadero en comparación con la del aire libre (Navarro, 2003; Morata, 2004). Esta reducción de la cosecha se debió en ambas experiencias a un menor peso del racimo, que a su vez se debió a un menor número de bayas, ya que el número de racimos por parra no se vio afectado.

Recientemente, Alonso, (2012) indicó que el empleo de cianamida de hidrógeno supuso mejoras en la uniformidad de la brotación y en el porcentaje de yemas brotadas. Las plantas cultivadas bajo plástico sin la aplicación de cianamida mostraron un menor porcentaje de desborre. Sin embargo, la cosecha comercial no se vio afectada ni por el cultivo en invernadero ni por la aplicación de cianamida de hidrógeno fuese cual fuese la dosis aplicada. El hecho de que se obtuvieran cosechas comerciales similares en todos los tratamientos se debe a que el menor peso del racimo observado en algunos tratamientos fue compensado con un mayor número de los mismos y viceversa. Se produjo un adelanto respecto a los tratamientos ubicados al aire libre de tan solo 18 días.

III. MATERIAL Y MÉTODOS



III. MATERIAL Y MÉTODOS.

3.1. Descripción de la parcela de ensayo.

3.1.1. Localización y caracterización climática.

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental de Cajamar (Figura 7), ubicada en el paraje de las Palmerillas en el término municipal de El Ejido, en la provincia de Almería. Las coordenadas geográficas de la estación son 36°47'40" de latitud Norte y 2°43'10" de longitud Oeste y está a una altitud de 151 metros sobre el nivel del mar.

La Estación se encuentra ubicada en una zona agrícola costera, a unos 11 Km de la línea de costa. Dicha situación determina que la zona esté prácticamente libre de heladas, si bien se encuentra muy expuesta a los vientos dominantes, que son componente Este-Noroeste, con rachas máximas que ocasionalmente pueden superar los 100 Km^h⁻¹.



Figura 7. Vista aérea de la Estación Experimental de la Fundación Cajamar y detalle de la ubicación de la parcela de ensayo. Fuente: Maps Google, 2016.

El área de ensayo presenta un clima mediterráneo semiárido subtropical. Este tipo de clima se caracteriza por presentar temperaturas suaves a lo largo del año, que oscilan entre 15-21°C, precipitaciones bajas que se sitúan entre los 250 y 400 mm anuales. El régimen térmico de la zona se caracteriza por una temperatura media anual de 18.5°C, con inviernos suaves, en los que la temperatura media es de 12°C. Los meses más fríos son diciembre y enero, sin embargo, las mínimas rara

vez descienden de los 5°C. Durante los meses de verano la temperatura media es de 22°C aproximadamente, siendo agosto el mes más caluroso. La temperatura media máxima durante este periodo es de 28°C y rara vez superan los 40°C. La distribución de las precipitaciones es irregular y presentan una marcada estacionalidad. La media anual es de 251,9 mm, siendo la época lluviosa el periodo comprendido entre los meses de octubre a mayo, destacando la sequía el resto de meses (Figura 8). La humedad relativa media anual oscila entre 67-73%, siendo máxima en invierno y mínima en julio y agosto (Capel, 1990). La evaporación es muy acusada en el periodo estival, presentando su valor máximo en el mes de julio con 270 mm y el mínimo en enero con 60 mm. El número de horas de sol anual es elevado, alcanzando 3273 horas de media.

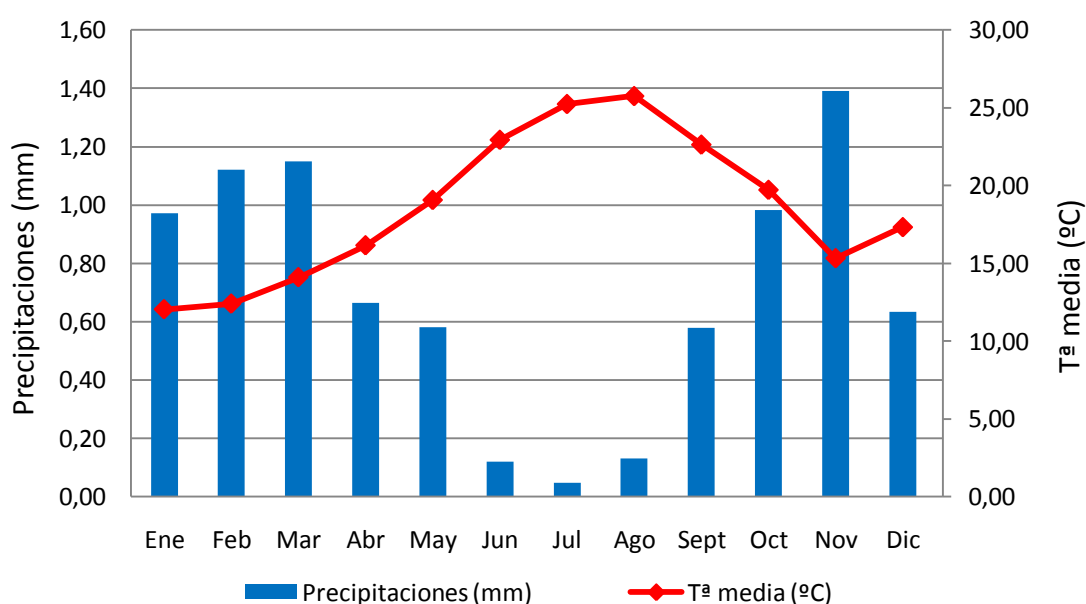


Figura 8. Diagrama ombrotérmico. Datos referidos a medidas históricas entre los años 1995-2015. Fuente: Estación agroclimática La Mojonera (Junta de Andalucía).

3.1.2. Caracterización física y descripción de la parcela.

La parcela de 1600 m² posee una estructura tipo parral tradicional que consta de un emparrillado plano de alambre a una altura de 2,10 m sobre el suelo para soporte de la vegetación y cosecha de las parras. Sobre esta estructura se sitúa un segundo emparrillado a 1,4 m sobre el dosel vegetal (3,5 m del suelo) para sujetar la cubierta.

Esta parcela está dividida en 2 módulos de 800 m² uno de ellos con cubierta de malla polietileno de 6x6 (Figura 9), y el otro con cubierta plástica de polietileno término incoloro difuso de 200 micras de espesor (Figura 10), que dispone de 4 ventanas cenitales de tipo abatible orientadas de forma alterna (Este-Oeste) y dos

ventanas laterales enrollables con orientación Norte-Sur, todas ellas con apertura y cierre automatizado mediante un equipo de control de clima tipo Mithra Clima (Priva).



Figura 9. Vista módulo al aire libre.



Figura 10. Vista módulo interior del invernadero. A la izquierda detalle de una ventana cenital. A la derecha detalle de una ventana lateral enrollable.

El suelo de la parcela es de textura franco-arcillosa (49.64% arena, 26.43% limo, 23.93% arcilla). El 90% del sistema radical se desarrolla por encima del primer metro de suelo, estando la gran mayoría entre los 40-60 cm de profundidad (Alonso, 2012).

3.2. Descripción del cultivo.

3.2.1. Material Vegetal.

El ensayo se ha llevado a cabo sobre una plantación adulta de uva de mesa de la variedad "Flame Seedless" injertada sobre patrón 161-49 Courderc, establecida en 1999 en un marco real de 3,5 m x 3,5 m.

La variedad "Flame Seedless" fue obtenida por John H. Weinberger en Fresno (California) en el año 1961, a partir de un cruce complejo entre distintas variedades (Cardinal x Sultanina) x [(Red Málaga x Tifafihi Ahmer) x (Moscatel de Alejandría x Sultanina)] (Sánchez, 2013). Distribuyéndose rápidamente por las regiones productoras más importantes y estableciéndose como una de las principales variedades rojas apirenas, por sus apreciables características que ahora se resumen.

"Flame Seedless" es una variedad sin semilla muy precoz y de alto valor comercial que madura normalmente en la segunda quincena de julio en la zona costera de Andalucía (García de Luján y Lara-Benítez, 1998; Cutillas y Carreño, 1988).

Además de su precocidad presenta otras características muy interesantes como su alta fertilidad y elevada productividad. Los racimos se caracterizan por ser de tamaño medio a grande, de forma cónico piramidal y compacidad media (MAPAMA, 2016). Las bayas de tamaño pequeño-mediano son esféricas y de color rojo, con una consistencia de la pulpa dura y de sabor neutro, ligeramente aromático (Figura 11). En conjunto tiene unas características organolépticas extraordinarias, siendo muy apreciada en los mercados europeos.



Figura 11. Racimos de 'Flame Seedless'.

Como ocurre con la mayoría de las variedades apirenas, en esta variedad es necesario llevar a cabo una serie de intervenciones encaminadas a mejorar la calidad de la cosecha: aclareo de racimos, aplicaciones de ácido giberélico y pinzamientos de parte de los racimos (Alonso, 2012).

El patrón 161-49 C es un híbrido procedente del cruce de *Vitis vinifera* x *Vitis berlandieri* y fue obtenido en 1988 (Galet, 1980). Este portainjerto proporciona un vigor medio a la planta y acorta su ciclo vegetativo, promoviendo un ligero adelanto en la maduración de sus bayas (Reyner, 2002).

Su respuesta al estaquillado es media y responde mejor al injerto en campo que en taller. A este patrón se le atribuye una buena resistencia a la caliza (25% de caliza activa). Por el contrario, es sensible a la sequía y tolerante a la humedad (Martínez y Serrano, 1991).

3.2.2. Manejo del cultivo.

El manejo agronómico fue homogéneo en toda la parcela de ensayo, diferenciándose solamente en la ejecución de las operaciones en el tiempo en función de los tratamientos (Figura 12), hasta envero, cuando se aplicó el Riego Deficitario Controlado (RDC).

Se realizó un ajuste de carga en todas las plantas del ensayo mediante aclareo de racimos, dejando 70 racimos/planta. Con esta práctica se limitó la producción de cada parra para mejorar la calidad de la cosecha, es decir, se adecuó la cantidad de racimos a las posibilidades de cada planta.

En esta variedad se hace necesaria, la aplicación de ácido giberélico (GA_3) a 10 ppm para el aclareo de flores. Posteriormente se realizó un segundo tratamiento cuando las bayas alcanzaron un tamaño 6-7 mm a una dosis de 30 ppm para favorecer el engorde de las bayas. Con el mismo fin, una semana más tarde se realizó un tercer tratamiento a igual dosis. Por último se llevó a cabo un pinzamiento de racimos cuando las bayas estaban en tamaño guisante para dar una forma más adecuada al racimo (García de Luján y Lara-Benítez1998).



Figura 12. Vista general de la parcela. A la izquierda 'Flame Seedless' en invernadero. A la derecha al aire libre.

El aporte de agua en la parcela se llevó a cabo mediante riego localizado con 6 goteros autocompensantes por planta, cuyo caudal nominal fue de 4L/h.

3.3. Descripción del ensayo.

3.3.1. Diseño experimental.

El diseño experimental fue totalmente al azar. Se realizaron dos ensayos que se diferenciaron en el tipo de protección del cultivo: invernadero y aire libre. Cada ensayo constaba de dos tratamientos: control plenamente regado (C) y riego deficitario controlado (RDC) y se establecieron tres repeticiones por cada tratamiento. Cada repetición estaba formada por una fila de cuatro parras. Ambos ensayos se analizaron por separado.

