



Universidad
Politécnica
de Cartagena



**Máster Universitario en
Técnicas Avanzadas en Investigación y
Desarrollo Agrario y Alimentario**

**Riego Deficitario y Atmósfera Controlada
para Mantener Compuestos Bioactivos en
Melocotón**

Alumno: Juan Gabriel Ramírez Guillén

Director: Prof.Dr.Francisco Artés Calero

Cartagena, Julio de 2012



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

AUTORIZACIÓN DE LA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

Dr. Francisco Artés Calero

EN CALIDAD DE DIRECTOR INFORMA:

Que el trabajo titulado “Riego Deficitario y Atmósfera Controlada para Mantener Compuestos Bioactivos en Melocotón”, ha sido realizado por D. Juan Gabriel Ramírez Guillén, bajo la dirección y supervisión de Dr. Francisco Artés Calero y que se autoriza al alumno a la defensa del mismo.

En Cartagena, a 27 de Julio de 2012

Fdo.: _____

1. Resumen y Abstract

Riego Deficitario y Atmósfera Controlada para Mantener Compuestos Bioactivos en Melocotón

Palabras Claves:

Prunus pérsica, fenoles totales, capacidad antioxidante, vitamina C.

RESUMEN

La escasez de recursos hídricos obliga a recurrir en estrategias de riego deficitario controlado (RDC) para la optimización en el uso del agua, manteniendo la calidad y rendimiento de los alimentos obtenidos. Se estudió el efecto en la aplicación de dos diferentes estrategias de RDC (RD1 y RD2) sobre los cambios en fenoles totales (FT), capacidad antioxidante total (CAT) y vitamina C en melocotones "Flordastar". Los resultados se compararon con un Control regado al 120% de evapotranspiración del cultivo. Después de la cosecha, los frutos fueron almacenados durante 14 días a 1 °C y 95% HR en aire o en atmósfera controlada (AC, 3-4% O₂ y 12-14% CO₂), seguido de 3 días a 15 °C en aire simulando un periodo de comercialización y venta al detalle. Inicialmente la vitamina C (ácido ascórbico + ácido dehidroascórbico; AA + ADH), en frutos control mostró un mayor contenido de AA que ADH (5,44 vs. 1,13/100 g PF, respectivamente), mientras que los frutos sometidos a un estrés hídrico presentaron una situación contraria (1,87 g AA/100 g PF vs. 2,44 g ADH/100 g PF para RD1 y 3,97 g AA/100 g PF vs. 4,05 g DHA/100 g PF para RD2). En cuanto al contenido de FT, fue inicialmente alto (56 mg AGE/100 g PF) en el Control, y más estable a lo largo de la vida poscosecha en ambos RDC, donde los FT se incrementaron de 35-40 mg AGE/100 g PF (inicial) a 44-46 mg AGE/100 g PF después de 14 días en almacenamiento refrigerado. Melocotones con RDC almacenados en aire alcanzaron niveles más altos en el contenido de FT que los almacenados en AC. No se encontraron diferencias significativas en la CAT en los tratamientos con RDC. Frutos almacenados en aire presentaron una tendencia creciente en todo el experimento en su CAT, mientras que los frutos en AC presentaron una fase inicial de crecimiento y una posterior estabilización. Se presentó en todos los tratamientos un decrecimiento general en el contenido total de vitamina C durante el almacenamiento y vida útil. Como conclusión principal el RDC permite un ahorro importante del agua utilizada para riego, manteniendo melocotones con buena calidad nutricional.

Deficit Irrigation and Controlled Atmosphere for Keeping Bioactive Compounds in Peaches

Keywords:

Prunus persica phenolic contents, antioxidant capacity, vitamin C.

ABSTRACT

Water scarcity necessitates recourse to deficit irrigation strategies (DI) for optimizing its use while keeping quality of the obtained products. The effect of DI applied in two different strategies (RD1 and RD2) on changes of total phenolic contents, antioxidant capacity and vitamin C of “Flordastar” peaches was studied. Results were compared to a Control watered at 120% evapotranspiration. After harvest, fruits were stored up to 14 days at 1°C and 95% RH in air or in controlled atmosphere (CA; 3-4 kPa O₂ and 12-14 kPa CO₂), followed by 3 days at 15°C in air (as a retail sale period). The vitamin C (ascorbic + dehydroascorbic acids; AA + DHA), initially Control fruits showed higher AA than DHA content (5.44 vs. 1.13mg/100 g fw, respectively), while water stressed peaches showed the opposite situation (1.87 g AA/100 g fw vs. 2.44 g DHA/100 g fw for RD1 and 3.97 g AA/100 g fw vs. 4.05 g DHA/100 g fw for RD2). Concerning total phenolics content was initially higher (56 mg GAE/100 g fw) in Control, and more stable throughout postharvest life in both RD peaches in which total phenolics increased from 35-40 mg GAE/100 g fw (initial) to 44-46 mg GAE/100 g fw after 14 days of cold storage. Both air-stored RD peaches reached higher levels of total phenolics content than those CA-stored. No significant differences were found in antioxidant capacity among irrigation treatments. Air-fruits showed a growing trend throughout the experiment, while CA-fruits showed an initial growing phase and then stabilized. A general decrease in vitamin C content throughout cold storage and shelf life for all treatments was found. As main conclusion, DI allowed an important water saving and provided peaches with good nutritional quality.

Índice

1. Resumen y Abstract	2
2. Introducción.	5
2.1. Situación Actual del Melocotonero en España.	5
2.1.1. Producción.	5
2.1.2. Comercialización.	7
2.1.3. Consumo.	8
2.2. Agronomía del Cultivo.	9
2.2.1. Origen.	9
2.2.2. Raíces.	9
2.2.3. Hojas.	10
2.2.4. Flores.	11
2.2.5. Apariencia y Composición del Fruto.	11
2.2.6. Fases de Crecimiento del Fruto.	12
2.2.7. Descripción de la Variedad “Flordastar”.	13
2.3. Labores Culturales en el Melocotonero.	14
2.4. Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha.	15
2.5. Riego Deficitario Controlado.	15
2.6. Variaciones del Diámetro del Tronco.	18
2.7. Efectos del Riego Deficitario Controlado sobre la Calidad del Fruto.	19
2.8. Alimentos Funcionales.	20
3. Objetivos.	21
4. Materiales y Métodos.	21
4.1. Diseño Experimental.	21
4.3. Análisis y Determinaciones.	24
4.4. Análisis Estadístico.	30
5. Resultados y Discusión.	30
5.1. Ácido Ascórbico, Ácido Dehidroascórbico y Contenido Total de Vitamina C.	30
5.2. Capacidad Antioxidante Total.	34
5.3. Fenoles Totales.	39
6. Conclusiones.	43
7. Referencias Bibliográficas.	45
8. Anexos.	51

2. Introducción.

2.1. Situación Actual del Melocotonero en España.

2.1.1. Producción.

En el ámbito de la Unión Europea, España es el segundo país productor de melocotón después de Italia, y va seguido por Grecia y Francia (Figura 1). Italia lideró la producción de la Unión Europea con más del 40% de la producción para el 2010, mientras que España ocupó el tercer lugar a nivel mundial por encima de Estados Unidos.

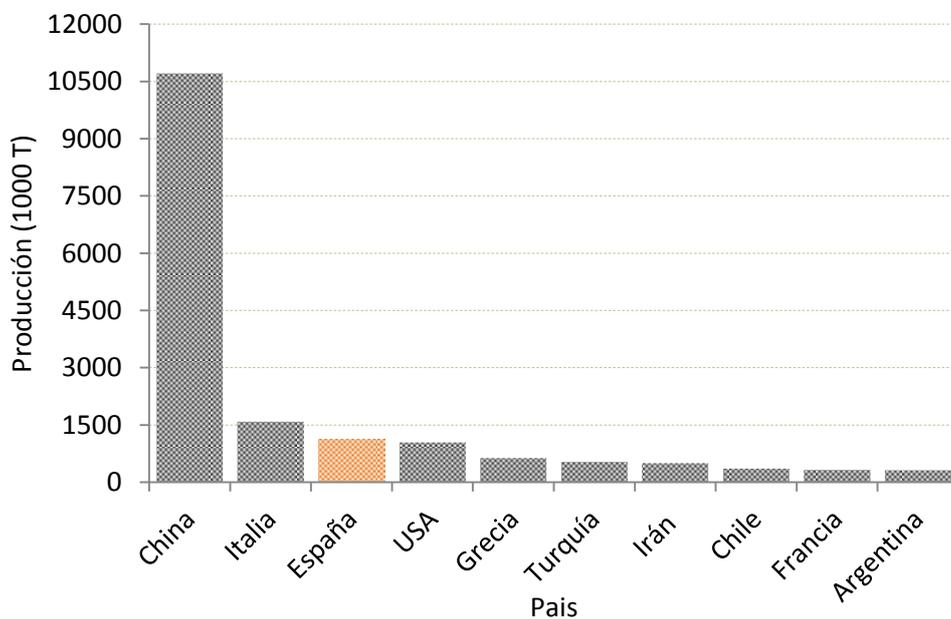


Figura 1. Producción mundial de melocotón y nectarinas para el año 2010 en miles de toneladas (FAOSTAT, 2010)

En España la producción de melocotón en 2010 fue alrededor del millón de toneladas, lo que convierte a esta especie en la fruta de hueso de mayor importancia en el sector hortofrutícola español (Figura 2).

La mejora tecnológica y la innovación varietal han propiciado un incremento progresivo y mayor de las producciones que de las superficies durante los últimos quince años, que han permitido un notable incremento y diversificación de la oferta.

Los objetivos de los programas de mejora genética han sido muy diversos y complementarios, tanto desde el punto de vista del comportamiento agronómico

como de las características del fruto. La mayor innovación se ha dado en la mejora de la presentación de los frutos, en especial, en lo referido a la coloración, calibre, forma y aptitud a la manipulación. Las características cualitativas/ gustativas han constituido otro objetivo importante, disponiendo en la actualidad de variedades dulces, semidulces, equilibradas, ácidas y muy ácidas, siendo las dos primeras las de mayor aceptación por los consumidores europeos (Iglesias, 2012).

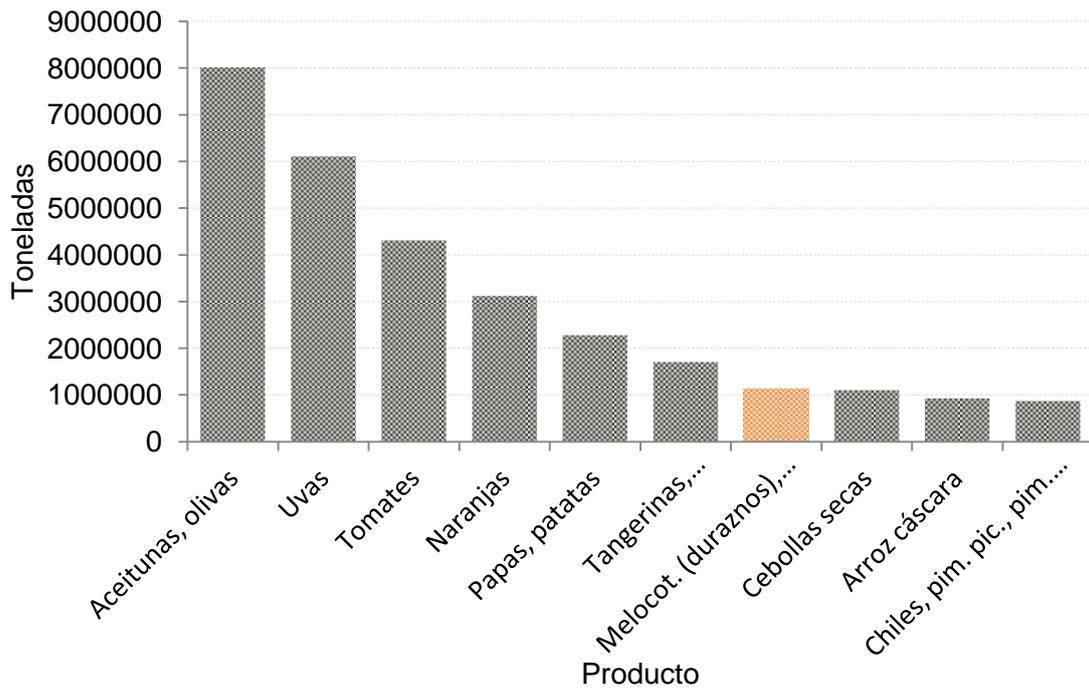


Figura 2. Producción anual de los principales productos hortofrutícolas en España (FAOSTAT, 2010)

El cultivo del melocotón en España se localiza principalmente en las regiones del Arco Mediterráneo, siendo Aragón, Murcia y Cataluña las más importantes, abarcando en conjunto el 74% de la producción nacional (Figura 3).

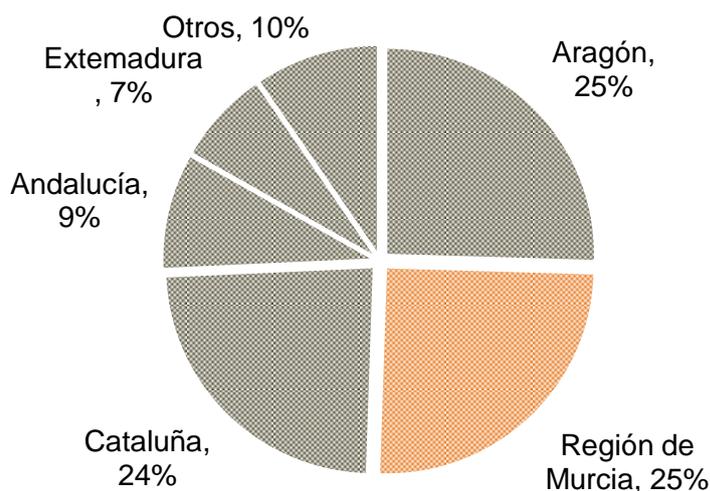


Figura 3. Distribución porcentual de la producción de melocotonero por comunidad autónoma (FAOSTAT, 2010)

2.1.2. Comercialización.

Uno de los aspectos que caracterizan el subsector del melocotón en España es su creciente competitividad en los mercados internacionales, principalmente del centro, norte y este de Europa.

Ello es debido a su capacidad para ofrecer un producto de elevada calidad y colocarlo en los mercados de destino a precios inferiores (por los menores costes de producción) a los de otros países competidores como Italia o Francia. Desde 1999 hasta 2009 las exportaciones tanto intra como extracomunitarias pasaron de 185.000 a 574.400 t, lo que supuso un incremento anual de más del 30%, convirtiendo a España en el primer exportador de Europa desde el año 2006. En 2010 dicha cantidad descendió a 530.000 t por una menor producción.

La cantidad media anual de melocotón exportado (incluidos los paraguayos) en el período 2004-2009 alcanzó las 215.000 t, donde Francia, Alemania e Italia fueron los principales importadores (Figura 4). También es destacable el fuerte incremento experimentado en 2010 por Rusia, Bélgica (para ser reexportado) y Argelia, así como el retroceso de Italia por las menores producciones (Casals, 2010).

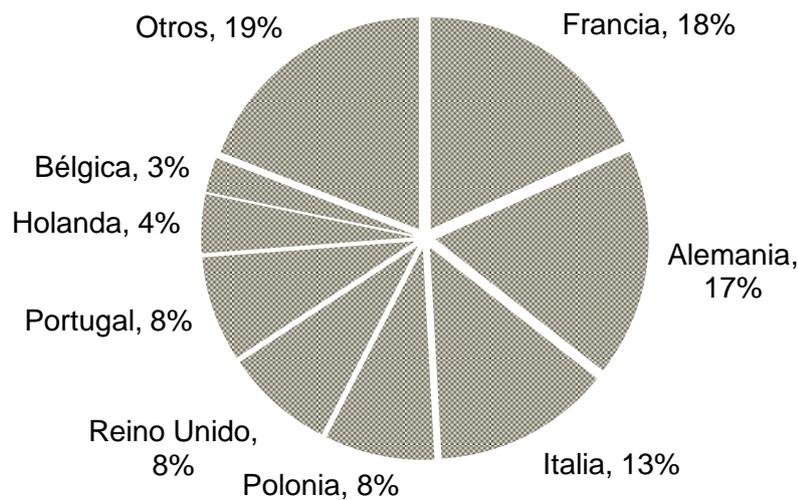


Figura 4. Distribución de las exportaciones Españolas de melocotón por país (Magrama, 2009).