3.3.2. Tratamientos de riego.

Tanto al aire libre como en el invernadero se aplicaron dos tratamientos de riego, que se diferenciaron únicamente en el agua aplicada desde el envero hasta el final de cosecha. El tratamiento control (C), recibió un 100% de las necesidades hídricas a lo largo de toda la campaña (febrero-noviembre). Estas necesidades se determinaron a partir de una estimación de la evapotranspiración del cultivo $ET_c = (ET_o \times K_c)$. La ET_o se calculó usando un tanque evaporimétrico US clase A situado en la misma estación, mientras que los coeficientes de cultivo (K_c) fueron ajustados localmente (Cuadro 2). El tratamiento de riego deficitario controlado (RDC), las parras se regaron igual que a las del tratamiento control, excepto durante el periodo que va desde inicio de envero hasta el final de la cosecha, donde recibieron únicamente el 25% de la ET_c .

Cuadro 2. Coeficientes de cultivo (K_c) y evapotranspiración de referencia (ET_o) (mm) en invernadero y al aire libre.

Aire libre												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
K_c	-	0.28	0.30	0.33	0.40	0.45	0.45	0.38	0.30	0.30	0.25	-
ET_o	47	64	90	113	140	164	200	165	116	87	56	45
Invernadero												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
K_c	-	0.30	0.30	0.38	0.40	0.43	0.40	0.35	0.3	0.30	0.25	-
ET_o	31	29	37	60	101	113	121	106	82	57	37	27

El inicio de envero, momento de aplicación del tratamiento de riego deficitario, se determinó haciendo un seguimiento fenológico de los racimos semanal, y se estableció como el momento en el que la mayoría de las parras tenían más del 50% de los racimos con al menos una uva coloreada. El inicio de envero se estableció el día 12 de junio en invernadero y el 30 de junio al aire libre (Figura 13).



Figura 13. Racimo 'Flame Seedless' con bayas en envero.

3.3.3. Parámetros medidos.

3.3.3.1. Contenido volumétrico de agua en suelo.

Para determinar el contenido de agua en suelo en respuesta a los tratamientos de riego se utilizó un equipo TDR (Time Domain Reflectometry) (Figura 14). Se instalaron varillas junto a una planta de cada repetición a 45 cm de profundidad. Se realizaron mediciones semanales, desde envero hasta el fin de la cosecha.

El sensor de contenido de agua en suelo indicaba cuánta agua estaba presente en el suelo. Por lo tanto, permitía estimar la cantidad de agua almacenada en el perfil donde se desarrollaba el sistema radicular.



Figura 14. Detalle de unas varillas junto a una parra. Registro del contenido de agua en el suelo en la parcela de ensayo con el equipo TDR.

3.3.3.2. Potencial hídrico del tallo.

Para determinar el estado hídrico de la planta en respuesta a los tratamientos de riego se determinó el potencial hídrico del tallo, a lo largo del periodo de riego deficitario controlado.

Se usó una cámara de presión (Modelo 3000, Soil Moisture Co., Santa Barbara, CA, USA) (Figura 15). Este potencial se midió en dos hojas por repetición (una por parra). Las hojas escogidas eran adultas y sanas, y se embolsaron con una bolsa de plástico y se cubrieron con papel de aluminio entre dos y tres horas antes de la medida, que se realizó en entre las 13:00 h y las 14:00 h. Estas medidas se realizaron semanalmente.



Figura 15. A la izquierda, cámara de presión tipo Scholander, modelo 3000 de Soil Moisture Equipment Corporation. A la derecha detalle de la savia sobre el corte del peciolo.

El potencial hídrico varía a lo largo del día, pues las plantas sufren un déficit hídrico diurno y estacional, estando influidos principalmente por la diferencia de presión de vapor entre la hoja y la atmósfera, presentando la planta resistencias y mecanismos que se oponen a este descenso de potencial hídrico, que podría llegar a ser peligroso. Este fenómeno hace que la curva de la evolución del potencial hídrico foliar tenga una forma muy similar, bien cuando la planta tiene agua disponible o cuando sufre falta de agua.

3.3.3.3. Producción.

Para poder establecer el inicio de la recolección en cada tratamiento, se realizó un seguimiento de la maduración a partir del envero con periodicidad semanal. Este seguimiento se hizo sobre una muestra de 60 bayas por repetición, recogidas del mayor número posible de racimos con color de cada parra que formaba la repetición y de todas las partes del racimo (cola, centro y hombros). En esta muestra se determinó el contenido en sólidos solubles totales y la acidez. La recolección se inició cuando en este muestreo se alcanzó valores cercanos a 16° Brix (Figura 16). Hueso (2012), indica que variedades tempranas como “Flame Seedless” llegan con dificultad a alcanzar estos niveles. El inicio de la recolección fue el 1 de julio en invernadero y el 14 de julio al aire libre.



Figura 16. Recolección de 'Flame Seedless'.

En cada pasada de recolección se recogieron aquellos racimos que presentaban color comercial, y se clasificaron en tres categorías: racimos con más del 80% de uvas bien coloreadas, racimos con 60-80% de uvas con color comercial y racimos con menos del 60% de uvas con color. Se determinó el peso total de racimos por parra y el número de racimos recolectados, de manera que se pudiera obtener también el peso medio de los racimos, otro componente de cosecha objeto de estudio (Figura 17).



Figura 17. Conteo del número de racimos comerciales y medida del peso total de la producción por parra en cada pasada.

3.3.3.4. Calidad de la cosecha.

Para determinar la calidad de la cosecha, en cada pasada de recolección se tomaron al azar muestras de 15 bayas de cada planta, es decir, 60 por repetición (Figura 18).



Figura 18. Selección de bayas al azar para su posterior análisis de los parámetros de calidad en el laboratorio.

En estas muestras se determinaron los parámetros físico-químicos de calidad, que fueron: peso medio de la baya, calibre medio de la baya, color de la piel, contenido en sólidos solubles y acidez.

El color de la piel se midió con un colorímetro digital (CR-400, Konica Minolta, Co.) y se utilizó el espacio de color CIE 1978 $L^*a^*b^*$. La medida de color de cada fruto fue medida de tres medidas realizadas en puntos equidistantes en la zona ecuatorial (Figura 19). A partir de los valores de a^* , b^* y L^* obtenidos se determinaron los parámetros Chroma (C^*), Hue (h^0) y el índice de color para uvas rojas (CIRG), según Carreño *et al.*, (1995).



Figura 19. Medida del color de una de las muestras.

Posteriormente se determinó el contenido en sólidos solubles totales (SST) y la acidez total, en el zumo obtenido de las 60 bayas de cada repetición. Los SST se determinaron en una pequeña porción de zumo mediante un refractómetro digital Atago, el cual mide el índice de refracción y se expresó en °Brix (Figura 20).

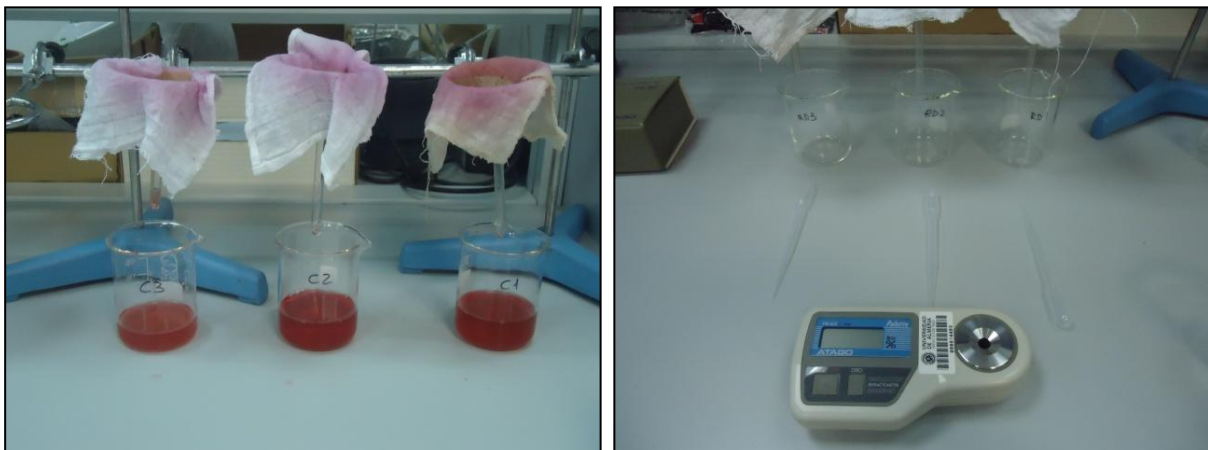


Figura 20. Detalle del zumo obtenido y refractómetro para medir los sólidos solubles totales.

La acidez se determinó mediante una valoración ácido-base. Se utilizó un volumen conocido de zumo 5 ml diluido en 45 ml de agua destilada. Para la valoración se usó hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N hasta llegar a un pH final de 8.2 (Vidaud *et al.*, 1993) (Figura 21). Para conocer este pH se usó la fenolftaleína, que tiene la particularidad de virar de incolora a rosa a ese pH.

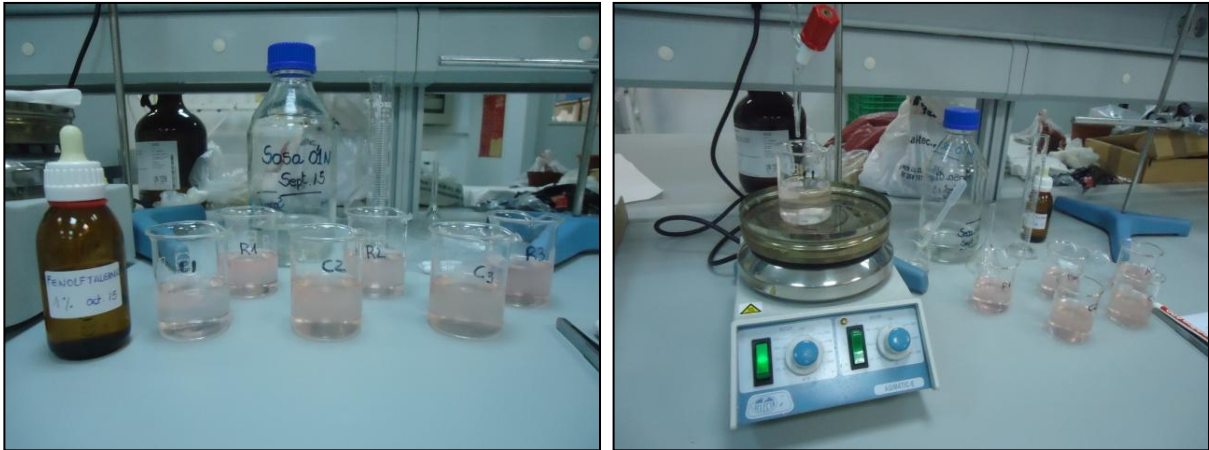


Figura 21. Medición de la acidez, mediante una valoración ácido-base con NaOH 0,1N.

La acidez se expresó en g/L de ácido tartárico según la expresión:

$$\text{Acidez } \left(\frac{\text{g}}{\text{L}}\right) \text{ ácido tartárico} = \frac{7.5 \times \text{Volumen NaOH} \times 0.1\text{N}}{\text{Volumen de mosto}}$$

3.3.4. Análisis estadístico.

Todos los datos recogidos fueron sometidos a un análisis de varianza y separación de medias mediante test de Tukey cuando hubo diferencias significativas, usando el paquete estadístico STATGRAPHICS PLUS (los datos en porcentaje fueron sometidos a una transformación angular).



IV. RESULTADOS

IV. RESULTADOS

4.1. Agua aplicada en los tratamientos.

La aplicación de RDC desde el envero hasta la cosecha ha reducido esencialmente el consumo de agua de riego, obteniendo ahorros del 23% y del 18,1% con respecto al total de agua aplicada en las plantas control en condiciones de invernadero y aire libre, respectivamente (Cuadro 3).

Cuadro 3. Agua total aplicada (AA) y agua aplicada durante el periodo de riego deficitario (AA-RDC) en los diferentes tratamientos de riego y condiciones de cultivo.

Tratamientos	Invernadero		Aire libre	
	AA (mm)	AA-RDC (mm)	AA (mm)	AA-RDC (mm)
Control	324,0	95,97	475,0	112,0
RDC	251,0	23,0	389,2	26,23

4.2. Contenido de agua en el suelo durante el periodo de riego deficitario.

En invernadero, durante el periodo de riego deficitario, el contenido de agua en suelo en las plantas control fue superior al del suelo de las plantas sometidas a RDC, si bien las diferencias sólo fueron significativas en la medida final, a finales de julio, antes de la restauración del nivel de riego (Figura 22). Los valores mínimos obtenidos fueron cercanos a 60 mm en el suelo de las plantas sometidas a RDC, manteniéndose estables a lo largo del periodo de riego, siendo los valores más altos próximos a 80 mm, en el suelo de plantas control. Una vez restaurado el riego, los niveles de agua en suelo en las plantas de RDC aumentaron.

Por otro lado, al aire libre, el contenido en agua en el suelo descendió ligeramente durante el periodo de RDC en las plantas sometidas a este recorte del riego, en las que fue inferior al contenido del suelo de las plantas control, alcanzando valores por debajo de 50 mm, aunque las diferencias entre ellos sólo llegaron a ser significativas en las últimas dos medidas durante el periodo de riego deficitario (Figura 22).

En general, se observó un mayor contenido de agua en el suelo en el invernadero que al aire libre, tanto en las plantas control como en las sometidas a RDC.

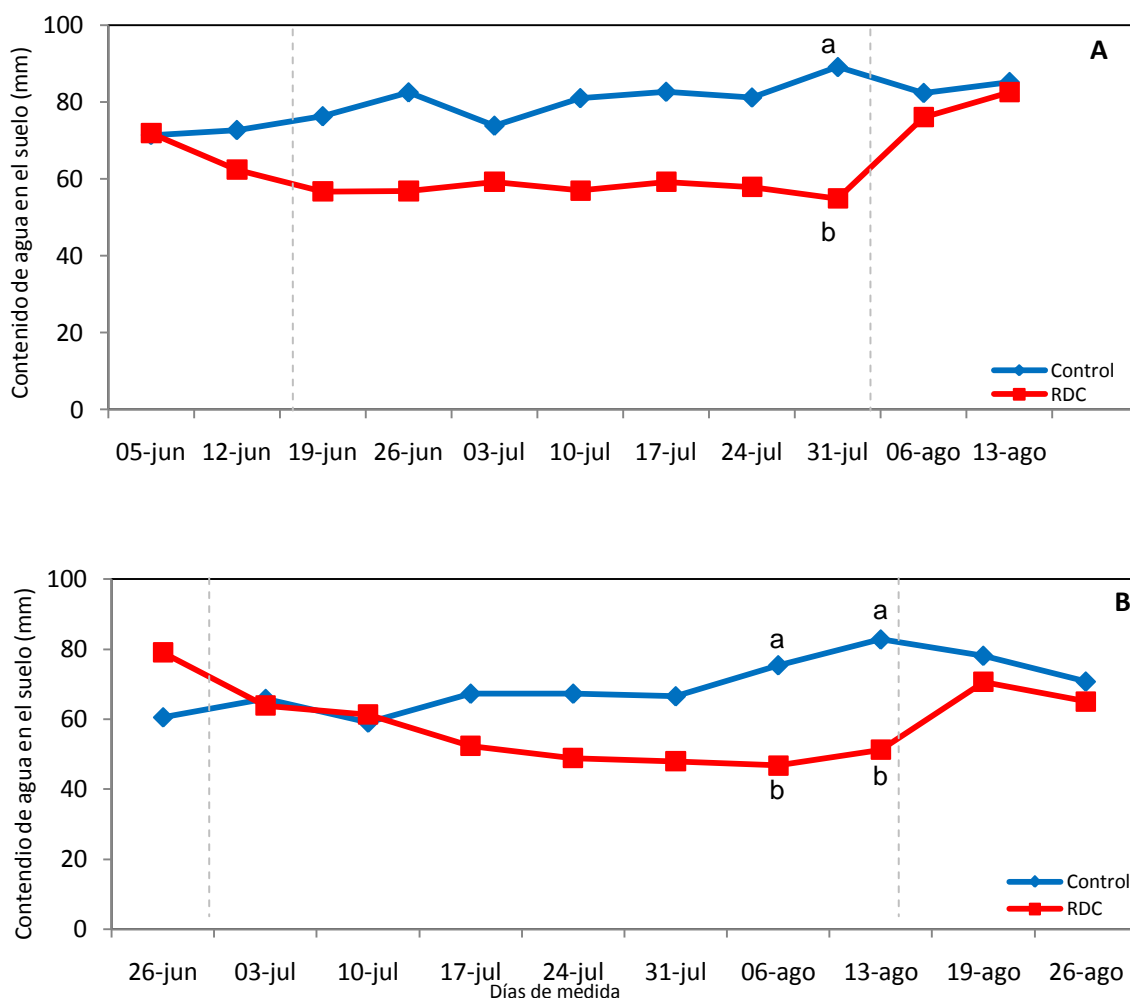


Figura 22. Contenido de agua en el suelo a 45 cm de profundidad en los diferentes tratamientos de riego durante el periodo de riego deficitario en invernadero (A) y al aire libre (B). Las líneas marcan el comienzo y el final del periodo de riego deficitario (envero- fin cosecha). Diferentes letras en una misma fecha indican diferencias significativas (Test de Tukey, $p < 0.05$)

4.3. Potencial del tallo durante el periodo de riego deficitario.

En invernadero, durante el periodo de riego deficitario, el potencial del tallo en las plantas sometidas a RDC descendió ligeramente con respecto al de las plantas control, alcanzando un valor mínimo de $-0,98$ MPa, si bien las diferencias sólo fueron significativas en dos de las medidas, a mediados y finales de julio, antes de la restauración del nivel de riego (Figura 23).

Al aire libre (Figura 23), el potencial del tallo durante el periodo de riego deficitario no varió entre tratamientos hasta la quinta medida tras la instauración de los tratamientos, cuando fue significativamente menor en las plantas sometidas a RDC frente a las control, alcanzándose valores cercanos a $-1,1$ MPa.

En general, los valores de potencial del tallo son ligeramente más bajos al aire libre que en invernadero durante el periodo de aplicación de los tratamientos.

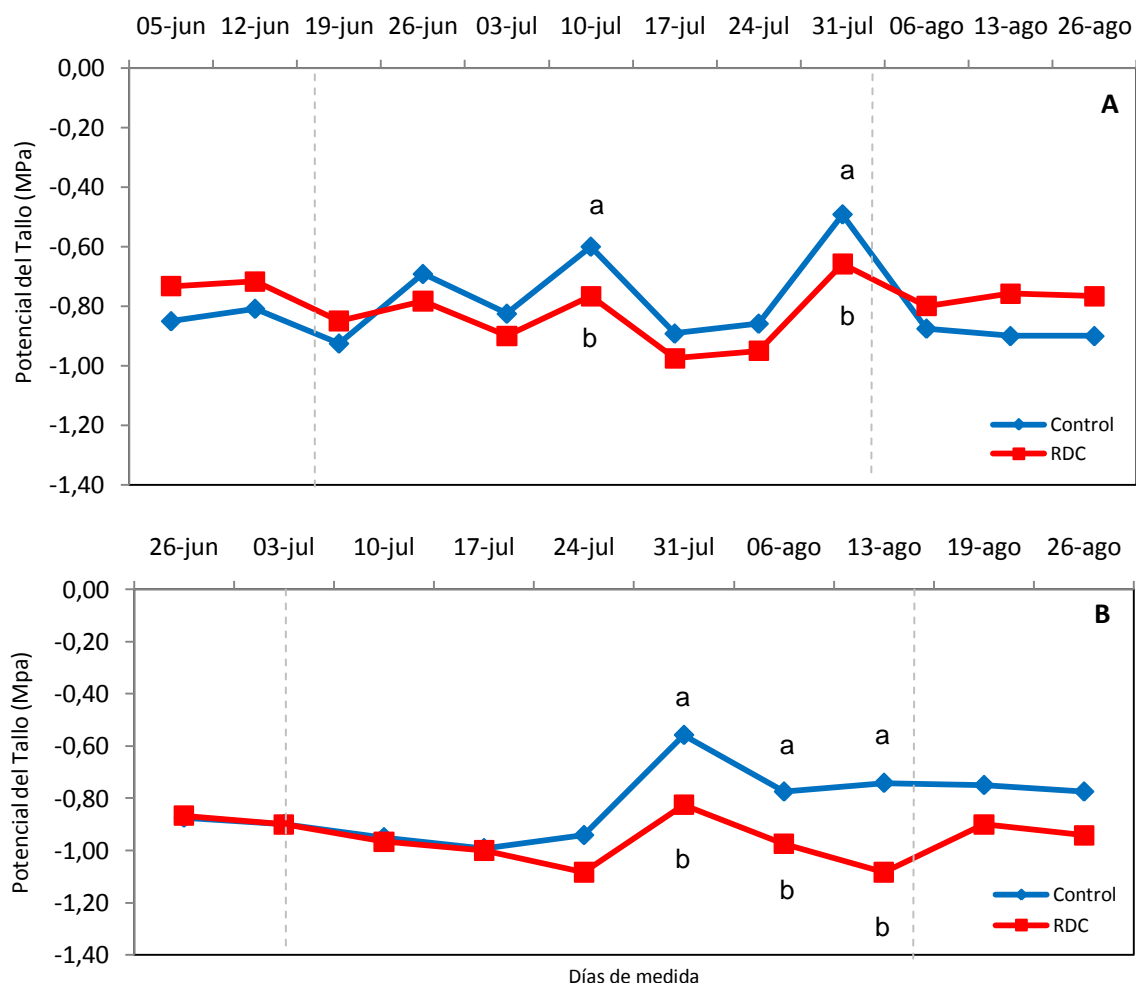


Figura 23. Potencial hídrico del tallo en los diferentes tratamientos durante el periodo de riego deficitario en invernadero (A) y al aire libre (B). Las líneas marcan el comienzo y el final del periodo de riego deficitario (envero-fin cosecha). Diferentes letras en una misma fecha indican diferencias significativas (Test de Tukey, $p < 0.05$).