2.1.3. Consumo.

El consumo de melocotón en España ha disminuido, y en los últimos años se ha estancado en 4 kg/habitante/año, muy inferior al de Grecia (23), Italia (21) o Francia (6). Este bajo consumo ha sido debido en muchos casos a una recolección demasiado anticipada, que conlleva a ofertar frutos con falta de sabor y excesiva firmeza, a la calidad irregular de la oferta y a la falta de identificación del producto según tipología de fruto (dulce-ácido).

Los hogares españoles realizan sus compras de melocotón y nectarina en un 40% de las ocasiones en tiendas tradicionales y en un 28% en supermercados e hipermercados. Por tanto, son las tiendas de proximidad y de pequeña o mediana superficie las más importantes para la venta de este tipo de fruta (Konopacka et. al, 2010) donde, particularmente, el control de la temperatura de almacenamiento es mínima o prácticamente nula.

2.2. Agronomía del Cultivo.

El melocotonero (*Prunus persica* L. Batsch) es un frutal de zonas templadas; su cultivo se da entre 30 y 45 ° latitud Norte y Sur. Las limitaciones climáticas son sobre todo las temperaturas extremas en zonas frías y las heladas primaverales. También tiene unas exigencias mínimas en frío invernal para floración y cuajado del fruto (Badenas, 1998).

2.2.1. Origen.

El melocotonero es originario de China, donde las referencias de su cultivo se remontan a 3000 años. Los romanos lo llevaron a Persia (actual Irán) a través de las rutas comerciales, llegando a ser conocido allí como fruta pérsica, de ahí el nombre *persica*, en alusión a su supuesto origen.

Hacia el año 330 a.C. llegaron a Grecia y, durante la Edad Media, su cultivo se extendió por toda Europa. En el Siglo XIX se constata que el melocotonero aparece ya como cultivo en expansión. A principios del Siglo XX se empiezan a seleccionar genotipos de melocotoneros a partir de poblaciones procedentes de semilla y se fijan por medio de injerto (Badenas, 2000).

EL melocotonero pertenece a la familia de las Rosáceas y, dentro de ellas y según la clasificación más comúnmente aceptada, al género *Prunus* y a la especie *persica*. El nombre científico completo es *Prunus persica* (L.) Batsch. Las variedades más comunes del cultivo para el consumo incluyen: vulgaris: melocotonero común, *laevis*: nectarina, y *platycarpa*: paraguayo). Tanto las nectarinas como los paraguayos derivan por mutación de los melocotoneros comunes, y los únicos caracteres diferenciales son la ausencia de tomentosidad en la piel del fruto, en el primer caso, y la forma aplastada del fruto, en el segundo (Layne and Bassi, 2008).

2.2.2. Raíces.

El sistema radical es inicialmente profundo y con una raíz central o pivotante muy larga, luego se torna muy ramificado y superficial, tienen un típico color anaranjado, con lenticelas muy evidentes.

Existe un marcado antagonismo entre los sistemas radiculares de las plantas próximas, que induce a las raíces de cada planta a no invadir el terreno adyacente, fenómeno causado por principios alelopáticos propios de la especie. La zona explorada por las raíces ocupa una superficie mayor que la zona de proyección de la copa, se considera como el doble de la copa (Baíza, 2004).

2.2.3. Hojas.

En cuanto a la parte aérea, se trata de un árbol caducifolio de porte pequeño, que puede alcanzar los 6-8 metros de altura, es una especie basítona, es decir, un ramo vertical dejado vegetar libremente produce brotes más vigorosos en la base, y progresivamente, menos vigoroso hacia el ápice.

Las hojas del melocotonero (Figura 5), aunque varían un poco de una variedad a otra, suelen ser simples y de forma lanceolada, de color verde brillante, con una punta bastante fina y alargada y el margen finamente aserrado. El tamaño de las mismas varía, según variedades, entre 7 y 15 cm de longitud.



Figura 5. Hoja de melocotonero (Departamento de Biología de Organismos y Sistemas, Universidad de Oviedo)

En el melocotonero, se desarrollan nuevos brotes y hojas como continuación de la antesis, dos estipulas laterales temporales se encuentran en la base del peciolo, las cuales caen cuando la hoja está completamente desarrollada (Layne and Bassi, 2008).

2.2.4. Flores.

Son de color rosa a roja (según variedad) y de 2 a 3,5 cm de diámetro. Cada yema floral produce una flor axial, completa y hermafrodita, el cáliz es gamosépalo, caduco, la corola está compuesta por cinco pétalos dispuestos alternadamente con sépalos (Figura 6). Tienen de 25 a 30 estambres, insertos en el borde del receptáculo, que nacen en el fondo de la copa, por lo cual el ovario fecundado forma una drupa sípera monosperma (Layne and Bassi, 2008)

La fecundación tiene lugar de 24 a 48 horas después de la polinización. Esta característica permite la plantación en grandes lotes de variedades autofértiles, sin necesidad de otras variedades para la polinización. Algunas variedades no poseen polen viable y no son autofértiles, por lo que necesitan plantarse junto a otras de polen viable para permitir la polinización (Baíza, 2004).



Figura 6. Flor de Melocotonero.

2.2.5. Apariencia y Composición del Fruto.

La fruta del melocotón es una drupa (Figura 7). En la gran mayoría de cultivares comerciales los frutos son redondos (globosos) o alargados (ovalados o más o menos oblongos) y posee una epidermis delgada, un mesocarpio carnoso y un endocarpio o hueso que contiene la semilla. La aparición de huesos partidos es un carácter varietal (Layne and Bassi, 2008).

Existen dos grupos de melocotones de acuerdo a la pubescencia de la piel o la adherencia de la semilla a la pulpa.

Generalmente las variedades con fruto de carne blanda, con pulpa sin adherencia al endocarpio, se utilizan para el consumo en fresco, debido a su poca resistencia a la manipulación. Las de carne dura, con pulpa fuertemente adherida al hueso, se destinan también para el consumo en fresco pero tienen un alto potencial para la industria derivada.

En el Anexo 1 se presenta la composición nutricional estándar de la fruta, donde destaca un contenido de agua del 88,87%, 9,54 g de carbohidratos, 8,39 mg de azúcares totales y 190 mg de potasio, por 100 g de producto fresco.



Figura 7. Fruta de melocotón (*Prunus pérsica* L. Batsch)

2.2.6. Fases de Crecimiento del Fruto.

Los melocotones poseen un patrón de crecimiento que se describe como de dos curvas sigmoideas sucesivas (Azcón-Bieto, 2008). Este tipo de patrón se caracteriza por dos etapas de rápido crecimiento separadas por una fase intermedia en la cual el crecimiento del fruto es muy escaso.

Durante la primera etapa de rápido crecimiento (fase I o etapa de crecimiento exponencial), el ovario y su contenido crecen de forma más que proporcional, salvo el embrión y el endospermo, principalmente como resultado de la división celular. Este período, inmediatamente posterior a la floración, es crítico para el tamaño final del fruto. Cualquier estrés ambiental (calor, frío, deficiencias hídricas o de nutrientes) tiende a acortar esta fase y a afectar el tamaño final del fruto. La segunda etapa (fase II), se caracteriza por el crecimiento del embrión y el endospermo, la esclerificación (“endurecimiento”) del endocarpio, y un escaso crecimiento de la pared del ovario. En esta etapa, el fruto incrementa su tamaño lentamente, pero el embrión crece rápidamente dentro del hueso (carozo) en vías de

esclerificación. En la tercera etapa (fase III) tiene lugar un crecimiento rápido del mesocarpo que promueve un rápido incremento en el tamaño y peso del fruto (como muestra la Figura 8). Sigue una cuarta etapa (fase IV) final, en la que se produce la maduración del fruto (Colaboradores de Wikipedia, 2012).

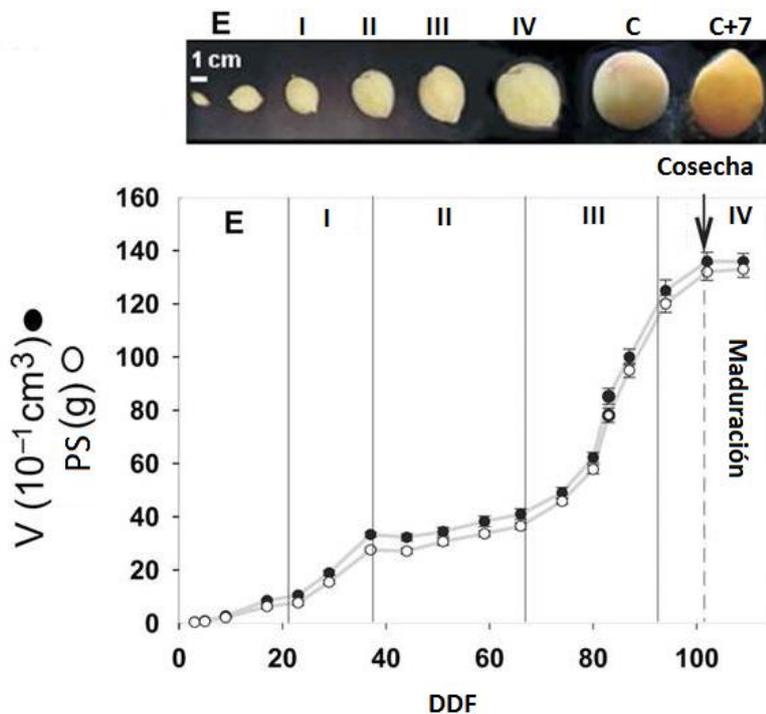


Figura 8. Curva de crecimiento del melocotón. Volumen (V) y Peso Fresco (PS). Variaciones de fruta recolectada, (E) desarrollo de la fruta, Etapas de crecimiento I, II, III y IV, Fruta en el momento de cosecha (C) 102 ddf y fruta madurada durante 7 días a 20 °C (Lombardo et. al, 2011)

2.2.7. Descripción de la Variedad “Flordastar”.

Esta variedad de melocotonero fue desarrollada por la Universidad de Florida, en Gainesville, Estados Unidos, en 1978, y es un cruce entre Flordagold x EarliGrande (Universidad de Florida, 1989). Tiene un porte semi-erecto, es vigorosa, con flores rosáceas y elevada intensidad de floración entre la última semana de enero y la primera de febrero, que fructifica principalmente en ramos mixtos. La época de maduración es aproximadamente la segunda semana de mayo (Figura 9).

Tiene una productividad alta, y el fruto es redondo, con color rojo intenso en el 70-80% del fruto sobre fondo amarillo anaranjado, con firmeza media, predominando

los calibres A-B. Tiene sabor agradable, pubescencia corta, es atractivo y de buena calidad.

De las variedades precoces, es la de menos exigencia en horas frío y se adapta muy bien a zonas cálidas libres de riesgos de heladas (Badenes, 1999).



Figura 9. Variedad de melocotón Flordastar (*Prunus persica* L. Batsch).

2.3. Labores Culturales en el Melocotonero.

Bajo condiciones óptimas de cultivo, un árbol frutal posee un número de frutos tan elevado que ven seriamente restringidas sus posibilidades de hacer compatible un tamaño comercialmente aceptable, ya que existe una dependencia del tamaño final del fruto respecto del número total de frutos por árbol. Alterar la competencia entre ellos para su propio beneficio, esto es, reducir el número de los que inician el desarrollo, resulta, por tanto, esencial para aumentar su tamaño y anticipar su maduración. Por ello, el aclareo manual se ha generalizado como práctica de cultivo, pero su costo está alcanzando niveles casi prohibitivos (Agustí et al., 2001).

La poda es otra práctica que se realiza con el fin de regular la actividad vegetativa y la fructificación para conseguir el máximo rendimiento económico. Puede ser poda de formación, fructificación y verde.

2.4. Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha.

La temperatura óptima de almacenamiento varía entre -1 y 0°C , la humedad relativa óptima debe estar entre 90-95%, se recomienda una velocidad de aire de aproximadamente $1,41\text{ m}^3/\text{min}$ durante el almacenamiento (Crisosto, 2012).

El melocotón posee una tasa de respiración de 2-3, 8-12 y 32-55 mL/kg·h a 0, 10 y 20°C , respectivamente y una tasa de generación de etileno de 0,01-5, 0,02-10, 0,05-50 y 0,1-60 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4/\text{kg}\cdot\text{h}$ a 0, 5, 10 y 20°C respectivamente. Se consideran "listas para comer" las frutas que tengan una firmeza de pulpa de 2-3 libras de presión. Las que tengan menos de 6-8 libras de presión, medidas en la zona lateral del fruto, son más aceptables para el consumidor (Crisosto, 2012)

2.5. Riego Deficitario Controlado.

El agua es un recurso cada vez más escaso en todo el mundo y, especialmente, en los países mediterráneos. Su uso eficiente y responsable en la agricultura es imprescindible para asegurar el buen estado de ríos, acuíferos y humedales, más aún cuando en el futuro se prevé una menor disponibilidad de recursos hídricos y una distribución irregular en el tiempo, por efectos del cambio climático, y un aumento de la demanda de agua por parte de otros sectores. Evitar la aplicación excesiva de agua es también un paso necesario en la reducción de la contaminación de las capas de agua con excesos de nutrientes, nitratos y pesticidas (Stefanelli et. al, 2010).

En el mapa de aridez de España (Anexo II) se observa que gran parte de toda la mitad sur, está dentro de las categorías de tierras áridas, semiáridas y subhúmedas secas y, por tanto, estas áreas son susceptibles de la desertificación.

La Cuenca del Segura en España, tiene problemas muy importantes de escasez de agua y sobreexplotación de acuíferos. La precipitación media anual alcanza apenas los 300 mm en la Región de Murcia (Figura 10) y con una muy fuerte variación espacio-temporal. La evapotranspiración de referencia media alcanza los 700 mm al año. Al déficit estructural de agua se añade la presión del desarrollo turístico y residencial y la competencia por otros usos (Industria y Servicios), por lo que son necesarias nuevas estrategias que permitan reducir los consumos de agua y limitar

los efectos adversos en el medioambiente. Entre ellas cabe destacar las orientadas a disminuir los aportes de agua con mínimo impacto en la producción a través de las estrategias de riego deficitario controlado (RDC). Otras incluyen la mejora de los sistemas de aplicación de agua, a través de la programación del riego (Abrisqueta, 2011), donde también está implicado una reducción en los costes de producción.

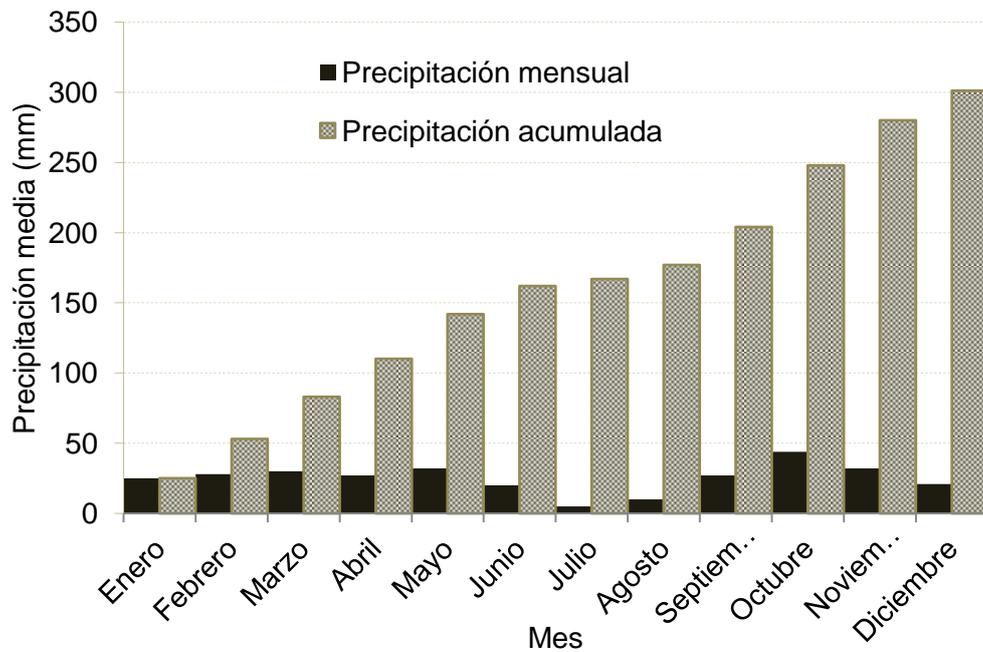


Figura 10. Historial de precipitación media mensual y acumulada, periodo 1971-2000 Murcia, España (Fuente: AEMET).