4.4. Producción.

En la producción total, se observó un efecto significativo del tratamiento riego en condiciones de invernadero (Cuadro 4). En estas condiciones, el riego deficitario disminuyó la producción total, obteniéndose una medida de 20,6 Kg parra⁻¹, frente a los 29,1 Kg parra⁻¹ obtenidos en las plantas control. Al aire libre, sin embargo, la producción total fue mayor en las plantas sometidas a riego deficitario que en control, si bien, las diferencias entre los tratamientos no llegaron a ser significativas.

La producción total media al aire libre fue algo superior que en invernadero (28,4 Kg parra⁻¹ vs. 27,9 Kg parra⁻¹), pero las diferencias no fueron significativas ($p= 0,33$).

Cuadro 4. Producción total en respuesta al tratamiento de riego deficitario en invernadero y aire libre.

		Invernadero		
Tratamientos	Producción (Kg parra ⁻¹)	Producción según color racimos (Kg parra ⁻¹)		
		>80%	60-80%	<60%
Control	29,1 a ¹	13,1 a	11,2 a	5,0 a
RDC	20,6 b	16,7 a	3,7 b	0,2 b
p	0,009	0,13	0,0006	0,04
		Aire libre		
Tratamientos	Producción (Kg parra ⁻¹)	Producción según color racimos (Kg parra ⁻¹)		
		>80%	60-80%	<60%
Control	24,9 a	22,4 a	2,1 a	0,4 a
RDC	29,3 a	24,7 a	4,2 a	0,4 a
p	0,1	0,46	0,17	1,0

¹Valores seguidos por distintas letras en la misma columna son significativamente diferentes (Test de Tukey para $p<0.05$).

En invernadero, como era de esperar, la cosecha se inició más temprano que al aire libre, realizándose el 1 de julio la primera pasada de recolección, mientras que al aire libre esta fue el 14 de julio (Figura 24). En ambos casos la duración total de la cosecha fue de 5 semanas.

En invernadero (Figura 24), la cantidad de uva cosechada en las primeras pasadas tendió a ser mayor en RDC que en control lo que sugiere una mayor precocidad debido a la aplicación de riego deficitario. La fecha media de cosecha (donde se alcanza el 50% de la cosecha recogida) fue el 1 de julio en RDC, mientras que en el control fue el 13 de julio en control.

Al aire libre (Figura 24), sin embargo, las diferencias en la fecha media de cosecha entre el control y el RDC son muy reducidas, y al contrario que en invernadero, la fecha media de cosecha fue anterior en el control, el 20 de julio, mientras que en RDC fue el 23 de julio.

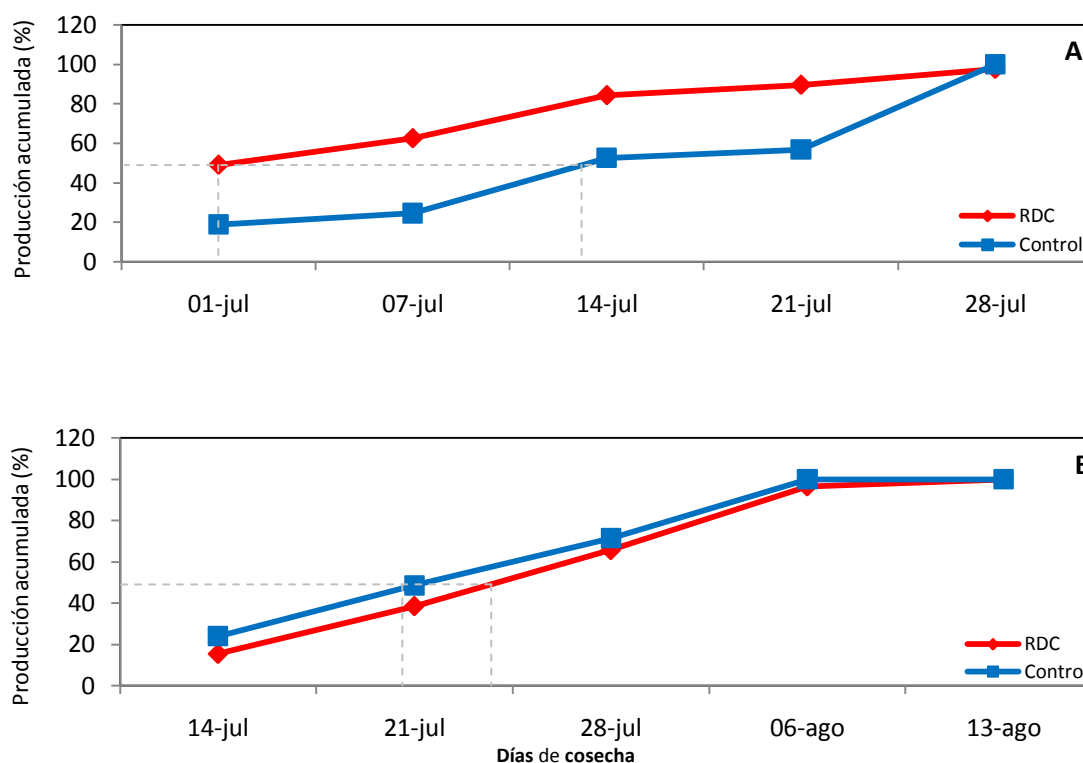


Figura 24. Producción acumulada en los diferentes tratamientos durante el periodo de riego deficitario en invernadero (A) y al aire libre (B).

Debido a los problemas de color comentados, los racimos recogidos se clasificaron en tres categorías: racimos con más del 80% de uvas bien coloreadas, racimos con el 60-80% de uvas con color comercial y racimos con menos del 60% de uvas con color.

En condiciones de invernadero (Cuadro 4), la producción de racimos con más del 80% de uvas bien coloreadas no evidenció diferencias significativas entre tratamientos, siendo ligeramente superior en RDC. Por otro lado, la producción de racimos con el 60-80% y con menos del 60% de bayas con color presentó diferencias entre tratamientos siendo superior dicha producción en el tratamiento control.

Al aire libre, aunque las diferencias entre tratamientos no fueron significativas, la producción de racimos con más del 80% de uvas bien coloreadas y con el 60-80% de uvas coloreadas en RDC fue ligeramente superior a la producción obtenida en control.

4.5. Eficiencia en el uso del agua.

La eficiencia en el uso del agua se calculó teniendo en cuenta la producción total y el agua total aplicada durante toda la campaña (Cuadro 3), más el agua de lluvia (244 mm) en condiciones de aire libre. En invernadero se obtuvo una eficiencia en el uso del agua de de 7,47 Kg/m³ en el tratamiento control y de 6,88 Kg/m³ en el tratamiento de riego deficitario. Por otro lado, en condiciones de aire libre, se obtuvo una eficiencia de 4,27 Kg/m³ en el tratamiento control y de 6,14 Kg/m³ en el tratamiento de riego deficitario.

4.6. Calidad de las bayas.

En invernadero, las pasadas de recolección más representativas (aquellas de mayor producción) fueron diferentes en las plantas sometidas a RDC y en las plantas control, siendo el 1 de julio para el tratamiento de riego deficitario y el 28 de julio para el tratamiento control. Por ello, para la calidad de la cosecha se va a presentar la calidad media para ambas fechas y para los dos tratamientos.

En ninguna de las pasadas de recolección se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en el tamaño de la baya (calibre y peso), en la acidez o el contenido en SST entre tratamientos, ni en invernadero ni al aire libre (Cuadro 5 y 6). En invernadero, tanto calibre como el peso de las bayas fueron muy similares en las dos pasadas de recolección. En la segunda pasada de recolección los valores medios de SST fueron ligeramente superiores que en la primera pasada (especialmente en el tratamiento RDC), mientras que la acidez fue algo más reducida (Cuadro 5).

Cuadro 5. Calidad de la baya en las pasadas más representativas en respuesta al tratamiento de riego deficitario en invernadero.

		Invernadero (1 julio)			
Tratamientos	Calibre (cm)	Peso baya (g)	SST (°Brix)	TA (g L ⁻¹ ácido tartárico)	
Control	1,9 a ¹	4,6 a	15,4 a	5,4 a	
RDC	1,9 a	4,4 a	15,4 a	5,7 a	
<i>p</i>	0,88	0,41	0,89	0,27	
		Invernadero (28 julio)			
Tratamientos	Calibre (cm)	Peso baya (g)	SST (°Brix)	TA (g L ⁻¹ ácido tartárico)	
Control	1,9 a	4,8 a	15,9 a	4,1 a	
RDC	1,9 a	4,6 a	16,6 a	4,2 a	
<i>p</i>	0,20	0,51	0,92	0,53	

¹Valores seguidos por distintas letras en la misma columna son significativamente diferentes (Test de Tukey para $p < 0.05$).

En condiciones de aire libre (Cuadro 6), la pasada representativa para los tratamientos de riego deficitario y control fue el 6 de agosto. El contenido en SST y acidez fue el mismo en ambos tratamientos, siendo ligeramente superior en el tratamiento control. Por otro lado, tampoco se encontraron diferencias respecto al calibre y peso de las bayas, siendo ligeramente superior en el tratamiento control.

Cuadro 6. Calidad de la baya en la pasada más representativa en respuesta al tratamiento de riego deficitario al aire libre.

Tratamientos	Aire libre (6 agosto)			
	Calibre (cm)	Peso baya (g)	SST (°Brix)	TA (g L ⁻¹ ácido tartárico)
Control	1,9 a ¹	4,0 a	16,4 a	4,0 a
RDC	1,8 a	3,8 a	16,1 a	4,2 a
p	0,06	0,41	0,61	0,56

¹Valores seguidos por distintas letras en la misma columna son significativamente diferentes (Test de Tukey para $p < 0.05$).

4.6.1. Parámetros de color.

Los valores hue (h°), Chroma (C^*) y CIRG fueron calculados a partir de los valores L^* , a^* y b^* medidos, según recomendación de Carreño *et al.*, (1995).

En invernadero (Cuadro 7), el parámetro hue (h°) en el tratamiento de riego deficitario presentó uvas con un color más rojo que en control. En la pasada del 28 de julio, las uvas tienen un color más claro que en la pasada del 1 de julio.

Por otro lado, el parámetro chroma (C^*) no presentó diferencias entre tratamientos, siendo la intensidad ligeramente superior en el tratamiento control. Respecto a la luminosidad (L^*), las uvas en el tratamiento de riego deficitario indicaron un color más oscuro frente al control. Los menores valores de hue (h°) y los mayores de CIRG obtenidos, indican que las uvas presentaban un color más rojizo en el RDC que en control.

Cuadro 7. Parámetros de color: Luminosidad (L*), Chroma (C*), hue (h°) y CIRG de las bayas de 'Flame Seedless' en las pasadas más representativas en invernadero.

Tratamientos	Invernadero (1 julio)			
	L*	C*	h°	CIRG
Control	33,3 a ¹	9,4 a	41,0 a	3,2 b
RDC	31,7 b	8,5 a	29,0 b	3,8 a
P	0,007	0,79	0,008	0,001
Tratamientos	Invernadero (28 julio)			
	L*	C*	h°	CIRG
Control	36,6 a	11,1 a	58,0 a	2,6 a
RDC	34,3 b	10,3 a	39,5 b	3,1 a
p	0,04	0,79	0,02	0,07

¹Valores seguidos por distintas letras en la misma columna son significativamente diferentes (Test de Tukey para p<0.05).

Al aire libre (Cuadro 8), los parámetros L* y h° no evidenciaron diferencias significativas atribuibles a los tratamientos, las uvas del tratamiento de riego deficitario indicaron una mayor intensidad de color y más rojizo respecto al control.

Cuadro 8. Parámetros de color: Luminosidad (L*), Chroma (C*), hue (h°) y CIRG de las bayas de 'Flame Seedless' en la pasada más representativa al aire libre.

Tratamientos	Aire libre (6 agosto)			
	L*	C*	h°	CIRG
Control	33,9 a ¹	8,6 b	28,0 a	3,6 a
RDC	33,8 a	9,2 a	27,1 a	3,6 a
p	0,89	0,01	0,76	0,81

¹Valores seguidos por distintas letras en la misma columna son significativamente diferentes (Test de Tukey para p<0.05).

En invernadero (Figura 25) se apreciaron diferencias significativas las tres primeras fechas de medida, presentando valores mayores de CIRG variando de 3,8 a 3,2 en RDC y control de 3,3 a 2,6.

Se observa que al aire libre (Figura 25) el valor de CIRG bajó de 4,1 a 2,6 en control y en RDC también bajó de 3,9 a 2,8 no se observaron diferencias significativas debido a los tratamientos.

En ambos casos invernadero y aire libre, las uvas presentaron peor color a medida que la recolección avanzaba.

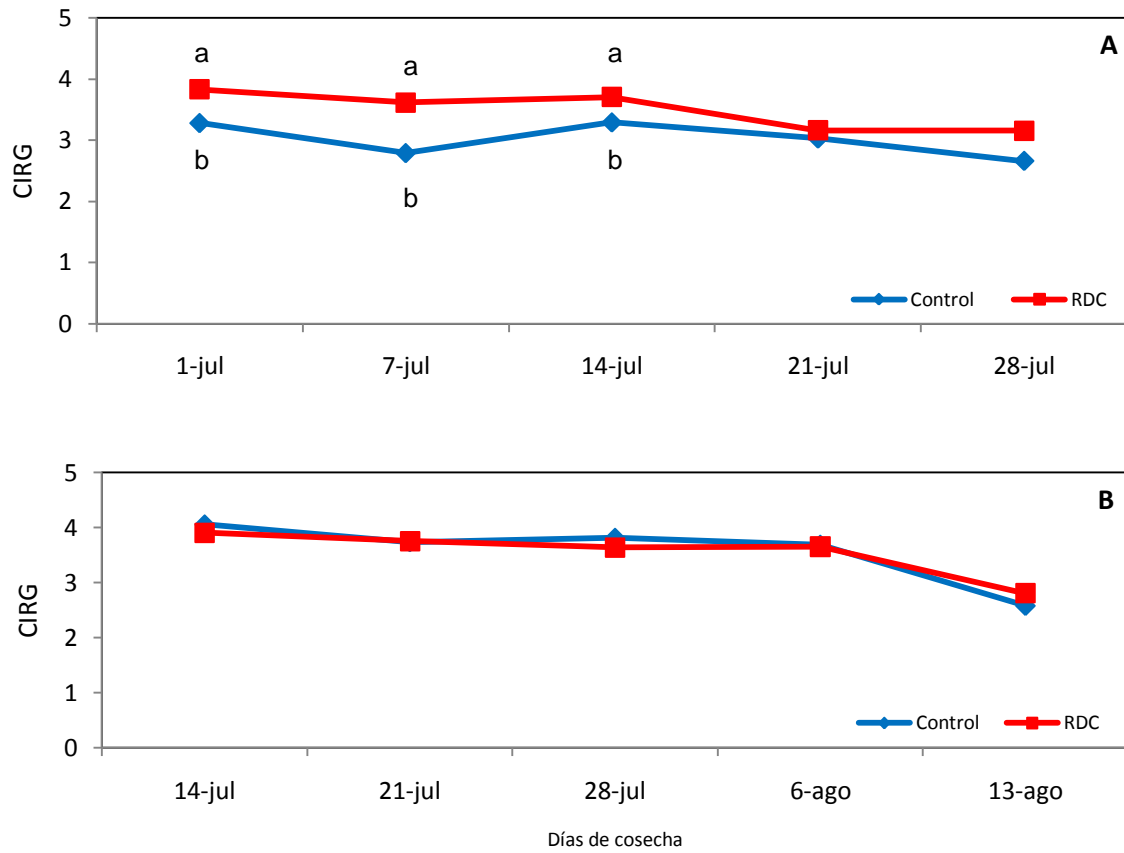


Figura 25. Evolución del índice de color de uva roja (CIRG) a lo largo de la temporada de cosecha en invernadero (A) y aire libre (B). Diferentes letras en una misma fecha muestran diferencias significativas (Test de Tukey en $p < 0.05$).



V. DISCUSIÓN

V. DISCUSIÓN

La falta de color en uva de mesa roja es uno de los problemas más importantes para el cultivo en zonas cálidas. El uso de estrategias de riego deficitario controlado (RDC) durante la maduración para mejorar el color de la uva de mesa, puede ser una alternativa a los tratamientos con reguladores del crecimiento, de elevado coste y cuyo uso hoy en día es cuestionado e incluso restringido o no permitido. Es conocido que una de las respuestas a un déficit hídrico, en la planta es un incremento en la síntesis de ABA (Shinozaki y Yamaguchi-Shinozaki, 2007). Este mayor contenido en ABA endógeno inducido por el estrés hídrico puede tener por tanto un efecto positivo sobre la coloración de la uva, como el que se obtiene con aplicaciones exógenas de ABA.

En diferentes variedades de uva de mesa se ha encontrado un mejor color y una maduración más temprana en plantas sometidas a RDC durante la maduración (Peacock *et al.*, 1997). En concreto, en el mismo lugar y en condiciones muy similares a las nuestras, la aplicación de RDC tras el envero en la variedad 'Crimson Seedless', produjo una mayor precocidad de cosecha, debido a una mejor y más temprana adquisición del color en las bayas, y una mayor cantidad de cosecha comercial, sin reducción significativa de la producción (Pinillos *et al.*, 2016).

El principal objetivo de este ensayo fue estudiar el efecto de la aplicación de riego deficitario controlado (RDC) sobre la producción y la calidad, especialmente, sobre el color, de la uva de mesa roja 'Flame Seedless'. Asimismo, se ha comparado el efecto del RDC en dos condiciones de cultivo diferentes, bajo invernadero y al aire libre. Dichas condiciones pueden afectar a la producción y al color, ya que la temperatura y la luz son factores determinantes en la coloración de las bayas. La alteración de ambos factores, como puede ocurrir en invernadero, puede llevar a la disminución del color en cultivares coloreados.

En nuestro ensayo como es lógico esperar, la aplicación de RDC desde envero hasta final de cosecha redujo substancialmente el consumo de agua de riego, obteniéndose un ahorro del 23% en invernadero y del 18,1% al aire libre con respecto al total de agua aplicada en las plantas control (Cuadro 3). Como se puede observar, en el invernadero el agua aplicada total es inferior que al aire libre, ya que la ET_0 se ve reducida en el invernadero (Cuadro 2). El invernadero supone reducciones considerables en la radiación solar, en la velocidad del viento que se anula dentro del invernadero y ligeros aumentos en la humedad relativa en relación al exterior lo cual va a provocar menores necesidades de riego (Gallardo *et al.*, 2007).

Debido a la reducción en el riego, se observó un descenso en el contenido de agua en el suelo de las plantas RDC frente al de las plantas control, si bien este no fue significativo hasta el final del periodo de riego deficitario tanto en invernadero como al aire libre (Figura 22).

Los efectos de la reducción del riego y del contenido de agua en suelo sobre el estado hídrico de las plantas fueron reducidos. En invernadero la reducción del riego originó un descenso en los valores de potencial del tallo, pero fue muy ligero (alrededor de $-0,15$ MPa con respecto a las plantas control) y sólo significativo en dos de las medidas durante el periodo de RDC (Figura 23). Los valores mínimos de potencial no bajaron en ningún caso de $-1,0$ MPa, valor considerado de manera general como de no estrés en vid (Acevedo-Opazo *et al.*, 2010). En condiciones de aire libre, la reducción del potencial del tallo en las plantas RDC no se notó hasta la cuarta medida desde la instauración del tratamiento, ya iniciada la cosecha (Figura 23). En este caso el potencial del tallo en las plantas RDC llegó a bajar ligeramente de $-1,0$ MPa, valor que se correspondería con un estrés moderado (Acevedo-Opazo *et al.*, 2010). El potencial hídrico de las plantas control en invernadero estuvo entre $-0,93$ y $-0,49$ MPa y al aire libre entre $-1,0$ y $-0,56$ MPa (Figura 23). Dichos resultados coinciden con los valores obtenidos por otros autores en el cultivo de la vid sin restricciones de riego (Acevedo-Opazo *et al.*, 2010; Ferreyra *et al.*, 2001). En la misma ubicación que este trabajo, la aplicación de RDC post-envero con una reducción del 75% de los aportes respecto al control, originó un estrés severo en la variedad 'Crimson Seedless', con una menor reducción del potencial hídrico obteniéndose valores cercanos a $-1,3$ MPa mientras que en las plantas control se situó entre $-0,6$ y $-0,8$ MPa (Pinillos *et al.*, 2016).

En invernadero, siguiendo el adelanto en la fenología que observamos en el envero, la recolección se inició cerca de 15 días antes que al aire libre. Esta precocidad se debe a que el cultivo bajo plástico induce una mejora en las condiciones climáticas cuando éstas son poco favorables para el crecimiento y desarrollo de la vid, fundamentalmente durante el invierno y comienzo de la primavera. Los datos obtenidos se corresponden con otros trabajos realizados con cultivo protegido en uva de mesa donde se han observado un adelanto en la maduración (Alonso *et al.*, 2003; Antonacci, 1986; Colapietra, 2004; Usero, 2007; Di Lorenzo *et al.*, 1999; Morata, 2004). A diferencia de lo descrito previamente en otros trabajos, en los que el cultivo en invernadero produjo una reducción de la producción (Navarro, 2003; Morata, 2004), aquí la producción no se vio afectada significativamente por las condiciones de cultivo.

Respecto al efecto del riego deficitario sobre la producción total, hay que destacar que este fue diferente al aire libre y en invernadero. Mientras que al aire libre la producción no se vio significativamente afectada por el RDC, en el invernadero el RDC provocó una disminución significativa de la producción frente a

las plantas control (20,6 Kg planta⁻¹ vs. 29,1 Kg planta⁻¹) (Cuadro 4). Es conocido que uno de los principales efectos que causa el estrés hídrico en vid es la reducción de la cosecha (Attia *et al.*, 2010; Intrigliolo y Castel, 2010; Satesteban *et al.*, 2011), lo que explicaría la menor producción obtenida en las plantas RDC en el invernadero, a pesar del reducido efecto que este tuvo sobre el potencial hídrico de la planta. Estos resultados contrastan con los encontrados en diferentes variedades de uva de mesa en los que un RDC tras envero no ocasionó reducción significativa de cosecha (Conesa *et al.*, 2016; Fernandes de Oliveira *et al.*, 2013; Peacock *et al.*, 1997; Facci *et al.*, 2014), al igual que lo encontrado aquí al aire libre. Hay que destacar que al aire libre los efectos sobre el potencial hídrico de la planta no se detectaron hasta después de haberse recogido más de un 50% de la cosecha total.