Los procedimientos de programación de riego se basan en estimaciones de la evapotranspiración de los cultivos (ET_c), en medidas del estado hídrico de las plantas o en medidas de la humedad del suelo. Entre estos últimos destacan los que miden la tensión de agua, usados para el manejo de riego de alta frecuencia o las técnicas electromagnéticas, que permiten una medida rápida, no destructiva y fácilmente automatizable.

El conocimiento de las etapas de máxima sensibilidad a la falta de agua del cultivo puede permitir poner en marcha estrategias de RDC, empleando el agua disponible en las etapas de máxima sensibilidad al estrés hídrico del cultivo, se puede lograr obtener cosechas en cantidad y calidad suficiente para cubrir los objetivos productivos, sin poner en peligro la viabilidad de la explotación agrícola (WWF, España).

La determinación de las necesidades hídricas requiere el conocimiento exacto de los distintos componentes del balance de agua en el suelo, que se fundamenta en que el proceso de evapotranspiración se produce a expensas del agua almacenada en la zona radical, la cual proviene del riego o las precipitaciones, descontada la que se pierde por escorrentía o drenaje.

Las plantas están continuamente absorbiendo agua por la raíz y perdiéndola por las hojas. La planta solamente absorbe agua si su potencial hídrico tiene un valor mayor que el del suelo (cuando sea más negativo), cuando el potencial hídrico interno se iguala con el externo, ya no se absorbe agua y la planta se deshidrata. (Abrisqueta, 2011).

En relación a la mejora de la eficiencia de la programación de los riegos, hay que destacar que el conocimiento de la fenología del cultivo es de suma importancia, desde el punto de vista del manejo del cultivo, tanto del ajuste de sus necesidades de agua, fertilizantes y otros agroquímicos, como de los periodos críticos del déficit del riego (Torrecillas, et al., 2000), que en el caso de los frutales y en concreto las frutas de hueso, coincide con la fase III de rápido crecimiento del fruto (Abrisqueta, 2011) y el periodo después de la cosecha, en el que un estrés hídrico afecta la inducción de brotes y/o el proceso de diferenciación floral, lo que conlleva a un menor potencial de germinación en la siguiente campaña (Conejero et. al, 2011).

De hecho el RDC surge de los experimentos realizados por el equipo del Prof. David J. Chalmers en Australia (1973-1978), sobre la fisiología de melocotoneros con relación al riego y al estrés hídrico. En dichos trabajos identificaron un período del crecimiento del fruto del melocotón (período de crecimiento lento que coincide con el endurecimiento del hueso), en el que es bastante independiente del potencial fotosintético del árbol y además poco sensible al déficit hídrico. Sin embargo, el crecimiento de los brotes vegetativos resultó ser muy sensible a la falta de agua durante todo el período de crecimiento del fruto (Mellisho, 2011).

Está ampliamente demostrado que los factores agronómicos, entre los que se incluye el riego, influyen notablemente en la cantidad y la calidad de la producción de los árboles frutales. Mediante el manejo del riego se puede conseguir un control del crecimiento vegetativo y reproductivo de la planta. Se ha visto que el RDC produce un ahorro de agua de riego, un aumento de la eficiencia en el uso del agua

y una reducción del vigor vegetativo de los árboles frutales de forma que los rendimientos y calidad de la fruta se mantienen (Fererres y Soriano, 2007, Pérez-Pastor et. al, 2007).

Las investigaciones afirman que la consistencia de los beneficios de esta tecnología dependerá del entendimiento de las condiciones climáticas locales, profundidad y tipo de suelo, identificación de los estados de crecimiento del fruto y la carga productiva.

2.6. Variaciones del Diámetro del Tronco.

Las variaciones estacionales del diámetro del tronco dependen principalmente del crecimiento. Sin embargo, a escala diaria también tienen lugar ciclos de contracción y expansión del diámetro del tronco, resultado del desequilibrio entre transpiración y absorción de agua durante el día. Los aumentos de diámetro durante la noche y en días nublados son debidos a una mayor proporción en la absorción de agua, permitiéndose una redistribución interna de la misma en los distintos tejidos vegetales. Dado que el xilema es prácticamente inelástico, los cambios en el diámetro de los troncos parecen deberse a cambios en el estado hídrico del floema.

Las variaciones diarias de los tejidos se encuentran directamente relacionadas con variables climáticas y con la disponibilidad de agua que determina el estado hídrico de la planta. Por esta razón, ha suscitado un gran interés la utilización de este indicador, tanto para evaluar el comportamiento hídrico de la planta como para gestionar el agua de riego de una forma más precisa y establecer la técnica de RDC (Nortes, 2008).

La máxima contracción diaria (MCD), viene dada por la diferencia entre el máximo diámetro que se produce cuando el órgano se encuentra más hidratado (normalmente a primera hora de la mañana, tras la absorción radicular nocturna) y el mínimo diámetro del órgano que generalmente se da una vez transcurrida la transpiración máxima (a primera hora de la tarde). La diferencia entre dos diámetros máximos diarios consecutivos determina el crecimiento diario del órgano, y la suma de éste proporciona el crecimiento acumulado (Nortes, 2008).

Para medir la MCD se utiliza un transformador diferencial de variación lineal (LVDT según sus siglas en inglés), es un sensor que traduce el movimiento del tronco o tallo en una señal eléctrica (Figura 11). El tronco mueve un centro ferromagnético de forma cilíndrica que se encuentra entre dos circuitos eléctricos, cuyo movimiento produce una señal eléctrica que esta linealmente relacionado con un desplazamiento (Mellisho, 2011).



Figura 11. Sensor de dendrometría (LVDT).

Los resultados obtenidos por Conejero et. al (2011) indican que la programación por RDC en árboles extratempranos de melocotonero pueden basarse exclusivamente en las mediciones de MCD, con reducciones de aplicación de agua de 35-42% en comparación con el ET_c , sin afectar los componentes del rendimiento en el cultivo.

2.7. Efectos del Riego Deficitario Controlado sobre la Calidad del Fruto.

A pesar del importante papel que desempeña en el crecimiento y desarrollo del fruto, se han realizado pocos estudios sobre la influencia de la cantidad y ritmo de las aplicaciones de agua en la calidad del melocotón y su comportamiento postcosecha.

Uno de los primeros reportes indica que cuando los árboles crecieron sin riego durante la época de crecimiento, en suelos pocos profundos bajo condiciones de California, el tamaño y rendimiento del fruto se redujeron, aumentando los sólidos

solubles totales (SST) y la fruta desarrolló una textura anormal. La reducción en la cantidad de agua aplicada después de la cosecha de melocotón extratemprano (estrés postcosecha) ha demostrado no tener efectos negativos sobre el rendimiento del cultivo, pero se da un aumento en frutas con defectos, tales como una sutura profunda y la formación de doble fruta (Crisosto, 2008).

En estudios sobre el comportamiento del melocotonero en diferentes zonas de producción, en general el RDC impone un estrés hídrico moderado 30%-50% de la ET_c , para reducir el crecimiento vegetativo y ahorro en la utilización del agua (4%-30%) en un estado fisiológico dado sin afectar el rendimiento del cultivo (Crisosto, 2008), donde la mayoría muestran un incremento en los SST (Stefanelli et. al, 2010). Besset et. al (2001) reportó una marcada disminución en el tamaño de fruto, en la variedad "Big-Top" sometida a un estrés severo durante la etapa final de rápido crecimiento del fruto.

Las investigaciones coinciden en que las fases de tolerancia al estrés hídrico en melocotonero, son la fase II, la fase inicial del crecimiento del fruto y el periodo postcosecha. El anillado de la fruta aumenta los SST en muchos casos, pero también aumenta la acidez de la fruta y los fenoles, por lo que el mejor sabor resultante de los SST adicionales se ve enmascarado (Crisosto, 2008). Estudios de microscopía de luz indican que frutos de 50% y 100% ET_c tienen una cutícula continua y mucho más gruesa, y una mayor densidad de tricomas que frutos con 150% ET_c (Crisosto et al., 1994).

2.8. Alimentos Funcionales.

Las tendencias mundiales en alimentación en los últimos años indican un interés acentuado de los consumidores hacia aquellos alimentos que, además de su valor nutritivo, aporten beneficios a las funciones fisiológicas del organismo humano.

Estos alimentos entran en el concepto de los funcionales. La regulación alimentaria japonesa los reconoce como "alimentos de uso específico para la salud", e identifica once categorías de ingredientes con actividad fisiológica, entre ellos los antioxidantes. El incremento en el consumo de frutas y hortalizas en los últimos años está asociado con una baja incidencia de enfermedades degenerativas, cáncer y enfermedades del corazón (Restrepo, 2010).

3. Objetivos.

- Determinar el efecto del RDC programado en base a la máxima contracción diaria del tronco en melocotonero “Flordastar” en la concentración de compuestos bioactivos en los frutos en el momento de cosecha.
- Establecer el efecto del almacenamiento en aire y atmósfera controlada (bajo oxígeno y moderado dióxido de carbono) sobre los compuestos bioactivos en el melocotón variedad “Flordastar” sometida a RDC.

4. Materiales y Métodos.

Para el desarrollo de este trabajo fin de máster, se utilizó información y material vegetal del proyecto CICYT, AGL2010-19201-C04-01/AGR, “Estrategias de manejo de riego deficitario para optimizar la calidad y saludabilidad del melocotón extratemprano y la granada”, del cual el Grupo de Postrecolección y Refrigeración de la Universidad Politécnica de Cartagena es partícipe. Dicha información será parte de la Tesis Doctoral de la Ing D^a. Natalia Falagán Sama, dirigida por Encarna Aguayo y Francisco Artés Calero.

De dicho trabajo, se realizó una comunicación a un congreso donde ha sido preliminarmente aceptado, con la siguiente descripción:

4th Jordanian IIR International Conference on Refrigeration and Air Conditioning (September, 2012, Amman, Jordan). Combined Deficit Irrigation and Controlled Atmosphere Kept Nutritional Quality In Peaches. Falagán, N., Aguayo, E., Ramírez, J.G., Gómez, P.A., Artés-Hernández, F., Conejero, W., Artés, F. Publication pending.

4.1. Diseño Experimental.

El experimento se llevó a cabo en una parcela cultivada con la variedad “Flordastar” en la finca experimental “Tres Caminos” del CEBAS-CSIC, situada en el Campo de la Matanza, del Término Municipal de Santomera (Murcia): 38° 06´ 31.2” N; 1° 02´ 13.7” W, a una altura media sobre el nivel del mar de 152 m (Figura 12).

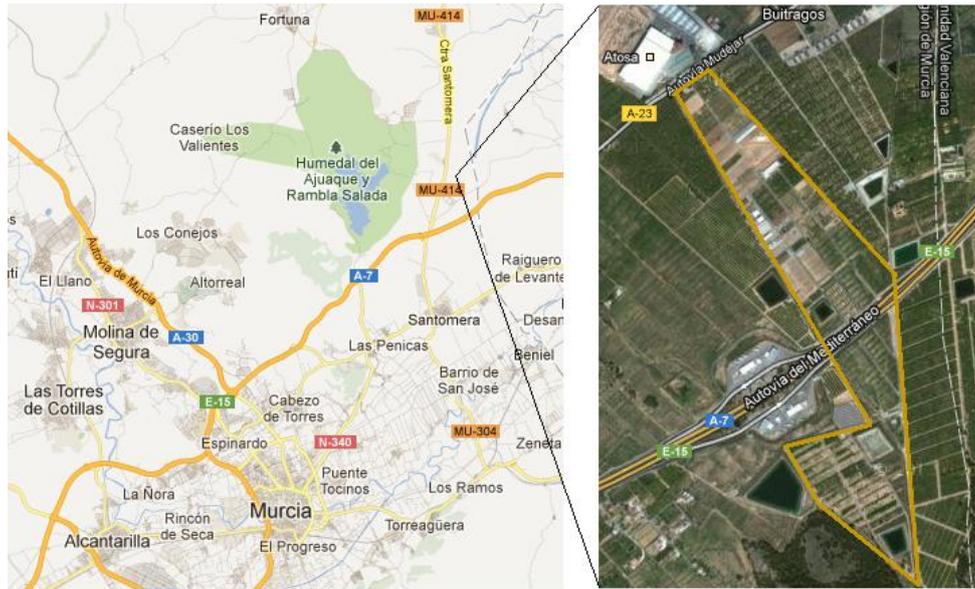


Figura 12. Plano de situación y fotografía aérea de la parcela cultivada con melocotón “Flordastar” en la finca experimental del CEBAS-CSIC en el T.M. de Santomera (Murcia).

Se aplicaron tres tratamientos de irrigación: el denominado **Control**, programado en base a cubrir no menos del 120% de la ET_c , el **RD1** (Riego deficitario 1) y **RD2** (Riego deficitario 2) tuvieron programado su riego en función de la intensidad de señal (IS) de la MCD respecto a los árboles de referencia, pero los criterios en ambos fueron distintos:

RD1: se programó según una $IS=1$ hasta cosecha, mientras el

RD2: se programó igual que RD1, pero desde el inicio de la fase III de crecimiento del fruto se introdujo un intervalo de riego de 2 días.

La lámina de agua aplicada entre el inicio de los ensayos a los 87 días después de floración (ddf) y 133 ddf (edad de cosecha) fue de 128 mm en el Control, 51 mm en RD1, y 41 mm en RD2, siendo la ET_c de 105 mm.

La fruta fue cosechada en el inicio de su maduración, siguiendo el criterio comercial (calibre y coloración) e inmediatamente transportada en un vehículo ventilado a la Planta Piloto del Grupo de Postrecolección y Refrigeración de la Universidad Politécnica de Cartagena, donde fueron sumergidas en una solución de hipoclorito de sodio a $200 \mu\text{L L}^{-1}$ durante 2 min. Seguidamente se enjuagó con agua potable de la red durante 1 min.

Tras su secado al aire se colocaron en una cabina de cierre hermético construida en policarbonato y acero inoxidable (Control-Tec ® Cam Research-Tecnidex, Valencia, España) equipada con un sistema de humidificación y control de la composición de la atmósfera que permite el manejo de las condiciones ambientales (Figura 13). Las cabinas estaban alojadas en el interior de una cámara frigorífica, mantenida a $1\text{ }^\circ\text{C}$ y 90-95% HR durante 14 días en dos grupos: aire y atmósfera controlada (3-4% O_2 y 12-14% CO_2). Al término de la conservación refrigerada, ambos grupos de frutos se alojaron durante 3 días en una cámara a $15\text{ }^\circ\text{C}$, en aire, simulando un periodo de comercialización y venta al detalle.



Figura 13. Cabinas herméticas para almacenamiento en atmósferas controladas (Control-Tec ® Cam Research-Tecnidex).

Para estudiar la influencia de esta conservación en el contenido en compuestos bioactivos, se prepararon las muestras a analizar como sigue. Los melocotones se cortaron en trozos de aproximadamente 1 cm² (incluyendo piel y pulpa). Para lograr uniformidad de las muestra se adicionó N₂ líquido y con una picadora (IKA, A 11 basic, Berlín, Alemania) se trituroó en un polvo fino. Todas las muestras ultracongeladas se almacenaron a -80 °C, hasta su análisis.

4.3. Análisis y Determinaciones.

El efecto del RDC en la evolución del contenido total de fenoles (FT), capacidad antioxidante total (CAT) y vitamina C en melocotones “Flordastar” se estudió en el día inicial, día final de almacenamiento (14 días) y al final de la comercialización (14+3 días).

a. Contenido total de fenoles: 0,850 g de las muestras congeladas y trituradas se colocaron en frascos de vidrio y se adicionaron 3 mL de metanol/agua (7:3, v/v). La extracción se llevó a cabo durante 1 hora en un agitador orbital (Stuart, Staffordshire, UK) a 200 ×g, en la oscuridad dentro de una caja de poliestireno con hielo picado. A continuación, 1,5 mL del extracto fue transferido a 3 tubos eppendorf de 1,5 mL y centrifugados a 15,000 ×g durante 10 min a 4 °C. La cantidad de compuestos fenólicos totales se determinó en el sobrenadante obtenido de acuerdo con Swain and Hillis (1959), con ligeras modificaciones. 19,2 µL del extracto de la muestra se colocaron en una placa de poliestireno de fondo plano (Greiner Bio-one, Frickenhausen, Alemania) y se adicionaron 29 µL del reactivo Folin–Ciocalteu 1 N (Sigma-Aldrich, Suiza). Después de 3 min de incubación en la oscuridad a temperatura ambiente, se incorporaron 192 µL de una solución de Na₂CO₃ (0,4%) y NaOH (2%) y la reacción se llevó a cabo durante 1 hora a temperatura ambiente en la oscuridad. Consecutivamente, la absorbancia fue medida a 750 nm por un lector multiscan de placas (Tecan Infininte M200, Männedorf, Suiza). En la Figura 14 se presenta un diagrama que facilita la comprensión del procedimiento utilizado para la determinación de compuestos fenólicos.

El contenido total de fenoles se expresó como equivalentes de ácido gálico (AGE, en inglés) por 100 g de peso fresco (PF). Todos los extractos fueron analizados por triplicado.

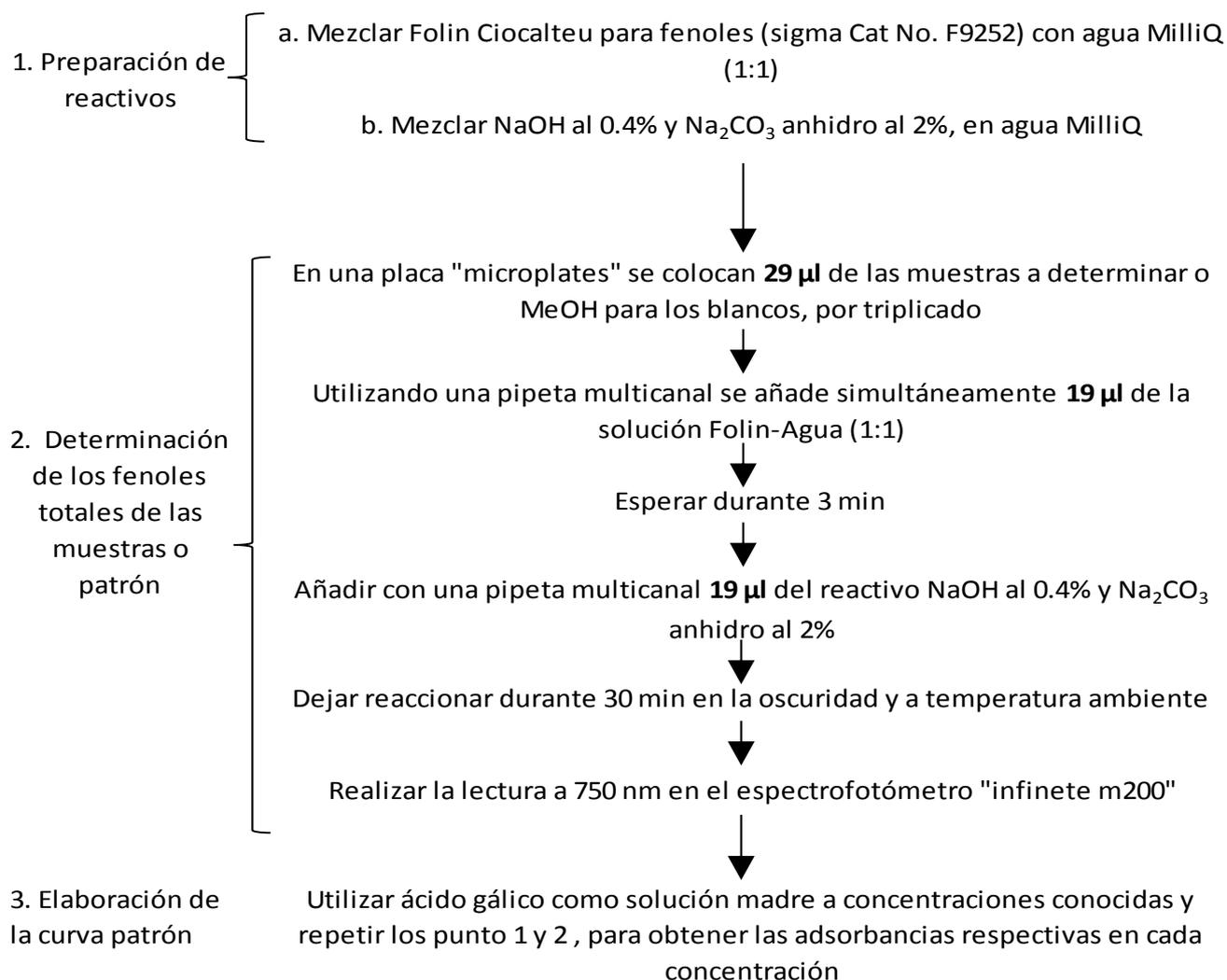


Figura 14. Diagrama de flujo para la determinación de compuestos fenólicos totales.

b. Capacidad Antioxidante Total. El procedimiento utilizado para la extracción fue el descrito para el contenido total de fenoles. La actividad antioxidante total fue determinada basándose en dos procedimientos. El primero fue el de Benzie and Strain (1996). Se preparó, una solución de 300 mmol/L de acetato, pH 3,6 (3,1 g $C_2H_3NaO_2 \cdot 3H_2O$) y 16 mL de $C_2H_4O_2$ por litro como solución buffer; 10 mmol/litro 2,4,6-tripiridyl-s-triazine (TPTZ) en 40 mmol/L de HCl y 20 mmol/L $FeCl_3 \cdot 6H_2O$.

El reactivo FRAP fue preparado para mezclar 10 mL de acetato como buffer, 1 mL de solución TPTZ y 1 mL de la solución $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, la cual fue incubada durante 2 horas a 37 °C. Una alícuota de 6 µL del extracto de la muestra se colocó en una placa de poliestireno de fondo plano (Greiner Bio-one, Frickenhausen, Alemania) y

198 μL de la solución FRAP fue adicionada. La reacción se llevó a cabo durante 10 min a temperatura ambiente en la oscuridad y la absorbancia a 593 nm fue medida utilizando un lector multiscan de placas (Tecan Infininte M200, Männedorf, Suiza).

Los resultados se expresaron como equivalente de capacidad antioxidante del ácido ascórbico (AAECA) por 100g de PF. Todas las mediciones fueron analizadas por triplicado. La figura 15 muestra un diagrama de flujo de la metodología descrita.

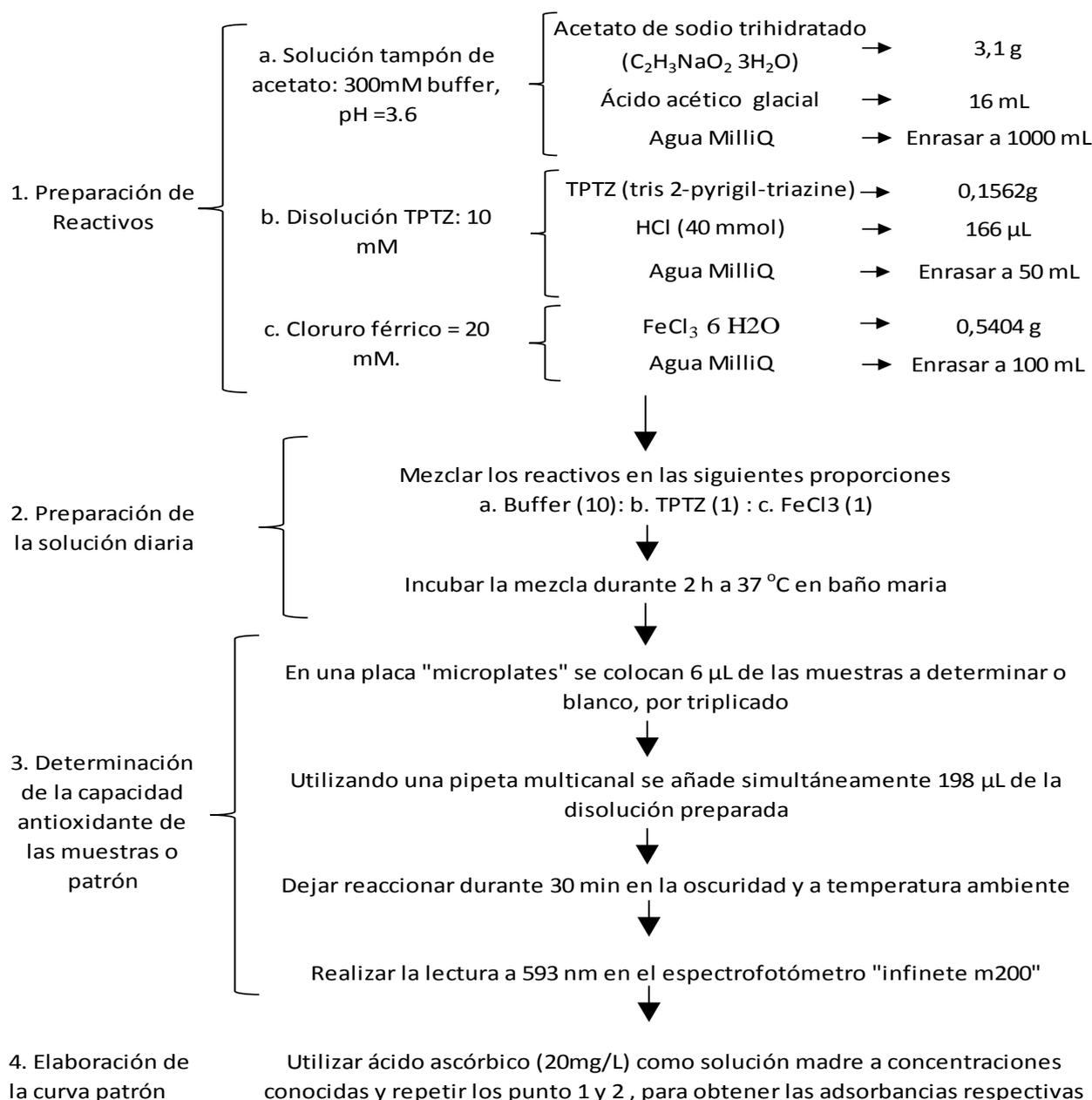


Figura 15. Diagrama de flujo para la determinación de actividad antioxidante por el método de Benzie and Strain (1996)

El segundo procedimiento (Figura 16) se basó en el método de Brand-Williams et al. (1995). La extracción de la muestra fue como se ha descrito anteriormente. Se mezclaron 24 mg del reactivo 2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH, Sigma Cat No.43180) en 100 mL de MeOH y se agitó durante 30 min. Para la preparación de la solución diaria se mezclaron 10 ml de DPPH en 40 mL de MeOH y se midió la absorbancia a 515 nm utilizando un lector multiscan de placas (Tecan Infininte M200, Männedorf, Suiza), ajustando la lectura a 1.1 cambiando las proporciones de los reactivos según fuese el caso.

Una alícuota de 21 μ L del extracto de la muestra se colocó en una placa de poliestireno de fondo plano (Greiner Bio-one, Frickenhausen, Alemania) y se adicionaron 194 μ L de la solución diaria. La reacción fue llevada a cabo durante 30 min a temperatura ambiente en la oscuridad y la absorbancia a 515 nm fue medida utilizando un lector multiscan de placas (Tecan Infininte M200, Männedorf, Suiza). Los resultados se expresaron como equivalente de capacidad antioxidante del ácido ascórbico (AAECA) por 100g de PF.

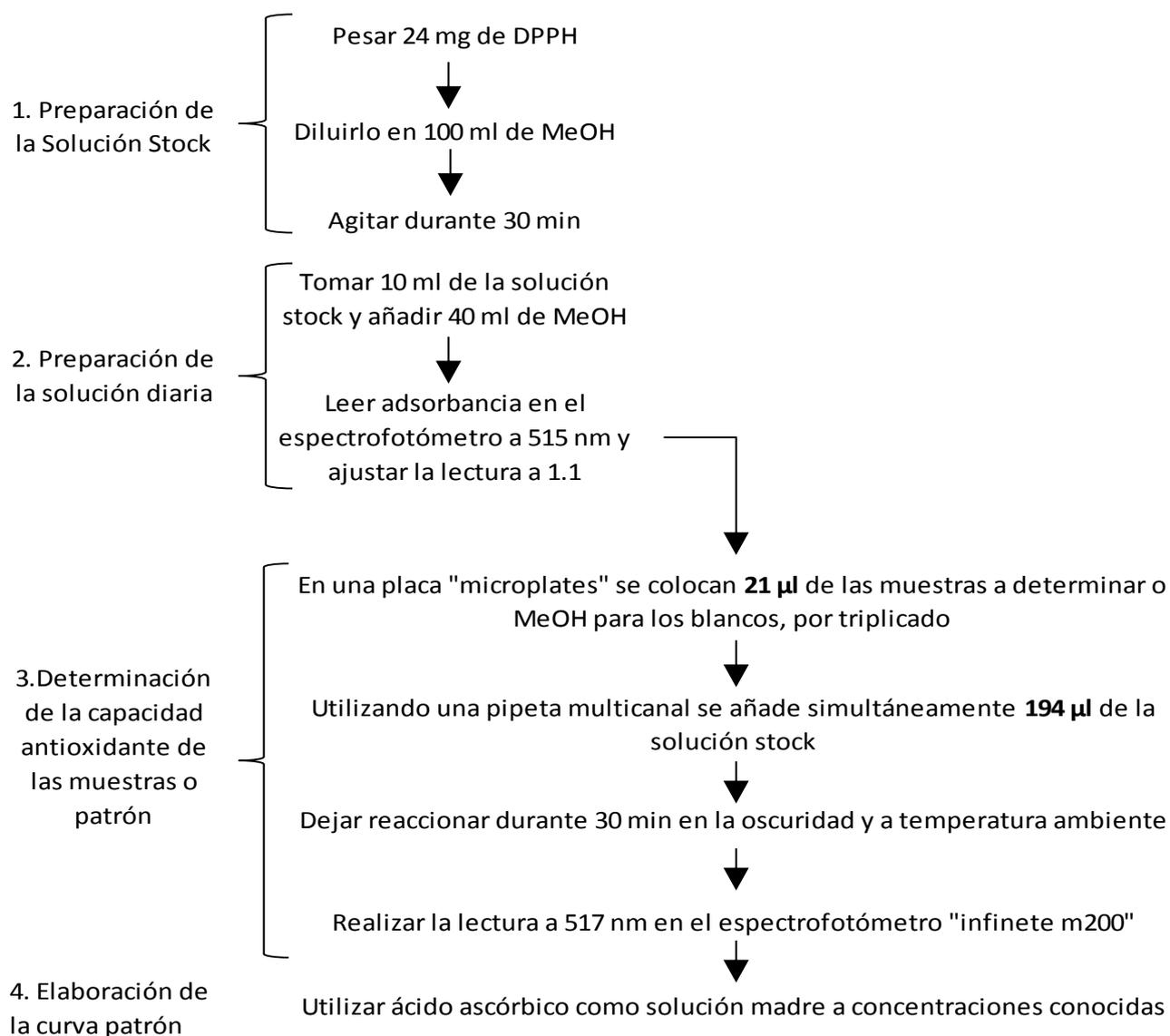


Figura 16. Diagrama de flujo para la determinación de actividad antioxidante por el Brand-Williams et al (1995)

c. Contenido de Vitamina C. El procedimiento utilizado fue el descrito por Wright and Kader (1997) basados en el método de Zapata and Dufour (1992) con modificaciones. 5 g de las muestras molidas y congeladas fueron colocadas en un tubo falcón protegido contra la luz y 10 mL de ácido cítrico como buffer (0.1 M de ácido cítrico, 0.05% ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), 4 mmol/litro de NaF y 50 ml/L MeOH (en agua nano pura) fue adicionado. Las muestras fueron homogeneizadas con un mezclador de alta velocidad (Ultraturrax, UT) durante 30 s, se filtraron a través de una gasa y se ajusto a un pH de 2,3-2,4 utilizando HCl (6N), las muestras fueron pasadas a través de un cartucho activado de Sep-Pak C18

(Waters, Milford, MA). 750 μ L de la extracción se mantuvo en un vial color ámbar de 1,5 mL. Posteriormente, 250 μ L de la solución 1,2- fenilendiamina dihidrocloruro (OPDA)(35 mL/100mL) fue adicionada al vial y después de 37 min en la oscuridad y a temperatura ambiente, las muestras fueron analizadas por HPLC. El contenido total de vitamina C fue expresado como mg de ácido ascórbico equivalente (AAE) en 100g de PF y ácido dehidroascórbico equivalente (ADHE) en 100 g de PF. En la figura 17 se muestra un diagrama del procedimiento de extracción y análisis de ascorbatos.