Como era de esperar la eficiencia en el uso del agua fue superior en el invernadero que al aire libre. En invernadero se crea un microclima para mejorar la fotosíntesis de la planta (Fernández y Camacho, 2005), por ello las necesidades de riego son menores debido a una menor demanda evaporativa por la alteración climática que ejerce el invernadero respecto al clima exterior (reducción de la radiación solar, velocidad del viento etc.) (Fernández, 2006). Por otro lado, uno de los efectos del RDC en uva de mesa ha sido un aumento de la eficiencia en el uso del agua (Pinillos *et al.*, 2016). En nuestro trabajo, sin embargo, el efecto del riego deficitario sobre la eficiencia en el uso del agua fue diferente en invernadero y al aire libre. En invernadero, a pesar del ahorro en agua en el tratamiento de RDC, la reducción acusada de la producción hizo que la eficiencia en el uso del agua fuera menor que en control. Al aire libre sin embargo, el RDC provocó una mayor eficiencia en el uso del agua, ya que la producción total no se vio afectada.

En condiciones de invernadero, el riego deficitario provocó un adelanto de la maduración, recogándose una mayor proporción de cosecha en las primeras pasadas (Figura 24). En el tratamiento de RDC, ya en la primera pasada se alcanzó la fecha media de cosecha, ya que se recogió el 50% del total de la cosecha, mientras que en el control solo se había recogido el 20% del total. En el tratamiento control la fecha media de cosecha no se alcanzó hasta 12 días después. Este efecto de precocidad no se observó, sin embargo, al aire libre, donde el ritmo de la recolección fue similar en los dos tratamientos (Figura 24). El adelanto obtenido en invernadero, coincide con los resultados obtenidos en la variedad 'Crimson Seedless' tras aplicar RDC durante la maduración (Pinillos *et al.*, 2016).

El RDC no afectó negativamente a la calidad de la uva en ninguna de las condiciones de cultivo (Cuadros 5 y 6). El tamaño de la baya fue similar en ambos tratamientos. Al igual que ocurre con la producción, el déficit hídrico a menudo reduce el crecimiento de la baya (Attia *et al.*, 2010; Buchetti *et al.*, 2011; El-Ansari y Okamoto, 2007), sin embargo, este efecto parece depender del nivel y del periodo de dicho estrés. Distintos autores han encontrado que el tamaño de la uva es muy

sensible a un RDC temprano pero lo es mucho menos cuando éste tiene lugar después del envero (Intrigliolo y Castel, 2010; Matthews y Anderson, 1998; Santesteban *et al.*, 2011). A diferencia de otros trabajos en los que se ha encontrado que el RDC post-envero incrementa el contenido en SST y disminuye la acidez (Fernandes de Oliveira *et al.*, 2013; Peacock *et al.*, 1997), en nuestro estudio no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en estos dos parámetros (Cuadro 5). Lo que se observó al aire libre fueron bayas con un nivel de SST ligeramente mayor que en invernadero, así como una acidez menor (Cuadro 6).

Hay muchos estudios, tanto en uva de vinificación como en uva de mesa que muestran una mejora del color de las bayas en plantas sometidas a riego deficitario (Fernandes de Oliveira *et al.*, 2013; Romero *et al.*, 2013; Conesa *et al.*, 2016). En nuestro caso, obtuvimos también un mejor color de la baya bajo riego deficitario en invernadero. En estas condiciones, en la pasada más representativa, las bayas de las plantas sometidas a RDC presentaron un valor significativamente menor de h° (hue) y L^* (Luminosidad) y mayor de CIRG, lo que implica un color rojo más intenso que las bayas de las plantas control. Además, se observó en general que las primeras uvas recolectadas presentaban un color más rojo que las uvas recogidas en las pasadas más tardías (Cuadro 7). La mayor cantidad de uva recolectada en las primeras pasadas en RDC, implica por tanto, que la cosecha en RDC tuvo mejor color en general que la de las plantas control. Al aire libre, no se encontró ninguna diferencia significativa entre tratamientos. (Cuadro 8).

En invernadero, además de la mejora del color de las bayas, en el tratamiento RDC, aunque sin diferencias estadísticamente significativas, hubo una mayor cantidad de racimos bien coloreados (con más del 80% de uvas con color) que en control. En RDC estos racimos representaron un 81% del total recolectado mientras que en el control fue sólo el 45% de la cosecha total. Asimismo, la cantidad de racimos con un 60-80% de uvas con color y, especialmente, los racimos con menos del 60% de color (no comerciales) fue significativamente menor en RDC. Todo esto indica, que la cosecha presentó un mejor color en general bajo riego deficitario. A pesar de la menor producción obtenida en RDC, si se compara la producción de calidad, esta fue mayor bajo riego deficitario. Este efecto también se encontró en la variedad 'Crimson Seedless' cuando se aplicó RDC durante la maduración (Pinillos *et al.*, 2016). Al aire libre, sin embargo, al igual que en los demás parámetros, el RDC no tuvo efecto significativo sobre la proporción de racimos mejor coloreados.

Por otro lado, se ha observado un cierto efecto de las condiciones de cultivo sobre el color de la uva y de la cosecha. Al comparar el color de las uvas de las primeras pasadas, las de más color, las uvas recolectadas al aire libre presentaron un valor de CIRG significativamente mayor que las uvas del invernadero, especialmente, que las uvas control. Asimismo, al comparar la producción de racimos bien coloreados, se observó una mayor cantidad y proporción de racimos

con más del 80% de uvas coloreadas al aire libre que en invernadero, de nuevo especialmente mayor que las plantas control. Esto puede estar relacionado con una peor iluminación en las condiciones de invernadero. En el trabajo llevado a cabo por Dussi *et al.*, (2009) en el que se estudió el efecto del cultivo bajo una malla de sombreo sobre el color de melocotón, se obtuvo frutos menos rojos que en el cultivo al aire libre, y encontrando que el porcentaje de color está estrechamente relacionado con la radiación solar que le llega.



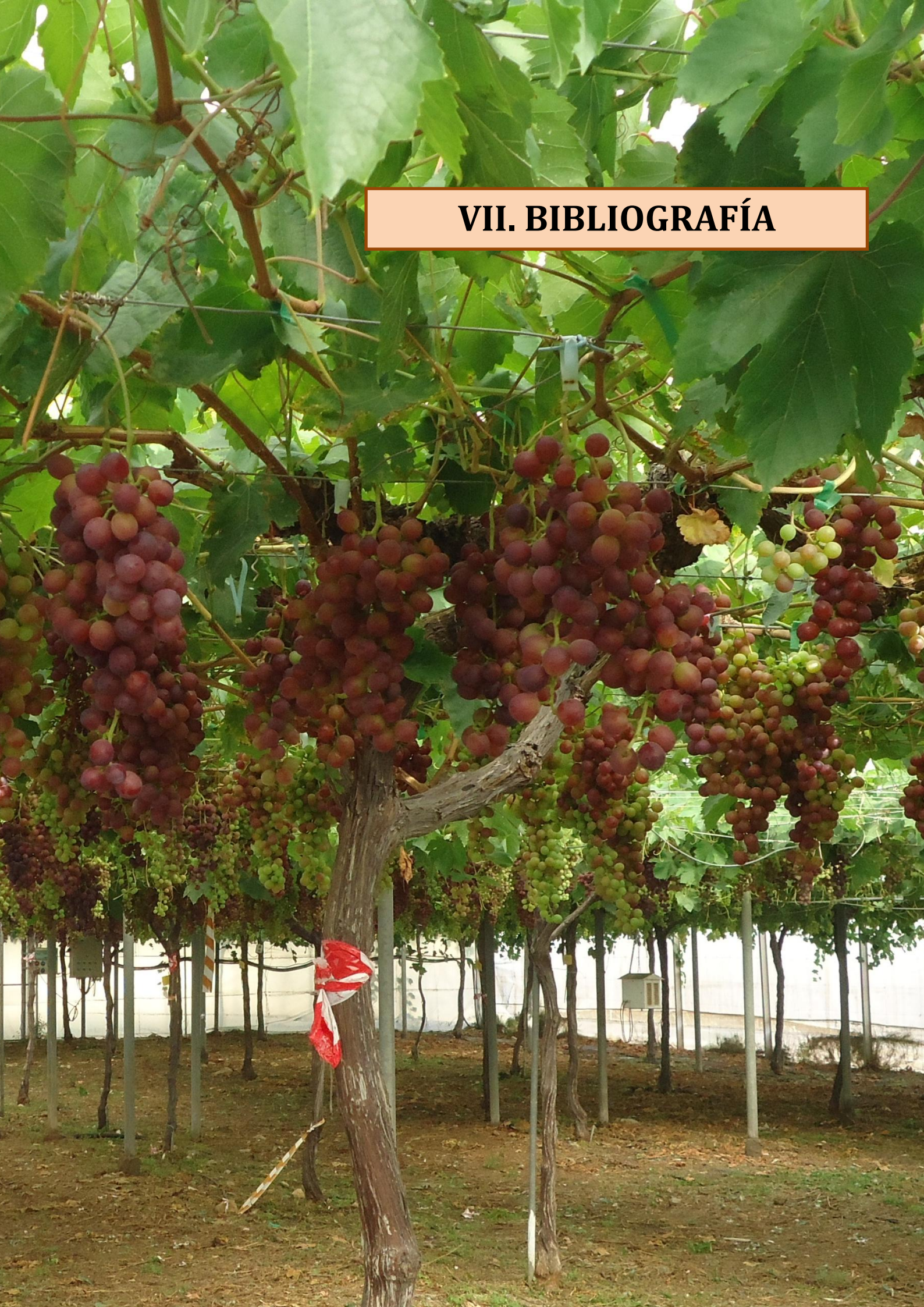
VI. CONCLUSIONES

VI. CONCLUSIONES

Las conclusiones más relevantes obtenidas este trabajo son:

- En 'Flame Seedless', el riego deficitario controlado aplicado después del envero ha tenido un efecto diferente en invernadero y al aire libre. En invernadero, el RDC dio lugar a una cosecha más temprana y de racimos mejor coloreados pero con una disminución significativa en la producción. Al aire libre, no se ha observado ningún efecto del riego deficitario controlado sobre la producción ni la calidad de ésta.
- La aplicación de RDC en ambas condiciones redujo la cantidad de agua aplicada, e incrementó la eficiencia en el uso del agua al aire libre, pero no así en invernadero debido a la disminución de la producción.
- El invernadero dio lugar a una cosecha más precoz que al aire libre y no hubo diferencias significativas en la producción total entre ambas condiciones de cultivo.
- En general, se observó un mejor color en la producción en condiciones de aire libre que en invernadero.