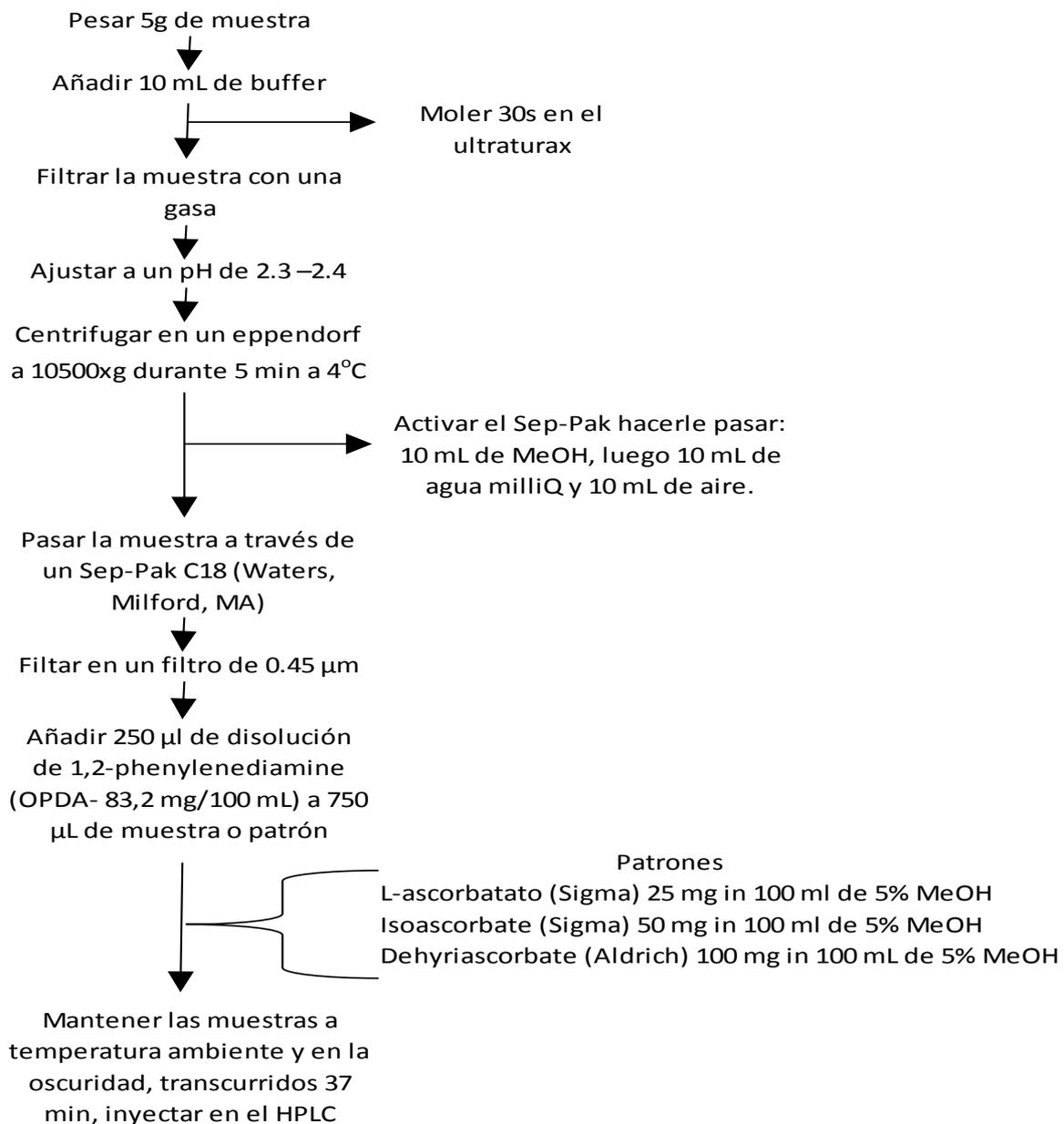


Figura 17. Diagrama para el método de extracción y análisis de ascorbatos por HPLC.

4.4. Análisis Estadístico.

El experimento siguió un diseño aleatorio con tres repeticiones por tratamiento. La media y el error estándar se calcularon utilizando Statgraphic Centurion XV (Manugistic, Inc., Rockville, Md., USA). Los valores medios se compararon por LSD para identificar diferencias significativas entre tratamientos.

5. Resultados y Discusión.

5.1. Ácido Ascórbico, Ácido Dehidroascórbico y Contenido Total de Vitamina C.

La vitamina más importante en frutas y hortalizas para la nutrición humana es la vitamina C. Más del 90% de la vitamina C en la dieta humana es suministrada por frutas y hortalizas. Es definida como el término genérico para todos los compuestos exhibiendo la actividad biológica del ácido ascórbico-L (AA). El AA es la principal forma biológicamente activa, pero el ácido L-dehidroascórbico (ADH) como un producto de la oxidación también exhibe actividad biológica. Dado que el ADH se puede convertir fácilmente en AA en el cuerpo humano es importante medir ambos AA y ADH en las frutas y vegetales para la actividad de la vitamina C (Lee and Kader, 2000)

Estas dos sustancias se oxidan fácilmente, especialmente cuando están expuestas a altas temperaturas. Algunos cationes divalentes (por ejemplo, cobre y hierro), el oxígeno, pH alcalino, la luz o degradación de enzimas, mientras que la oxidación de AA a ADH es reversible, el ADH puede someterse a una hidrólisis irreversible de ácido dicetogulónico, que no es biológicamente activo como la vitamina C. La oxidación de la vitamina C y la pérdida durante el almacenamiento o el procesado es una gran preocupación para los nutricionistas, procesadores y consumidores. La vitamina C se utiliza como un índice de la calidad relacionado con la salud, puesto que, en comparación con otros compuestos beneficiosos, es más sensible a la degradación por el procesamiento y almacenamiento (Odrizola et. al, 2007).

Se ha reportado que las estrategias de RDC influyen en las características de calidad de los melocotones, y muchos autores han encontrado una mejora en los atributos de calidad sin afectar el tamaño de la fruta (Buendía et. al, 2008).

El contenido inicial de vitamina C fue de $6,6 \text{ mg} \pm 0,2$ por 100 g de PF en el Control (128 mm), disminuyendo un 34,5% en el tratamiento RD1 (51 mm) ocasionado por el bajo contenido de AA y aumentando un 22% en el RD2 (41 mm) causado por el alto contenido de ADH, con respecto al Control (Figura 18), los valores del Control y RD1 se encuentran por debajo del rango mostrado por otros autores. Según resultados de Buendía et. al, (2008) para esta variedad el contenido de vitamina C en los frutos de árboles regados en base a los sensores de MCD y flujo de savia se obtuvo un valor promedio de 12,5 mg/100g en piel y 8,0 mg/100g pulpa, Catín (2009) reportó un promedio de 3,7 mg AA/100 g PF en 218 genotipos obtenidos de 15 variedades de melocotón y nectarina, y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos expuso un valor estándar de 6,6 mg vitamina C/100g PF para melocotón, por lo cual los resultados obtenidos para el Control y el sometido a un mayor estrés se encuentran dentro rangos comerciales.

Buendía e. al (2008) además reportó que estrategias de RDC causan estrés en la piel de la fruta, disminuyendo el contenido de vitamina C y carotenoides, al tiempo que aumenta el contenido de fenoles, lo cual puede ser ocasionado por una mayor exposición de los frutos a la radiación solar de los árboles con RDC resultado de una bajo crecimiento vegetativo de esos árboles, pero resalta que no hay una diferencias entre el contenido de vitamina C y FT de la pulpa de los melocotones con RDC e irrigados en su totalidad.

El aumento en el contenido de vitamina C en el tratamiento sometido a un mayor estrés hídrico (RD2), en la fase de mayor crecimiento de la fruta (fase III), puede ser explicado por la disminución en la fuerza que impulsa el flujo de savia elaborada dentro de las frutas, que ocasiona diferencias en el contenido de agua en el fruto que puede estar asociado con un efecto de dilución de los constituyentes ocasionado por la aplicación de un 68% menos de agua que el Control. Dichos resultados están acorde con el obtenido por Navarro (2010) en mandarina sometida a un déficit hídrico en las fases II y III de crecimiento.

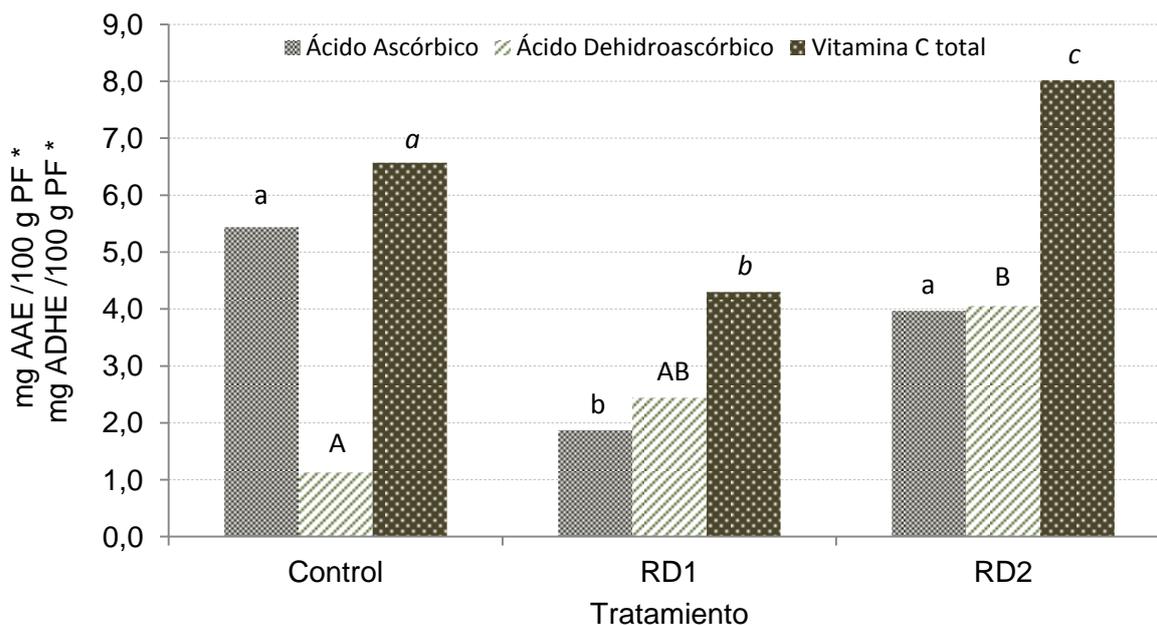


Figura 18. Contenido de ácido ascórbico, ácido dehidroascórbico y vitamina C total por 100g de PF al momento de cosecha en melocotón “Flordastar” sometido a RDC.

*Diferente tipo de letra representan diferencias significativas.

Después de 14 días en conservación a 1 °C no se observaron diferencias significativas en el contenido total de vitamina C en los tratamientos Control y RD1 almacenados en aire, pero se presentó una disminución significativa del 26% en RD2 con respecto al día 0, en atmósfera controlada disminuyó un 34% en el Control, pero los riegos deficitarios permanecieron estables (Tabla 1).

Posteriormente al aumentar la temperatura a 15 °C por 3 días (periodo de comercialización) sucedió una pérdida promedio del 51% en el contenido de AA y del 36% de ADH en los tratamientos almacenados en aire con respecto al día 14, donde el contenido total de vitamina C disminuyó un promedio del 49% con respecto a su contenido inicial. En los frutos de AC sucedió una disminución similar de AA con un 56% en promedio respecto al día 14, pero se produjo un aumento considerable en el contenido de ADH lo cuál genero que las pérdidas en el contenido total de vitamina C fueran menores que en la fruta almacenada en aire en los tratamientos Control y RD1 (Figura 19).

Tabla 1. Evolución en el contenido de ácido ascórbico, ácido dehidroascórbico y vitamina C total en melocotón “Flordastar” sometido a RDC, almacenado en aire y en AC (3-4% de O₂ y 12-14% de CO₂) a 1 °C durante 14 días y 15 °C durante 3 días.

Atmósfera	Tratamiento	Día	Ácido Ascórbico		Ácido Dehidroascórbico		Vitamina C total	
			(mg AAE /100g PF)		(mg ADHE /100g PF)		(mg AAE /100g PF)	
Aire *	Control	0	5,4 ± 0,7	F	1,1 ± 0,4	A B	6,6 ± 0,2	H I
	RD1	0	1,9 ± 0,0	A B C D	2,4 ± 0,2	B C D	4,3 ± 0,2	C D
	RD2	0	4,0 ± 0,9	E F	4,1 ± 0,7	D	8,0 ± 0,5	J
	Control	14	3,2 ± 0,3	D E	2,5 ± 0,3	B C D	5,7 ± 0,1	G H
	RD1	14	3,1 ± 1,5	C D E	1,3 ± 1,1	A B	4,4 ± 0,4	C D E F
	RD2	14	2,9 ± 1,5	B C D E	3,8 ± 2,1	D	6,8 ± 0,6	I
	Control	14+3	1,8 ± 0,3	A B C D	1,5 ± 0,2	A B	3,2 ± 0,2	B
	RD1	14+3	1,1 ± 0,4	A	0,5 ± 0,6	A	1,5 ± 0,2	A
	RD2	14+3	1,7 ± 0,2	A B C D	3,8 ± 0,4	D	5,5 ± 0,5	F G
Atmósfera Controlada (3-4% O ₂ y 12-14% CO ₂) *	Control	0	5,4 ± 0,7	F	1,1 ± 0,4	A B	6,6 ± 0,2	H I
	RD1	0	1,9 ± 0,0	A B C D	2,4 ± 0,2	B C D	4,3 ± 0,2	C D
	RD2	0	4,0 ± 0,9	E F	4,1 ± 0,7	D	8,0 ± 0,5	J
	Control	14	2,9 ± 1,0	B C D E	1,5 ± 1,0	A B	4,4 ± 0,0	C D E
	RD1	14	3,4 ± 0,5	E	1,6 ± 1,7	A B	5,0 ± 1,2	D E F G
	RD2	14	5,3 ± 1,1	F	1,9 ± 0,0	A B C	7,2 ± 1,1	I J
	Control	14+3	1,7 ± 0,0	A B C	3,7 ± 0,7	C D	5,4 ± 0,6	E F G
	RD1	14+3	1,6 ± 0,0	A B	3,9 ± 0,1	D	5,5 ± 0,1	F G
	RD2	14+3	1,6 ± 0,0	A B	2,4 ± 0,0	B C D	3,9 ± 0,3	B C

*Diferentes letras representan diferencias significativas

Al aumentar la temperatura de la fruta se produce una aceleración de los procesos de senescencia y de la actividad metabólica con la oxidación de compuestos bioactivos. La menor degradación de AA obtenida en melocotón almacenado en AC puede deberse a una reducida actividad de las enzimas ascorbato oxidasa y ascorbato peroxidasa que requieren altas concentraciones de O₂ para expresarse (Zou et al., 2006).

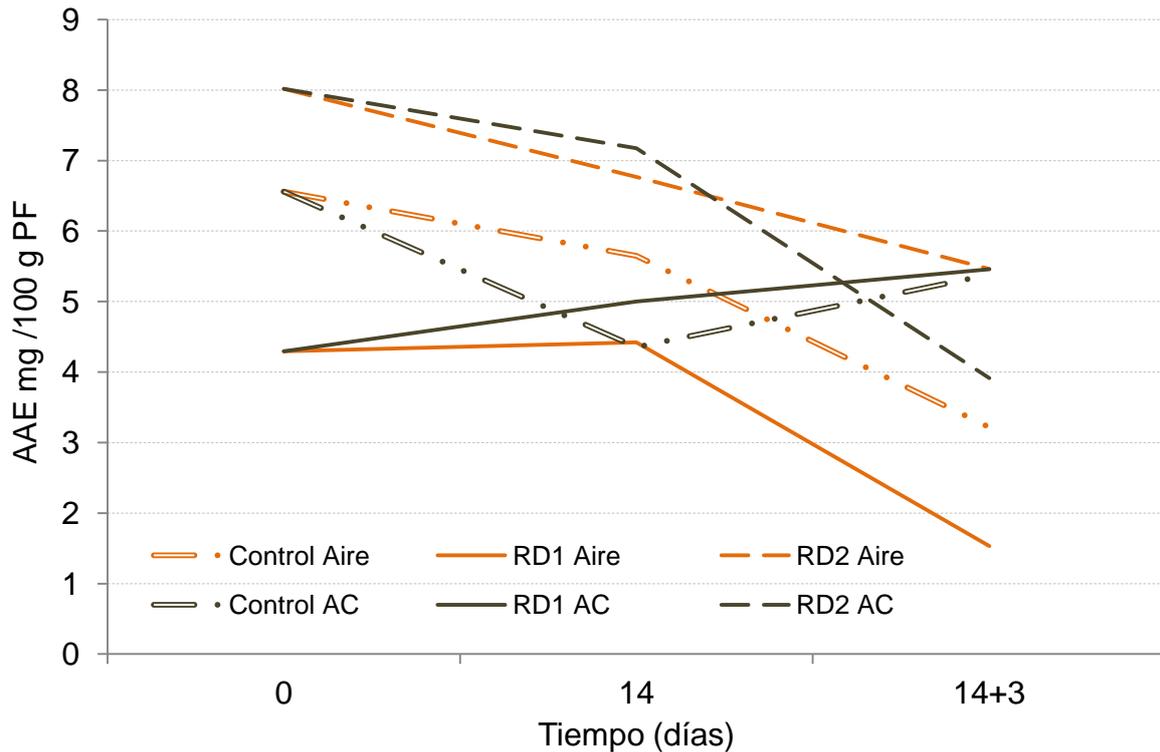


Figura 19. Contenido total de vitamina C en 100 g de PF en melocotón “Flordastar” sometida a RDC, almacenada en aire y AC (3-4% de O₂ y 12-14% de CO₂) a 1 °C durante 14 días y posteriormente a 15 °C durante 3 días.

5.2. Capacidad Antioxidante Total.

Está ampliamente documentado el efecto beneficioso del consumo de melocotón y nectarina en la salud para reducir el estrés oxidativo por su elevado contenido de carotenoides, por lo que el incremento de su consumo constituye una estrategia lógica e interesante para la mejora de la salud pública (Wolfe et. al, 2008).

Las plantas han desarrollado mecanismos de defensa para protegerse contra el ataque de agentes patógenos como hongos, bacterias y virus, así como factores ambientales adversos. Uno de los mecanismos propuestos implicados en la producción de especies reactivas del oxígeno (ERO), como el oxígeno singlete (1O₂), superóxido (O₂•-), peróxido de hidrógeno (H₂O₂) y radical hidroxilo (•OH). No obstante en altas concentraciones las ERO puede tener efectos perjudiciales interrumpiendo el metabolismo normal por oxidación de ácidos nucleicos, proteínas, lípidos, hidratos de carbono, afectando la integridad de las membranas celulares e

inactivándolas funciones celulares claves. Para prevenir lesiones, las células de las plantas han desarrollado mecanismos involucrando muchos compuestos metabólicos secundarios (flavonoides, lignanos, carotenoides, ascorbatos, glutatión, entre otros) y algunas enzimas, que convierten las ERO en productos menos tóxicos. En este aspectos, las ERO se consideran como requerimiento celular, porque están involucradas en las rutas de señalización para la producción de moléculas antioxidantes. Por lo tanto, la importancia del equilibrio celular entre el sistema antioxidante y los niveles de ERO, debe ser resaltado (González-Aguilar et. al, 2010).

Existen diversos métodos para evaluar la actividad antioxidante, ya sea *in vitro* o *in vivo*. Una de las estrategias más aplicadas en las medidas *in vitro* de la CATI de un alimento, consiste en determinar la actividad del antioxidante frente a sustancias cromógenas de naturaleza radical; la pérdida de color ocurre de forma proporcional con la concentración (Kuskoskil, 2005). Ello es en el caso de las metodologías utilizadas en este trabajo DPPH y FRAP.

El compuesto químico, DPPH, es un radical libre que sólo necesita disolverse en metanol. El fundamento de la reacción consiste en añadir el DPPH a las muestras objeto de estudio que son las que portan los compuestos antirradicales (compuestos antioxidantes) (Brand-Williams et. al, 1995).

La técnica FRAP se basa en la medida de la capacidad de los compuestos en estudio a ser oxidados por el Fe^{3+} . El complejo formado por Fe^{3+} -TPTZ es reducido a un complejo azulado ión ferroso-tripirydyltriazine. Esta reacción en un medio de bajo pH, produce un color azulado cuya intensidad indica la capacidad antioxidante del producto (Benzi and Strain,1996)

La figura 20 muestra el contenido de la CAT utilizando las dos metodologías para las frutas sometidas a RDC y su Control en el momento de la cosecha, donde en ambos casos la CAT es un 33% menor ($p= 0,05$) en la fruta sometida a RDC con respecto al Control.

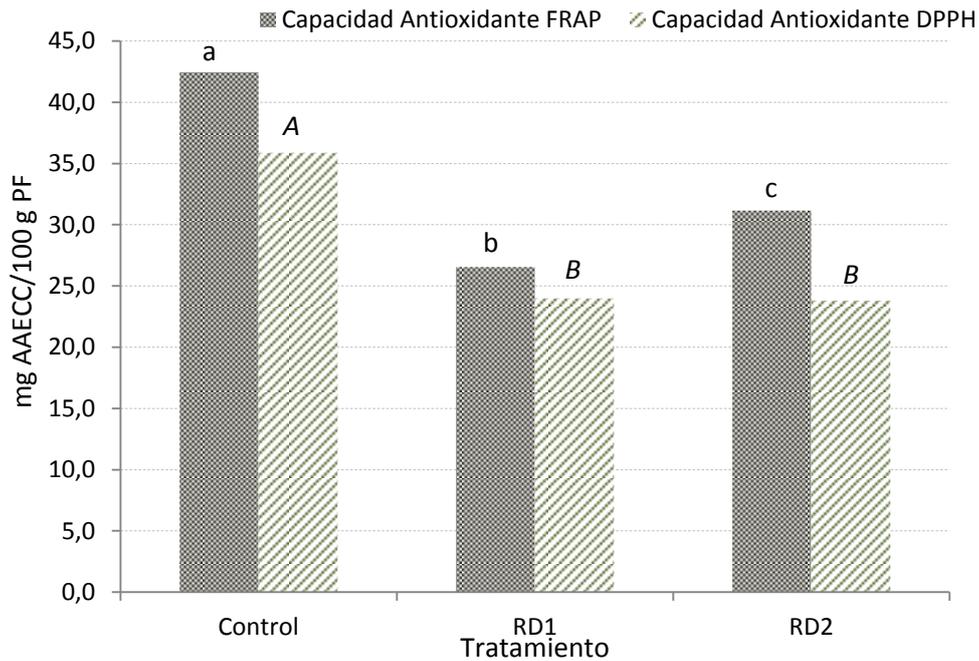


Figura 20. CAT en 100 g de PF en melocotón “Flordastar” sometida a RDC, utilizando las metodologías Benzi and Strain (1996) y Brand-Williams et. al (1995).

Dicha disminución en la CAT está de acuerdo con lo obtenido por Buendía et. al (2008), lo cual puede ser ocasionado por la mayor exposición de la fruta a la radiación solar como consecuencia de un menor crecimiento vegetativo de los árboles con RDC.

Los melocotones almacenados en aire para el Control presentaron una CAT en la cosecha de $42,5 \pm 7$ mg AAEECC /100 g PF (según metodología FRAP) y $35,9 \pm 0,7$ AAEECC /100 g PF (según metodología DPPH), donde 14 días después de ser almacenados a 1°C presentaron una disminución del 18% y 29% respectivamente (Figura 21 y 22). Datos similares son los reportados por Tsantili (2010) que menciona en la variedad “Harrow Diamond” una disminución en CAT durante su almacenamiento, incrementándose después de 2 días a 21°C . Es importante destacar que frutas sometidas a RDC presentaron un aumento con diferencias significativas en su CAT en este mismo periodo para sendas metodologías (Tabla 2). Al aumentar la temperatura de almacenamiento a 15°C , sucedió un aumento medio del 60% de la CAT para todos los tratamientos almacenados en aire (según metodología FRAP, Figura 21), Kevers (2007) mencionó que durante el almacenamiento en la mayoría de frutas y hortalizas no afecta negativamente la

CAT, donde en muchos casos se presentaron aumentos en el periodo después de compra, acompañado de un incremento en el contenido de FT.

Tabla 2. Evolución en el contenido de CAT y FT en melocotón “Flordastar” sometido a RDC, almacenado en aire y AC (3-4% O₂ y 12-14% CO₂) a 1 °C durante 14 días y 15 °C durante 3 días.

Atmósfera	Día	Tratamiento	Capacidad Antioxidante FRAP (mg AAECA /100 g PF)	Capacidad Antioxidante DPPH (mg AAECA /100 g PF)	Fenoles Totales (mg AGE /100 g PF)
Aire *	0	Control	42,5 ± 0,7 F	35,9 ± 0,7 E	56,3 ± 0,3 56 J
	0	RD1	26,6 ± 1,1 B	24,0 ± 0,7 A B	34,9 ± 1,3 35 C D E
	0	RD2	31,2 ± 0,8 C D	23,8 ± 1,1 A B	40,0 ± 1,8 40 E F G
	14	Control	35,0 ± 1,2 D E	25,4 ± 1,2 B C	40,8 ± 1,9 41 F G H
	14	RD1	35,0 ± 0,6 D E	27,6 ± 1,0 C	43,5 ± 2,0 44 G H I
	14	RD2	36,5 ± 4,8 E	30,3 ± 1,2 D	46,0 ± 3,0 46 H I
	14+3	Control	54,0 ± 2,8 H	23,8 ± 0,5 A B	29,7 ± 0,6 30 B C
	14+3	RD1	58,2 ± 4,0 I	34,9 ± 0,7 E	47,2 ± 3,3 47 I
	14+3	RD2	59,1 ± 1,8 I	27,1 ± 0,3 C	44,3 ± 2,1 44 G H I
Atmósfera Controlada (3-4% O ₂ y 12-14% CO ₂) *	0	Control	42,5 ± 0,7 F	35,9 ± 0,7 E	56,3 ± 0,3 56 J
	0	RD1	26,5 ± 1,1 B	24,0 ± 0,7 A B	34,9 ± 1,3 35 C D E
	0	RD2	31,2 ± 0,8 C D	23,8 ± 1,1 A B	40,0 ± 1,8 40 E F G
	14	Control	53,3 ± 1,0 G H	38,9 ± 0,7 F	58,9 ± 0,1 59 J
	14	RD1	52,4 ± 0,1 G H	27,7 ± 0,5 C	32,6 ± 0,1 33 B C D
	14	RD2	49,3 ± 0,9 G	22,9 ± 0,7 A	29,3 ± 1,7 29 A B
	14+3	Control	28,2 ± 2,1 B C	33,8 ± 3,0 E	37,2 ± 4,1 37 D E F
	14+3	RD1	17,1 ± 2,7 A	43,6 ± 1,1 G	44,6 ± 7,7 45 G H I
	14+3	RD2	44,3 ± 1,5 F	27,3 ± 2,0 C	23,8 ± 0,1 24 A

* Letras diferentes representan diferencias significativas

El almacenamiento en AC indujo un aumento del 25%, 97% y 58% en su CAT, en el Control, RD1 y RD2 respectivamente para los primeros 14 días, pero el aumento de la temperatura a 15 °C y el cambio de atmósfera durante 3 días representó una disminución importante y significativa en la CAT (según metodología FRAP, Figura 21).

La variación de la CAT fue mínima en los primeros 14 días de almacenamientos (según metodología DPPH, Figura 22).

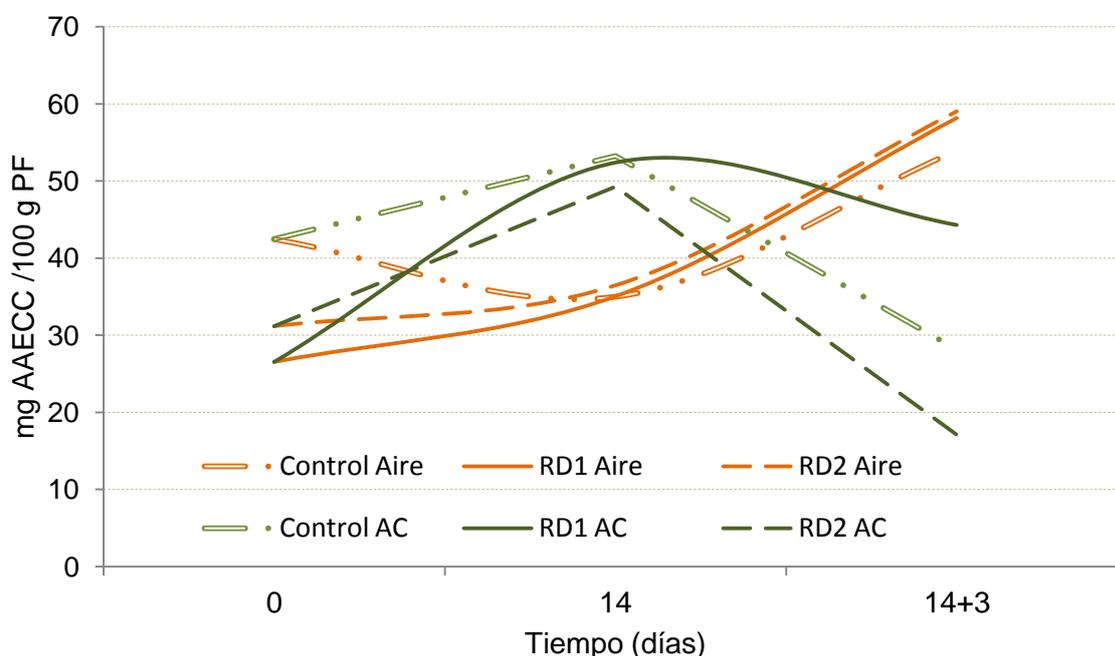


Figura 21. CAT en 100 g de PF (utilizando la metodología Benzi and Strain, 1996) en melocotón “Flordastar” sometida a RDC, almacenado en aire y AC (3-4% O₂ y 12-14% CO₂), a 1 °C durante 14 días, y posteriormente a 15 °C durante 3 días.