VII. BIBLIOGRAFÍA



VII. BIBLIOGRAFÍA.

- Acevedo-Opazo, C., Ortega-Farias, S., Fuentes, S. 2010. Effects of grapevine (*Vitis vinifera* L.) water status on water consumption, vegetative growth and grape quality: an irrigation scheduling application to achieve regulated deficit irrigation. *Agr. Water Manage.* 97:956-964.
- Alcobendas, R., Mirás-Avalos, J.M., Alarcón, J.J., Nicolás, E. 2013. Effects of irrigation and fruit position on size, color, firmness and sugar contents of fruits in a mid-late maturing peach cultivar. *Sci.Horti.*164:340-347.
- Alonso, F., Hueso, J.J. 2003. Efectos de la cubierta plástica sobre la precocidad del cultivar de uva de mesa apirena 'Flame Seedless'. *Actas de Horticultura* 39:444-446.
- Alonso, F., Hueso, J.J., Cuevas, J. 2004. Efectos de la cobertura plástica sobre precocidad del cultivo de uva apirena. *Revista Horticultura* 175:40-42.
- Alonso, F., Cuevas, J., Hueso, J.J., Marzo, B., Pérez, J., Sánchez, A. 2006. La uva de Almería. Dos siglos de cultivo e historia de la variedad Ohanes. Fundación Cajamar. 216 pp
- Alonso, F., Murica, M., González, M., Hueso, J.J., Cuevas, J. 2010. Uva de mesa. Técnicas para retrasar la recolección. Documentos Técnicos. Fundación Cajamar. 21 pp.
- Alonso, F. 2012. Cultivo en invernadero de uva de mesa en el sudeste español. Proyecto Fin de Carrera. Universidad de Almería. 101 pp.
- Andrades, M.S., González, M.L.1995. Influencia climática en la maduración de la uva: estudio de cultivares de la Rioja y de Madrid. Trabajo monográfico.
- Antonacci, D. 1986. L'uva da tavola in coltura protteta. *Frutticoltura.* 2:19-25.
- Attia, F., García, F., Ben Mariem, F., Nuzzo, V., Dedieu, F., García, M., Lamaze, T. 2010. Water stress in Tannant and Duras Grapevines cultivars (*Vitis vinifera* L.): leaf photosynthesis and grape phenolic maturity. *J. Int. Sci. Vigne Vin.* Special Issue Macrowine, 81-93.
- Bechwith, A.G., Zhang, Y., Seeran, N.P., Cameron, A.C., Naiz, M.G. 2004. Relationship of light quantity and antocyanin production in *Rennisetun setaceum* cvs. Rubrum and Red Riding Hood. *J. Agric. Food. Chem.* 52:456-461.

- Bergqvist, J., Dokoozlian, N., Ebisuda, N. 2001. Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the Central San Joaquin Valley of California. *Am. J. Enol. Vitic.* 52:1-7.
- Blanco, O., Faci, J., Negueroles, J. 2009. Efecto del riego deficitario controlado en la producción y calidad de uva de mesa cultivar Crimson. VI Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas; XII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. *Actas de Horticultura*, 54:113-114. Logroño.
- Blouin, J., Guimberteau, G. 2004. Maduración y madurez de la uva. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 151 pp.
- Boss, P., Davies, C y Robinson, S.P. 1996 a. Analysis of the expansion of anthocyanin pathway genes in developing *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz grape berries and the implications for pathway regulation. *Plant. Physiol.* 111:1059-1066.
- Buchetti, B., Mathews, M.A., Falginella, L., Peterlunger, E., Castellarin, S.D. 2011. Effect of water deficit on Merlot grape tannins and anthocyanins across four seasons. *Sci. Hortic.* 128:297-305.
- Cáceres, E. 1996. Uva de mesa. Cultivares aptos y tecnología de producción. Ed. San Juan. Argentina. 84 p.
- Capel, J. 1990. Climatología de Almería. Cuadernos monográficos. 7Ed. Instituto de estudios almerienses de la Diputación de Almería. Murcia. 160 pp.
- Carreño, J., Martínez, A., Almela, L., Fernández-López, J.A. 1995. Proposal of an index for the objective evaluation of the color of red table grapes. *Food Res. Internatl.* 28:373-381.
- Carreño, J. 2004. Técnicas de Producción de uva de mesa sin semillas. *Vida Rural.* 182:66-70.
- Castellarin, S.D., Pfeiffer, A., Sivilotti, P., Degan, M., Peterlunger, E., Di Gaspero, G. 2007a. Transcriptional regulation of anthocyanin biosynthesis in ripening fruits of grapevine under season water deficit. *Plant cell and Environment.* 30:1381-1399.
- Castellarin, S.D., Matthews, M.A., Di Gaspero, G.D., Gambetta, G.A. 2007 b. Water deficits accelerate ripening and induce changes in gene expression regulating flavonoid biosynthesis in grape berries. *Planta.* 227: 101-112.

- Catalina, L., Marzueles, C., Romero, R., Sarmiento, A. 1982. Cambios metabólicos durante el proceso de maduración de la uva (*Vitis vinifera*, L. var. Palomino) en la zona marco de Jerez de la Frontera (Cádiz). Ann. Edaf. Agrobio. 41:1503-1517.
- Colapietra, M. 2004. L'uva da tavola. Lo coltura, il mercato, il consumo. Ed. Edagrícola. Bologna. 382 pp.
- Conesa, M.R., Falagán, N., De la Rosa, J.M., Aguayo, E., Domingo, R., Pastor, A.P. 2016. Post-veraison déficit irrigation regimes enhance berry coloration and health-promotion bioactive compounds in 'Crimson Seedless' table grape. Agr. Water Manage. 163:9-18.
- Coombe, G. 1960. Relationship on growth and development to changes in sugars, auxins and gibberellins in fruits of seeded and seedless varieties of *Vitis vinifera*. Plant. Physiol. 25:241-250.
- Coombe, B.O., McCarthy, M.G. 2000. Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. Australian Journal of Grape and Wine. Research. 6(2): 131-135.
- Cutillas, A., Carreño, J. 1988. Variedades de uva de mesa sin semillas. Consejería de Agricultura, Ganadería y Montes. 27 pp.
- Deluc, L.G., Quilici, D.R., Decendit, A., Grimplet, J., Wheatley, M.D., Schlauch, K.A., Mérillon, J.M., Cushman, J.C., Cramer, G.R. 2009. Water deficit alters differentially metabolic pathways affecting important flavor and quality traits in grape berries of Cabernet Sauvignon and Chardonnay. BMC Genomics. 10:212.
- Deytieux, C., Geny, L., Lapailleire, D., Claverol, S., Bonneu, M., Doneche, B. 2007. Proteome analysis of grape skins during ripening. J. Exp. Bot. 58:1851-1862.
- Díaz-Montenegro, D. 2002. Maduración de frutos. Fisiología de los árboles frutales. AGT. Editor, S.A. México. 230-262 pp.
- Di Lorenzo, R., Giuffrida, S., Ferrante, S y collesano, G. 1999. Study on vegetative and productive behavior of table grape cv 'Matilde' under greenhouse. GESCO. 99:744-750.
- Dokoozlian, N.K y Hirshfelt, D.J. 1995. The influence of cluster thinning at various stages of fruit development of 'Flame Seedless' table grapes. American Journal of Enology and Viticulture. 46 (4):429-436.
- Downey, M.O., Dokoozlian, N., Drstic, M. 2006. Cultural practice and environmental impacts on the flavonoid composition of grapes and wine: A review of recent researchs. Am. J. Enol. Vitic. 57:257-268.

- Dussi, M.C., Giardina, G., Giménez, G., Reeb, P., Zon, K., Nyeki, J. 2009. Influence of light interception on vegetative and productive development of peaches cv. Elegant Lady. Revista Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo. Tomo XLI, nº1: 155-164
- El-Ansary, D.O., Okamoto, G. 2007. Vine water relations and quality of 'Muscat of Alexandria' table grapes subjected to partial root-zone drying and regulated deficit irrigation. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 76, 13-19.
- Esteban, M.A. 1995. Variaciones en la composición química de las bayas del cv. De vid Tempranillo durante la maduración, producidas por el sistema de conducción y el régimen hídrico. Proyecto Fin de Carrera. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Farmacia.
- Faci, J.M., blanco, O., Medina, E.T., Martínez-COB, A. 2014. Effect of post-veraison regulate of déficit irrigation in production and berry quality of Autumn royal and Crimson table grape cultivars. Agr. Water Manage. 134:73-83.
- Federación Española de Asociaciones de Productores Exportadores de Frutas, Hortalizas, Flores y Plantas vivas. 2015 <http://www.fepex.es/inicio.aspx>
- Fernandes de Oliveira, A., Mameli, M.G., De Pau, L., Satta, D., Nieddu, G. 2013. Deficit irrigation strategies in *Vitis vinifera* L. cv. Cannonau under Mediterranean climate. Part I. Physiological responses, growth, yield and berry composition. Afr. J. Enol. Vitic. 34:170-183.
- Fernandes de Oliveira, A., Nieddu, G. 2013. Deficit irrigation strategies in *Vitis vinifera* L. cv. Cannoau under Mediterranean climate. Part II-Cluster microclimate and anthocyanin accumulation patterns. S. Afr. J. Enol. Vitic. 34:184-195.
- Fernández, E.J., Camacho, F. 2005. Eficiencia en el uso del agua. Revista Extra, 86-89.
- Fernández, M. D. 2006. Eficiencia en el uso del agua en distintos sistemas agrícolas. Tecnoambiente, 160. Año XVI, 131-134.
- Ferrara, G., Mazzeo, A., Matarrese, A.M., Pacucci, C., Pacífico, A., Gambacorta, G., Faccia, M., Trani, A., Gallo, V., Gafagna, I., Matrorilli, P. 2013. Application of abscisic acid (S-ABA) to 'Crimson Seedless' grape berries in a Mediterranean climate: effects on color, chemical characteristics, metabolic profile, and S-ABA concentration. J. Plant Growth Regul. 32:491-505.
- Ferreres, E., Soriano, M.A. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. J. Exp. Bot. 58:147-159.

- Ferreira, R., Selles, G., Burgos, L. 1998. Frutales: Riego deficitario controlado. Instituto de Investigaciones agropecuarias. Centro de investigación regional La Platina. Boletín INIA nº 70. Santiago de Chile. 66p.
- Ferreira, R., Selles, G., Selles I. 2001. Riego deficitario controlado en uva de mesa. Instituto de Investigaciones agropecuarias (INIA). Boletín INIA nº 60. Santiago de Chile. 44p.
- Flora, L.F., Lane, R.P. 1979. Effects of ripeness and harvest date on several physical and compositional factors of Cowart Muscadine grape. Am. J. Enol. Vitic. 30:241-246.
- Fregoni, M. 1983. Caratteristiche della bacca: elementi costituenti e loro evoluzionee nella maturazione, indici de maturità. Vignevine. 10:11-14.
- Galet, P. 1980. A practical ampelography. Grapevine identification. 2nd edition. Cornell University Press. Londres. 248 pp.
- Gallardo, M., Fernández, M. D., Thompson, R., Magán, J. J. 2007. Productividad del agua en cultivos bajo invernadero en la costa mediterránea. Vida Rural nº 259, 48-51.
- García de Luján, A., Benítez, M. 1998. Variedades de uva de mesa en Andalucía. Monografías 20/98. Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía. 247 pp.
- Google maps. 2016. <https://www.google.es/maps/>
- Henao-Dávila, F., Mesias, J., Maynar, J., Miguel, J. 1986. Evolución de los parámetros enológicos ácidos en el curso de la maduración de uvas (*Vitis vinifera* L.), variedades Cayetana, Pardina y Macabeo. La semana vitinícola 2064:693-699.
- Heywood, V. 1985. Las plantas con flores. Ed. Reverté. Barcelona. 332 pp.
- Hidalgo, L. 1999. Tratado de viticultura general. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 1172 pp.
- Hueso, J.J. 2012. Manejo y técnicas de cultivo en uva de mesa apirena. Documentos técnicos nº 6. Fundación Cajamar. 44 pp.
- Hueso, J.J. 2013. La uva de mesa apirena. Departamento de Fruticultura Subtropical Mediterránea. Documentos Técnicos. Fundación Cajamar. 42 pp.
- Hueso, J.J., Alonso, F., Pinillos, V., Cuevas, J. 2012. Cultivo protegido de especies frutales. Cuadernos de estudios agroalimentarias. Fundación Cajamar y Universidad de Almería. ISSN: 2173-7568.139-160. 139-160 pp.
- Huglin, P. 1986. Biologie et ecologie de la vigne. Payot. París.