El proceso de maduración y genotipo de la fruta se consideran factores fundamentales que afectan la biosíntesis de compuestos fitoquímicos. La maduración y la respuesta de la respiración climatérica están estrechamente relacionadas, con el aumento en la producción de etileno, la expresión de genes específicos y eventos relacionados con la maduración que producen una descompensación en el mantenimiento de la homeostasis celular. Odrizola-Serrano et. al (2010) afirmó que la CAT con el tiempo, puede estar asociada a las variaciones de distintos compuestos bioactivos, como los flavonoides, AA, FT, tocoferoles y pigmentos. El cambio en la inhibición del radical DPPH durante el tiempo presentó una correlación baja con el contenido de FT ($R^2 = 0,46$).

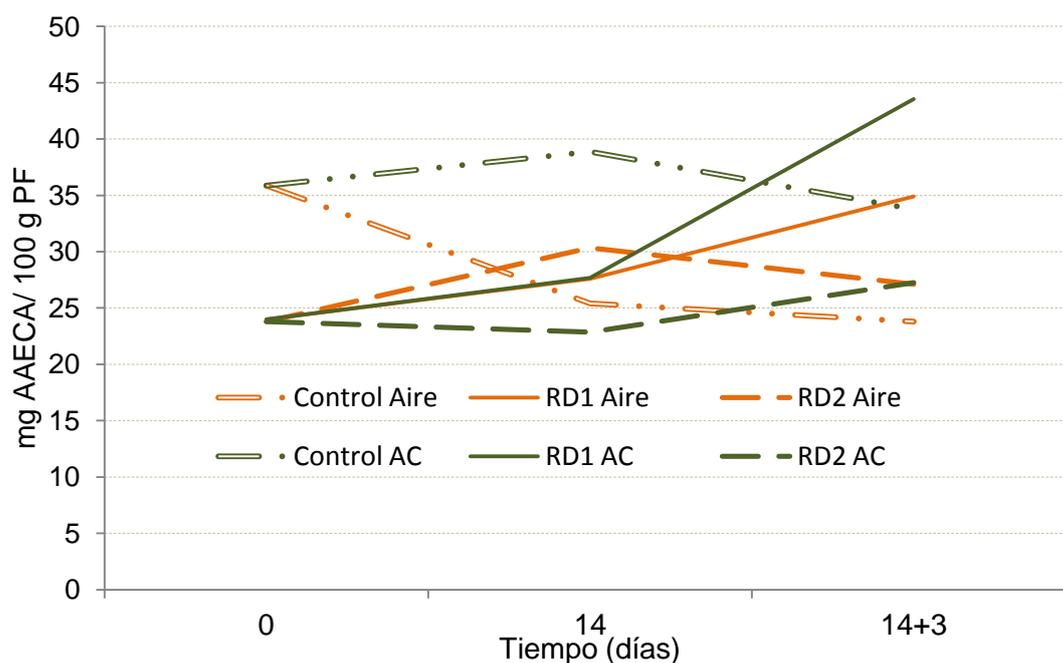


Figura 22. CAT en 100 g de PF (utilizando la metodología Brand-Williams et. al, 1995) en melocotón “Flordastar” sometida a RDC, almacenado en aire y AC (3-4% O₂ y 12-14% CO₂), a 1 °C durante 14 días, y posteriormente a 15 °C durante 3 días.

5.3. Fenoles Totales.

Los compuestos fenólicos contienen en sus estructuras moleculares al menos un grupo fenol, un anillo aromático unido al menos a un grupo funcional. Muchos son clasificados como metabolitos secundarios, que se refieren a compuestos que no son esenciales para la supervivencia de la planta o una parte de está. La composición fenólica de las frutas está determinada por factores genéticos y ambientales, pero puede ser modificada por reacciones oxidativas durante su procesado o almacenamiento (Robards et. al, 1999).

Los compuestos fenólicos son responsables de funciones estructurales y de protección en plantas, contribuyendo al sabor, color, astringencia y amargor, de frutas y hortalizas. Su papel benéfico en la salud humana es conocido, lo cual ha incidido en una creciente demanda en la producción de alimentos “funcionales” y “nutracéuticos”. Algunas aplicaciones propuestas para los compuestos fenólicos se basan en su actividad antioxidante contra ERO implicadas en el envejecimiento, y

en enfermedades crónicas, autoinmunes, inflamatorias, coronarias y degenerativas (Soto et. al, 2011). Además encontraron que incrementa la vida útil e inhibe el crecimiento de microorganismos patógenos debido a sus propiedades antimicrobianas naturales (Cantín et. al, 2009)

En la Figura 23 se presentan los resultados de los FT presentes al momento de cosecha. En el Control fue de $56,3 \pm 0,3$ mg AGE/100 g PF y se evidencia una reducción significativa del 38% y 29% en los tratamientos RD1 y RD2 respectivamente. Cantín et. al (2009), reportaron FT determinados por el método Folin-Ciocalteu, en múltiples variedades de melocotones y nectarinas con valores entre un rango de 12,7-71, 3 mg de GAE por 100g PF.

Cuando se incrementa el estrés hídrico, se lleva a cabo la regulación de estomas en la plantas y la asimilación de CO_2 se reduce. Bajo esta situación el carbono es preferentemente colocado en la síntesis primaria de metabolitos, que no exceden la cantidad utilizada para el crecimiento de la fruta, en detrimento de la síntesis de carbono basado en metabolitos secundarios (Mellisho et. al, 2012), lo cual puede ocasionar una disminución en el contenido de FT.

La exposición de frutas y hortalizas frescas a niveles bajos de O_2 , o niveles de CO_2 superiores a sus límites de tolerancia causan estrés a los tejidos que se manifiestan en diferentes síntomas, como el agravamiento de ciertos desordenes fisiológicos, un cambio de la respiración aeróbica a anaeróbica, y en consecuencia acumulación de etanol y acetaldehído que ocasionan sabores extraños y daños en los tejidos, también se ha reportado que niveles excesivamente bajos de O_2 disminuyen la síntesis de compuestos bioactivos como compuestos fenólicos (Simões et al, 2011).

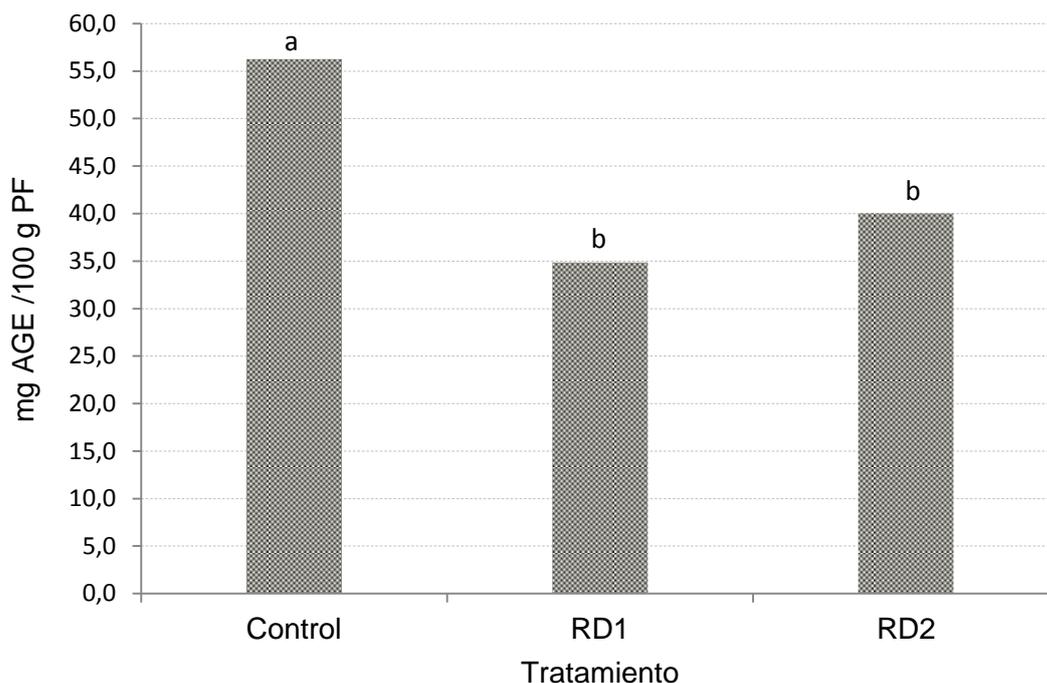


Figura 23. Contenido de FT en 100 g de PF en melocotón “Flordastar” sometido a RDC.

En los FT, durante los primeros días de almacenamiento en aire a 1°C sucedió una disminución a 40,8 mg AGE /100 g PF en el Control, pero en los tratamientos con RDC aumentó el 25% y 15% (en RD1 y RD2 respectivamente) con respecto a la cosecha. Al simular el periodo de comercialización los FT continúan su disminución en el Control, y no se presentaron diferencias en la fruta sometida a RDC. En la variedad “Rich Lady” almacenada a 5 °C durante 1 semana y posteriormente sometida a una maduración a 18 °C, no se presentaron diferencias en el contenido de FT y CAT (Puerta-Gómez and Cisneros Zevallos, 2011).

Se ha demostrado que en los melocotones los hidroxicinamatos junto con los flavonoides son los principales constituyentes de los FT, durante el almacenamiento refrigerado de la variedad de melocotón “Harrow Diamod” a 5 °C durante 2-4 semanas. Los FT disminuyen considerablemente, como se ha observado en fruta almacenada largos periodos, inmediatamente después de salir al mercado (Tsantili et. al, 2010).

En general, la regulación oxidativa es un proceso de balance dinámico entre sistemas que produce y desencadenan ERO, la respuesta inicial del tejido al estrés

lleva a una producción de ERO (paso 1), y esto a su vez, acciona los sistemas de protección antioxidante para disminuir las ERO (paso 2). Pero en estos casos los tejidos ya no pueden hacer frente al estrés por lo cual ocurren daños celulares y sub-celulares (paso 3). Los sistemas de protección incluyen, principalmente fenoles, ascorbato, glutatión, peroxidasa, ascorbato peroxidasa, glutatión peroxidasa, reductasa y catalasa (Tsantili et. al, 2010).

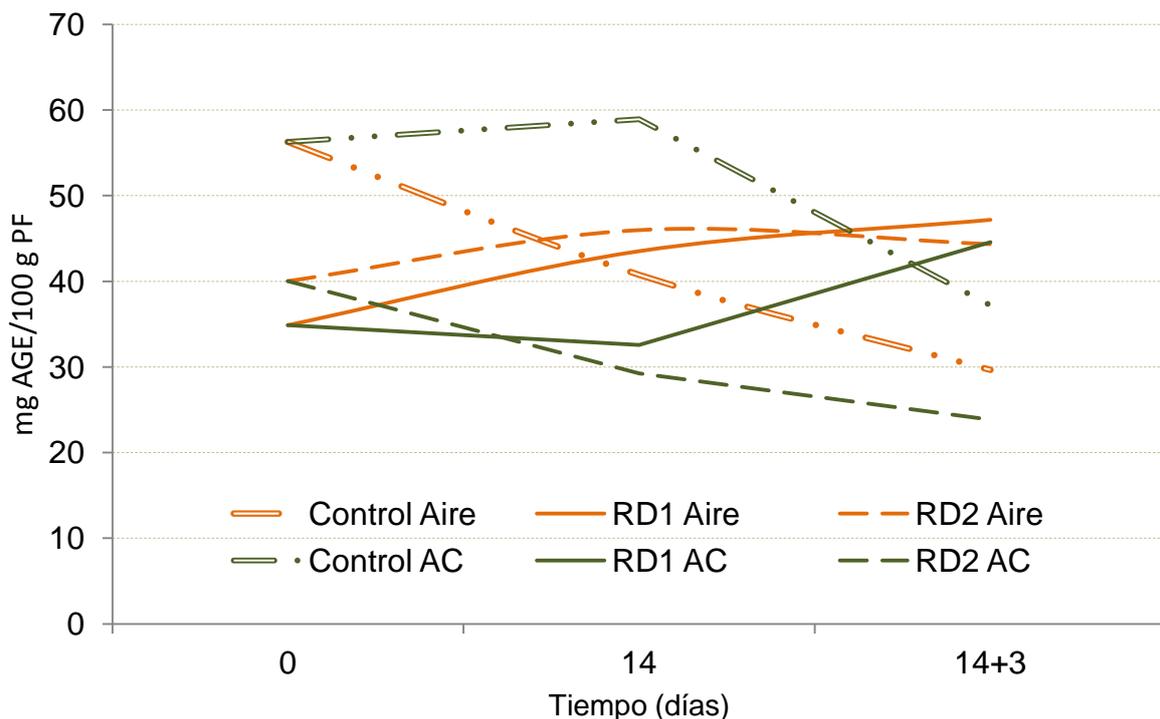


Figura 24. Contenido total de fenoles en 100 g de PF en melocotón 'Flordastar' sometida a riego deficitario controlado, almacenado en aire y atmósfera controlada (3-4% O₂ y 12-14% CO₂), a 1 °C durante 14 días, y posteriormente a 15 °C durante 3 días.

Los frutos almacenados en AC en los tratamientos Control y RD1 no presentaron diferencias significativas en el contenido de FT, pero en el tratamiento RD2 disminuyó su contenido de FT un 27% en los primeros 14 días de almacenamiento. En el periodo de comercialización el Control presentó una disminución del 37% llegando a 37,2 mg AGE /100 g PF, pero un 25% por encima del tratamiento almacenado en aire (Figura 24).

Los frutos sometidos a RDC presentaron un contraste en el contenido de FT en el periodo de comercialización en AC, ya que en el RD1 aumentó un 37% y en el RD2 continuó su tendencia negativa y llegó al nivel más bajo en el contenido de FT en 23,8 mg AGE /100 g PF.

Durante la senescencia, los metabolitos secundarios pueden disminuir o acumularse dependiendo del tipo de tejido, en este periodo hay un aumento del desequilibrio homeostático y un incremento en la formación de ERO. Es posible que a fin de continuar los procesos de reparación celular, metabolitos secundarios pueden ser activados, dependiendo de si estos compuestos son necesarios en este proceso o no (Wolfe, 2008).

Los fenoles tienen la capacidad de atrapar ERO debido a su propiedad como donadores de electrones. La efectividad de su CAT va a depender de su estabilidad en los diferentes sistemas, así como también del número y localización de grupos hidroxilo (Robards, 1999).

6. Conclusiones.

Se han estudiado 2 tratamientos de RDC, el **Control**, programado en base a cubrir no menos del 120% de la ET_c , **RD1** (se programó según una $IS=1$ hasta cosecha), y **RD2** (se programó igual que RD1, pero desde el inicio de la fase III de crecimiento del fruto se introdujo un intervalo de riego de 2 días), conservando los frutos 14 d en AC (3-4% O_2 y 12-14% CO_2) y 3 d a 15°C. Como conclusiones se citan las siguientes:

- Las estrategias estudiadas de RDC en melocotón variedad “Flordastar”, pueden mejorar el contenido total de vitamina C con importantes ahorros en el consumo de agua, pero ocasionan una disminución en la CAT y FT, sin embargo se encuentran dentro valores comercialmente y con aceptable calidad nutricional.
- Los melocotones tratados con RD1 almacenados en AC proporcionan frutos con una mejor estabilidad en el contenido de FT y CAT durante el periodo de almacenamiento que los tratamientos Control y RD2.

- El almacenamiento en AC ayudó a la preservación en el contenido total de vitamina C en el Control y RD1.
- Frutos almacenados en aire presentaron una tendencia creciente en todo el experimento en su CAT, mientras que los frutos en AC presentaron una fase inicial de crecimiento y una posterior estabilización.
- Melocotones con RDC almacenados en aire alcanzaron niveles más altos en el contenido de FT que los almacenados en AC.
- Las metodologías de determinación de la CAT, FRAP y DPPH, presentan resultados proporcionales en el día 0, y durante los primeros 14 días de almacenamiento, pero difieren al finalizar el periodo de comercialización.
- La fruta sometida a RDC puede llegar a tener un aumento en el contenido de FT en condiciones normales de almacenamiento refrigerado, pero se requiere mayor investigación para evidenciar los efectos del RDC sobre los compuestos bioactivos durante el almacenamiento.

7. Referencias Bibliográficas.

Abrisqueta, I. 2010. Balance hídrico y respuesta del melocotonero extratemprano al riego deficitario. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. 234 p.

Agustí, M., Almela, V., Juan, M., Baviera, B., González-Rossia, Mesejo, C., Martínez-Fuentes, A. Gariglio, N. 2001. Nueva técnica para reducir los costes de aclareo de frutos en frutales de hueso. Instituto Agroforestal Mediterráneo Universidad Politécnica de Valencia. Revista Agraria: p 3.

Annual Research Report. 1989. Florida Agricultural Experiment Station, Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida.

Anuario de Estadística 2010. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino. Secretaría General Técnica. Gobierno de España <http://www.magrama.gob.es/es/>, Consultado: Abril, 2012.

Azcón-Bieto, J., Talón, M. 2008. Fundamentos de Fisiología Vegetal: Segunda Edición. McGraw Hill: 651 p.

Baíza, V. 2004. Guía Técnica del Cultivo de Melocotón. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. I Edición: 46 p.

Benzi, I.F., Strain, J. (1996) The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. Analytical biochemistry, 239: 70-76.

Badenas, M.L. 2000. Melocotonero. En: La Horticultura Española (F. Nuez y G. Llácer, Eds.). Sociedad Española de Ciencias Hortícolas: 334-337.

Badenes, M.L., Solanas, M.L., Martínez, J. Llácer, G. 1999. Variedades de Melocotón y Nectarina tempranas. Generalitat Valenciana. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Badenes, M.L., Martínez-Calvo, J. Llácer, G. 1998. Estudio comparativo de la calidad de los frutos de 26 cultivares de melocotonero de origen norteamericano y

dos variedades-población de origen Español. *Investigación Agrícola: Producción y Protección Vegetal*. Vol 13: 1-2.

Bessey, J. Génard, M., Girard, T., Serra, V., Bussi, C. 2001. Effect of water stress applied during the final stage of rapid growth on peach trees (cv. Big-Top). *Scientia Horticulturae*. 91: 289-303.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C. (1995) Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm. Wiss. Technol.* 28: 25-30.

Buendía, B., Allende, A., Nicolás, E., Alarcón, J., Gil, M. 2008. Effect of Regulated Deficit Irrigation and Crop Load on the Antioxidant Compounds of Peaches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56: 3601-3608.

Cantín, C.M., Moreno, M.A., Gogorcena, Y. 2009. Evaluation of the Antioxidant Capacity, Phenolic Compounds, and Vitamin C Content of Different Peach and Nectarine [*Prunus persica* (L.) Batsch] Breeding Progenies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 57: 4586-4592.

Casals P., Elisenda, R., Iglesias, I. 2010. Producción, comercialización y consumo de melocotón en España. *Vida Rural*, Año XII, núm. 323.

Colaboradores de Wikipedia. *Prunus Persica*. Wikipedia, La Enciclopedia Libre, 2012 (consultado abril 2012). Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Melocot%C3%B3n>.

Conejero, W., Mellisho, C.D., Ortuño, M.F., Moriana, A., Moreno, F., Torrecillas, A. 2011. Using trunk diameter sensors for regulated deficit irrigation scheduling in early maturing peach trees. *Environmental and Experimental Botany*. 71: 409-415.

Crisosto, C.H., Mitcham, E.J., Kader, A.A. 2012. Durazno (Melocotón) y Nectarina: Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha. Department of Pomology, University of California, Davis. Disponible en: http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/Durazno_y_Nectar%C3%ADn/, Consultado en: Junio, 2012

Crisosto, C.H., Costa, G. 2008. The Peach: Botany, Production and Uses Preharvest: Factors Affecting Peach Quality. *CIB Internacional*. 542-547.

Crisosto, C.H., Johnson, R.S., Luza, J.G. and Crisosto, G.M. 1994. Irrigation regimes affect fruit soluble solids content and the rate of water loss of 'O'Henry' peaches. *HortScience*. 29: 1169-1171.

Fereres, E., Soriano, M.A. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*. 58: 147-159.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAOSTAT. Disponible en: <http://faostat.fao.org/#>. Consultado en Abril, 2012.

González-Aguilar, G., Villa- Rodríguez, J., Ayala-Zavala, J., Yahia, E. 2010. Improvement of the antioxidant status of tropical fruits as a secondary response to some postharvest treatments: Review. *Trends in Food Science & Technology*. 21: 475-482.

Iglesias, I., Reig, G., Carbó, J., Bonany, J. 2012. Innovación varietal en melocotón rojo de carne amarilla. *Vida Rural*. 18-24.

Kevers, C., Falkowski, M., Tabart, J., Defraigne, J.O., Dommès, J., Pincemail, J. 2007. Evolution of Antioxidant Capacity during Storage of Selected Fruits and Vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55: 8506-8603.

Konopacka, D., Jesionkowska, K., Kruczyn´ ska, D., Stehr, R., Schoorl, F., Buehler, A., Egger, S., Codarin, S., Hilaire, C., Holler, I., Guerra, W., Liveranig, A., Donati, F., Sansavini, S., Martinelli, A., Petiot, C., Carbo, J., Echeverria, G., Iglesias, I., Bonany, J. Apple and Peach consumption habits across European countries. 2010. *Appetite* 55: 478-483.

Kuskoskil, E.M., Asuero, A.G., Troncoso, A.M. , Manchino-Filho, J., Fett, R. 2005. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*. Vol 25: 4.

Layne, D.R., Bassi, D. 2008. *The Peach: Botany, Production and Uses*. CAB International, 615 p.

Lee, S.K., Kader, A.A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*. 20: 207–220.

Lombardo, V.A., Osorio, S., Borsani, J., Lauxmann, M. A., Bustamante, C. A., Budde, C.O., Andreo, C. S., Lara, M.V., Fernie, A. R. y Drincovich, M. F. 2011. Metabolic Profiling during Peach Fruit Development and Ripening Reveals the Metabolic Networks That Underpin Each Developmental Stage. *Plant physiology*. 157: 1696-1710.

WWF. Manual de Buenas Prácticas de Riego: Propuestas de WWF para un uso eficiente del agua en la agricultura. 2009. España.

Mellisho, C.D., Egea, I., Galindo, A., Rodríguez, P., Rodríguez, J., Conejero, W., Romojaro, F., Torrecillas, A. 2012. Pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit response to different deficit irrigation conditions. *Agricultural Water Management*. Article in Press. Disponible en línea.

Mellisho, C.D. 2011. Programación del riego deficitario controlado en melocotonero extratemprano con sensores del diámetro del tronco. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena. 151 p.

Navarro, J.M., Pérez-Pérez, J.G., Romero, P., Botía, P. 2010. Analysis of the changes in quality in mandarin fruit, produced by deficit irrigation treatments. *Food Chemistry*. Volumen 119, issue 4: 1591-1596.

Nortes, P.A. 2008. Respuesta Agronómica y Fisiológica del Almendro al Riego Deficitario: Indicadores de Estrés Hídrico. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena. 228 p.

Odrizola-Serrano, I., Soliva-Fortuny, R., Martín-Belloso, O. 2010. Changes in bioactive composition of fresh-cut strawberries stored under superatmospheric oxygen, low-oxygen or passive atmospheres. *Journal of Food Composition and Analysis*. Volume 1, Issue 1: 37-43.

Odrizola, I., Hernández, T., Martín, O. 2007. Comparative evaluation of UV-HPLC methods and reducing agents to determine vitamin C in fruits. *Food Chemistry*. 1151-1158.

Pérez-Pastor, A., Ruiz-Sánchez, M.C., Martínez, J.A., Nortes, P.A., Artés, F. and Domingo, R. 2007. Effect of deficit irrigation on apricot fruit quality at harvest and during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 87: 2409-2415.

Puerta-Gómez, A., Cisneros-Zevallos, L. 2011. Postharvest studies beyond fresh market eating quality: Phytochemical antioxidant changes in peach and plum fruit during ripening and advanced senescence. *Postharvest Biology and Technology*. 60: 220-244.

Restrepo, A.M., Cotés, R.M., Rojano, B.A. Potenciación de la capacidad antioxidante de fresa (*Fragaria ananassa* Duch.) por incorporación de vitamina E utilizando la técnica de impregnación a vacío. *Vitae-Universidad de Antioquia*. Vol 17, núm. 2: 135-140.

Robards, K., Prenzler, P. Tucker, G., Swatsitang, P., Glover, W. 1999. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry*. 66: 401-402.

Simões, A., Allende, A., Tudela, J.A., Puschmann, R., Gil, M. 2011. Optimum controlled atmospheres minimise respiration rate and quality losses while increase phenolic compounds of baby carrots. *LWT - Food Science and Technology*. 44: 277-283.

Soto, M.L., Moure, A., Domínguez, H. Parajó, J.C. 2011. Recovery, concentration and purification of phenolic compounds by adsorption: A review. *Journal of Food Engineering*. 105: 1-27.

Stefanelli, D., Goodwin, I. Jones, R. 2010. Minimal nitrogen and water use in horticulture: Effects on quality and content of selected nutrients. *Food Research International*. 43: 1833-1843.

Torrecillas, A., Domingo, R., Galego, R., Ruiz-Sánchez, M.C. 2000. Apricot tree response to irrigation withholding at different phenological periods. *Scientia Horticulturae*. 85: 201-215.

Tsantili, E., Shin, Y., Nock, J.F., Watkins, C.B. 2010. Antioxidant concentrations during chilling injury development in peaches. *Postharvest Biology and Technology*. 57: 27-34.

Wolfe, K.L.; Kang, X.; He, X.; Dong, M.; Zhan, G.Q.; Liu, R.H., 2008. Cellular antioxidant activity of common fruits. *Journal Agriculture Food Chemistry*. 56: 8418-8426.

Zou, L., Li, H., Ouyang, B., Zhang, J.; Ye, Z. 2006. Cloning and mapping of genes involved in tomato ascorbic acid biosynthesis and metabolism. *Plant Science*. 170: 120-127.

Wright, K.P. and Kader, A.A. 1997. Effects of slicing and controlled-atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberry and persimmons. *Postharvest Biology and Technology*. 10: 39-48.

Zapata, S. and Dufour, J.F. 1992. Ascorbic, dehydroascorbic and isoascorbic acid simultaneous determinations by reverse phase ion interaction HPLC. *Journal of Food Science*. 57: 506-511.

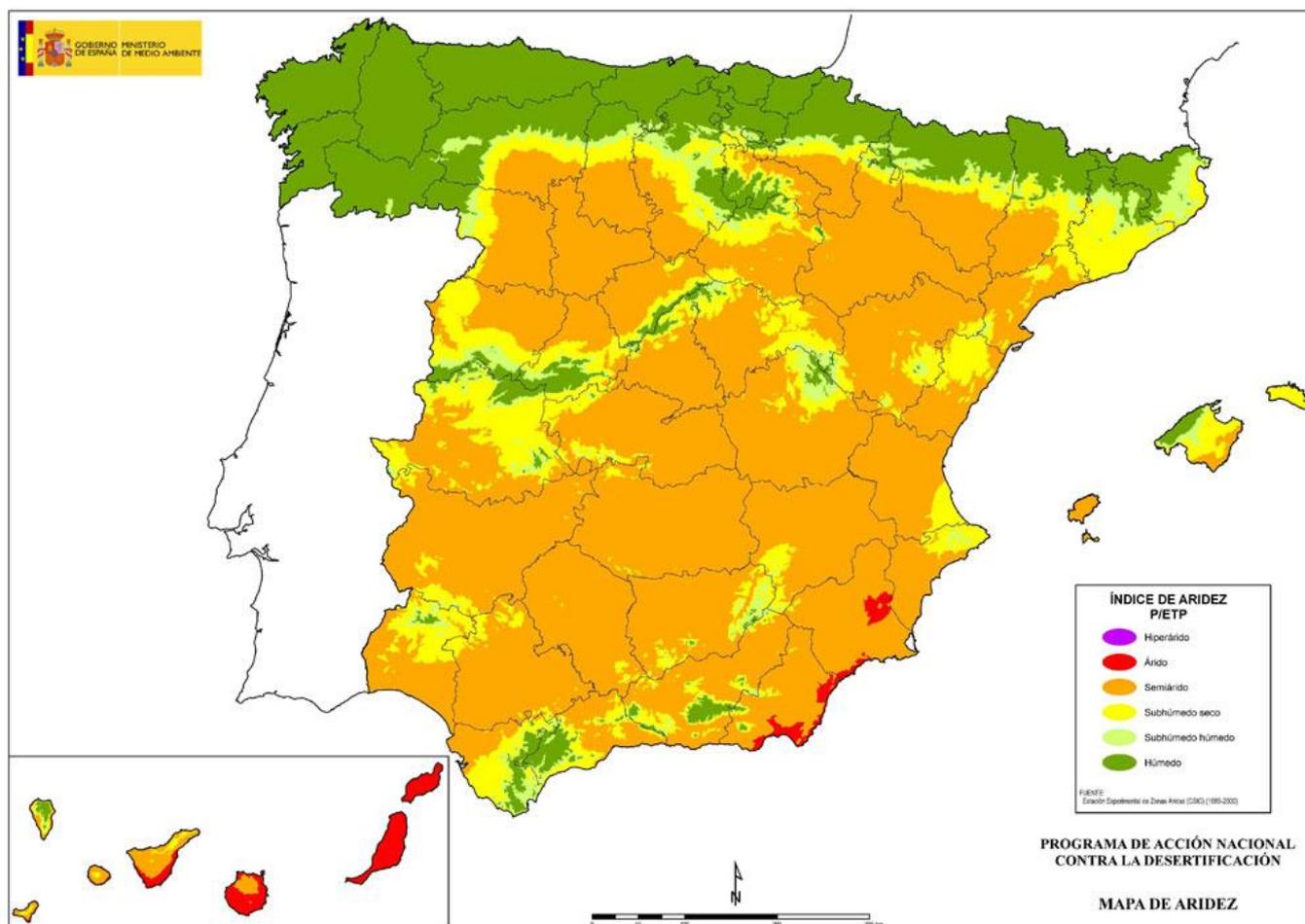
8. Anexos.

Anexo I. Composición nutricional estándar de un fruto fresco de melocotón (*Prunus persica* L. Basch)

Categoría	Nutriente	Unidad	Valor/ 100 g
Proximales	Agua	g	88.87
	Energía	kcal	39
	Proteína	g	0.91
	Lípidos totales (Grasa)	g	0.25
	Carbohidrato	g	9.54
	Fibra	g	1.5
	Azúcares	g	8.39
Minerales	Calcio, Ca	mg	6
	Hierro, Fe	mg	0.25
	Magnesio, Mg	mg	9
	Fosforo, P	mg	20
	Potasio, K	mg	190
	Sodio, Na	mg	0
	Zinc, Zn	mg	0.17
Vitaminas	Vitamina C, Ácido Ascórbico total	mg	6.6
	Tiamina	mg	0.024
	Riboflavina	mg	0.031
	Niacina	mg	0.806
	Vitamina B-6	mg	0.025
	Folato, DFE	mcg_DFE	4
	Vitamina B-12	µg	0.00
	Vitamina A, RAE	mcg_RAE	16
	Vitamina A, IU	IU	326
	Vitamina E (alpha-tocopherol)	mg	0.73
	Vitamina D (D2 + D3)	µg	0.0
	Vitamina D	IU	0
Vitamina K (phylloquinone)	µg	2.6	
Lípidos	Ácidos grasos, total saturados	g	0.019
	Ácidos Grasos, total monoinsaturados	g	0.067
	Ácidos Grasos, total polinsaturados	g	0.086

Fuente: U.S. Department of Agriculture Agricultural Research. 2011 Service Composition of Foods Raw, Processed, Prepared USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 24. Nutrient data for 09236, Peaches, raw. Consultado Julio 2012. Disponible en: http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2412?fg=&man=&facet=&count=&max=&qlookup=&offset=&sort=&format=Abridged&_action_show=Apply+Changes&Qv=1&Q4483=1.0&Q4484=1.0&Q4485=1.0&Q4486=1.0&Q4487=1.0&Q4488=1.0

Anexo II. Ámbito geográfico de la desertificación Mapa de Aridez de España (magrama)



Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Gobierno de España, consultado en: abril,2012. Disponible en:

<http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/lucha-contra-la-desertificacion/la-desertificacion-en-espana/>