- Hunter, J., Ruffner, H., Volschenk, C., Le Roux, D. 1995. Partial Defoliation of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. *Enol. Vitic.* 46:3066-313.
- Intrigliolo, D.S., Castel, J.R. 2010. Response of grapevine cv. 'Tempranillo' to timing and amount of irrigation: water relations, vine growth, yield and berry and wine composition. *Irrig. Sci.* 28:113-125.
- Kliewer, W., Lider, L., Schultz, H. 1967. Influence of artificial shading of vineyards on concentration of sugar and organic acid in grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 18:78-56.
- Kliewer, W., Lider, L. 1970. Effects of day temperature and light intensity on growth composition and coloration of *Vitis vinifera* L. fruits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 95:766-769.
- Kliewer, M., Torres, R. 1972. Effect of controlled day and night temperature on grape coloration. *Am. J. Enol. Vitic.* 23:71-77.
- Lainier, M.R., Morris, J.R. 1979. Evaluation of density separation for defining fruit maturities and maturation rates of once-over Harvested Muscadine grapes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104:249-252.
- Lieb, B.G., Caspari, H.W., Redulla, C.A., Anderson, P. Jabro, J.J. 2006. Partial rootzone drying and deficit irrigation of 'Fuji' apples in a semi-arid climate. *Irrig. Sci.* 24: 85-99.
- Lizana, L. 1983. Maduración e índices de cosecha en uva de mesa. *Aconex 5.* 13-16 pp.
- López, J.V. 2015. Importancia de la uva de mesa apirena con estudio de viabilidad para una plantación en Totana. Proyecto Fin de Carrera. Universitat Politècnica de València.
- Martínez, I., Serrano, L. 1991. El portainjerto, esencial para el cultivo de la vid. *Consejería de Agricultura y Cooperación de la Comunidad de Madrid.* Madrid. 83 pp.
- Martínez, A., Romero, P., Fernández, J. 2007. Técnicas de riego deficitario en el cultivo de la vid. *Dossier, nº 244.*
- Martínez de Toda, F. 1991. *Biología de la vid. Fundamentos biológicos de la viticultura.* Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 346 pp.
- Mattew, M.A., Anderson, M. 1988. Fruit ripening in *Vitis vinifera* L. responses to seasonal water deficits. *A. J. Enol. Vitic.* 39:313-320.
- Maujean, A., Brun, O., Veselle, G., Bureau, G., Boucher, J.M., Cousin, M., Feuillat, M. 1983. Étudie de la maturation de cépages champeonis. *Modeles de prevision de la date ded vendage.* *Vitis.* 22:137-150.

- Mazza, G., Misiati, E. 1993. Anthocyanins in fruits, vegetables and grains. CRC Press, Inc, boca Raton, USA, 1-28:149-199.
- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. 2016. <http://www.mapama.gob.es/es/>
- Morandi, B., Losciale, P., Manfrini, L. Zibordi, M., Anconelli, S., Galli, F., Pierpaoli, E., Grappadelli, L.C. 2014. Increasing wáter stress negatively affects pear fruit growth by reducing first its xylem and then its phloem inflow. J. Plant Physiol. 171:1500-1509.
- Morata, J. 2004. Optimización del cultivo bajo plástico de la variedad de uva de mesa apirena 'Flame Seedless'. Seguimiento estacional de la temperatura de hoja, conductancia estomática y fotosíntesis. Proyecto Fin de Carrera. Universidad de Almería. 98 pp.
- Mori, K., sugaya, S., Gemma, H. 2005. Decreased anthocyanin biosynthesis in grape berries grown under elevated night temperature condition. Sci. Hort. 105:319-330.
- Morrinson, J.C. 1988. The effects of shading on the composition of Cabernet Sauvignon grape berries. In: Proceedings of the 2nd International Symposium for Cool Climate Viticulture and Oenology, Smart, R., Thornton, R., Rodriguez, B., Young, E. Eds. Auckland, N.Z. 144-146.
- Muñoz, I., Lobato, A. 2000. Principales cultivares. En: Valenzuela J. Ed. uva de mesa en Chile. Gobierno de Chile. Ministerio de Agricultura. Instituto de Investigaciones Agropecuaria. Chile. 91-101.
- Navarro, J.L. 2003. Mejora de la precocidad de uvas apirenas tempranas mediante su cultivo forzado: respuesta productiva de 'Sugraone' y 'Red Globe'. Proyecto Fin de Carrera. Universidad de Almería. 120 pp.
- Ojeda, H., Andary, C., Kraeva, E., Carbonneau, A., Deloire, A. 2002. Influence of pre-postveraison water déficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz. Am. J. Enol. Vitic. 53:261-267.
- Organización Internacional de la Viña y el Vino. 2015. <http://www.oiv.int/es/>
- Peacock, W., Dokoozlian, N., Peacock, R., Allen, B. 1997. Irrigation and canopy management strategies for 'Crimson Seedless'. Pub IG. 10-97. Tulare County. Cooperative Extension, University of California.
- Peppi, M.C., Fidelibus, M., Dokoozlian, N. 2006. Absciscic acid application timing and concentration affect firmness, pigmentation and color of 'Flame Seedless' grapes. Hort. Science. 41:1440-1445.

- Philip, T., Kuykenda, J. 1973. Changes in titratable acidity, Brix, pH, potassium content, malate and titratable during berry development of 'Thompson Seedless' grapes. *J. Food. Sci.* 38:874-876.
- Pinillos, V., Chiamolera, F., Ortíz, J. Hueso, J.J., Cuevas, J. 2016. Mejora del color en uva de mesa 'Crimson Seedless' mediante estrategias de riego deficitario controlado. *Revista de Fruticultura* nº 51.
- Poni, S., Lakso, A., Turner, J., Melious, R. 1993. Interactions of crop level and late seasons water stress on growth and physiology of field-grown concord grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 45:252-258.
- Red Información Agroclimática. Estaciones agroclimáticas.
<https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/ria/servlet/FrontController>
- Reynier, A. 2002. Manual de viticulture. 6ª Edición. Ed. Mundi-Prensa. Barcelona. 497 pp.
- Reynolds A., Pool, R., Mattick, L. 1985. Influence of cluster exposure on fruit composition and wine quality of seyval blanc grapes. *Vitis.* 25:85-95.
- Ribéreau-Gayon, J. 1972. Evolution des composés phénoliques au cours de la maturation du raisin. II. Discussion des resultants obtenus en 1969, 1970 et 1971. *Conn. Vigne Vin.* 6:161-175.
- Ribéreau-Gayon, J., Dubourdien, D., Donèche, B., Lonvaud, A. 2000. The chemistry of wine and stabilization and treatments. 1ª Ed. Handbook of Enology. Vol 2, John Wiley y Sons, West Sussex, England.
- Roby, G., Harbertson, J.F., Adams, D., Matthews, M.A. 2004. Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: Anthocyanins and tannins. *Aust. J. Grape and Wine Research.* 10:100-107.
- Romero, P., Gil-Muñoz, R. Del Amor, F.M., Valdés, E., Fernández, J.I., Martínez-Cutillas, A. 2013. Regulated deficit irrigation based upon optimum water status improves phenolic composition on Monastrell grapes and wine. *Agr. Water Manage.* 121: 85-121.
- Rubio, J.M. 2011. Transformación de secano a regadío de una finca de 12 ha. en el T.M. de Dalías (Almería), con sistema de autoabastecimiento eléctrico mediante paneles solares fotovoltaicos para el cultivo de la vid de mesa. Proyecto Fin de Carrera. Universidad de Almería.
- Salisbury, B., Ross, C. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Edit. Eberoamérica S.A. México. 759 pp.

- Sánchez, J. 2013. Tendencias innovadoras de la uva de mesa en la región de Murcia. Trabajo Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería agronómica de Cartagena. 458pp.
- Santesteban, L.G., Miranda, C. Royo, J.B. 2011. Regulated deficit irrigation effects on growth, yield, grape quality and individual anthocyanin composition in *Vitis vinifera* L. cv. 'Tempranillo'. *Agr. Water Manag.* 98:1171-1179.
- Shinozaki, K y Yamaguchi-Shinozaki, K. 2007. Gene networks involved in drought stress response and tolerance. *J. Exp. Bot.* 58, 221-227.
- Smart, R., Robinson, M. 1991. Winegrape Canopies and their importance. *Winetitles. Sunlight into wine. A Handbook for winegrape canopy management.* Ministry of Agriculture and Fisheries. New Zealand.
- Spayd, S., Taraza, J.M., Mee, D. Ferguson, J.C. 2002. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. *Am. J. Enol. Vitic.* 53:171-182.
- United States Department of Agriculture, 2015. <https://www.usda.gov/>
- Usero, A. 2007. Caracterización del ciclo anual de cv. De uva de mesa 'Flame Seedless' (*Vitis vinifera*, L.) en invernadero. Proyecto Fin de Carrera. Universidad de Almería. 96 pp.
- Van Buren, I. 1970. Fruit phenolics. In: the biochemistry of fruits and their products. Ed. Hulme, A.C., Academic Press, London, New York.
- Vidaud, J. Charmont, S., Wagner, R. 1993. Le raisin de table. Centre Technique interprofessionnel des fruits et legumes. Ed. Lavoisier Tec & Doc. París. 264 pp.
- Villen, J., Vázquez, A.M., Salinas, M., Varón, R., Mareca, I. 1985. Contribución al estudio de la evolución de las características de la uva Airén en La Mancha durante su maduración. *Sem. Vitic.* 2052-2053, 4917-4926.
- Winkler, A., Cook, J.A., Kliewer, W., Lider, L. 1974. General viticulture. University of California. Press. California. USA. 709 pp.
- Winkler, A. 1980. Desarrollo y composición de frutas en viticultura. CECSA. México. 163-202 pp.
- Yamane, T., Jeong, S.T., Goto-Yamamoto, N., Koshita, Y., Kobayashi, S. 2006. Effects of temperature on anthocyanin biosynthesis in grape berry skins. *Am. J. Enol. Vitic.* 57:54-59.
- Zhang, Z., Pang, X., Xuwu, D., Jiang, Z.J. 2005. Role of peroxidase in anthocyanin degradation in litchi fruit pericarp. *Food Chemistry* 90:47-52.

