

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE  
INGENIERÍA AGRONÓMICA Y DEL MEDIO  
NATURAL



## *Efecto de tratamientos postcosecha para alargar la vida útil del caqui Rojo Brillante según el periodo de recolección*

TRABAJO FIN DE GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS  
ALIMENTOS

ALUMNA: CARLA MARTÍ EGEA

TUTORAS UPV: MARISA CASTELLÓ GÓMEZ

M<sup>a</sup> DOLORES ORTOLÁ ORTOLÁ

TUTORA EMPRESA: M<sup>a</sup> PILAR MAÑÓ MENDOZA

*Curso Académico: 2015-2016*

VALENCIA, Septiembre de 2016



**Título:** Efecto de tratamientos postcosecha para alargar la vida útil del caqui Rojo Brillante según el periodo de recolección

## **Resumen**

La producción de caqui, en concreto la variedad “Rojo Brillante”, ha aumentado considerablemente en los últimos años, gracias a la implantación de las técnicas de eliminación de la astringencia manteniendo firme la consistencia del fruto. Como consecuencia, las cooperativas que gestionan este producto deben hacer frente a la confección del mismo en un periodo muy concentrado, dada la corta estacionalidad de esta fruta (octubre-diciembre). Así, la aplicación de tratamientos, tanto precosecha como postcosecha, para ampliar el calendario de recolección del caqui podría contribuir a aumentar los beneficios obtenidos en su comercialización y para el desarrollo de las zonas rurales donde se cultiva, que fundamentalmente corresponden a la Ribera del Xúquer. Es importante tener en cuenta que la mayor parte del caqui confeccionado se destina al mercado exterior, por lo que el producto debe superar el transporte para llegar en óptimas condiciones a destino.

En este sentido, la cooperativa COAGRI de Alginet (Valencia) en colaboración con el Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo (IUIAD), y en el contexto de este trabajo fin de grado, plantea ampliar el periodo de recolección del caqui estudiando las diferencias en la calidad final y su vida útil al ser recolectados en diferentes momentos de la campaña (adelantados, naturales y atrasados) y confeccionados en dos líneas distintas. Por otra parte, también se va a evaluar la influencia del momento de aplicación del tratamiento con dióxido de carbono para eliminar la astringencia del fruto, llevándolo a cabo antes de pasar por línea de confección o después. Al mismo tiempo, se considerarán diferentes condiciones de almacenamiento sobre la calidad del producto así como el efecto de distintos periodos de recolección en la campaña. Todo ello para evaluar su influencia sobre la evolución de la calidad del fruto y cumplir la demanda del mercado internacional que cada vez es mayor. Por ello, el objetivo de este estudio es analizar la influencia de los tratamientos aplicados en el caqui sobre la evolución de: la composición (humedad y sólidos solubles) de los frutos, los golpes y heridas, así como el necrosamiento interno, y las propiedades mecánicas y ópticas de los frutos a lo largo del almacenamiento.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que el índice de daños fue mayor en los caquis recolectados al principio de la campaña, no siendo recomendable la

refrigeración por provocar daños por frío. En los caquis de maduración adelantada y natural se recomienda eliminar la astringencia antes de confeccionar los frutos, mientras que al final de la campaña se invertirían las etapas. La refrigeración acentúa la aparición del necrosamiento interno en los caquis. Sin embargo, tratamientos precosecha con ácido giberélico (retardador de la madurez) y postcosecha con 1-MCP minimizan este daño por frío. Con el almacenamiento la composición del caqui, en cuanto a contenido de azúcares y humedad, se mantuvo constante. El índice de color aumentó con el tiempo de almacenamiento, especialmente en los frutos almacenados a temperatura ambiente, no detectándose diferencias por efecto de la línea ni por el momento de la eliminación de la astringencia. En los caquis adelantados el índice de color fue siempre inferior. Respecto a las propiedades mecánicas, al principio y mediados de la campaña del caqui el almacenamiento en refrigeración ayuda a mantener la firmeza y consistencia de los caquis. A temperatura ambiente se recomendaría eliminar la astringencia antes de confeccionar los frutos para evitar su ablandamiento. En todas las condiciones de almacenamiento y línea de confección los caquis de madurez atrasada pierden su dureza más rápidamente, con mayor reducción de la consistencia en los almacenados a temperatura ambiente.

**Palabras clave**

caqui, astringencia, conservación, líneas postcosecha, color y textura

**Títol:** Efecte dels tractaments postcollita per allargar la vida útil del caqui Rojo Brillante segons el període de recol·lecció

## **Resum**

La producció de caqui, en concret la varietat "Rojo Brillante", ha augmentat considerablement en els últims anys, gràcies a la implantació de les tècniques d'eliminació de l'astringència mantenint ferm la consistència del fruit. Com a conseqüència, les cooperatives que gestionen este producte han de fer front a la confecció del mateix en un període molt concentrat, donada la curta estacionalitat d'esta fruita (octubre-desembre). Així, l'aplicació de tractaments, tant precollita com postcollita, per a ampliar el calendari de recol·lecció del caqui podria contribuir a augmentar els beneficis obtinguts en la seua comercialització i per al desenvolupament de les zones rurals on es cultiva que fonamentalment correspon a la Ribera del Xúquer. És important tindre en compte que la major part del caqui confeccionat es destina al mercat exterior, per la qual cosa el producte ha de superar el transport per a arribar en òptimes condicions a destí.

En este sentit, la cooperativa COAGRI d'Alginet (València) en col·laboració amb l'Institut Universitari d'Enginyeria d'Aliments per al Desenvolupament (IUIAD) , i en el context d'este treball fi de grau, planteja ampliar el període de recol·lecció del caqui estudiant les diferències en la qualitat final i la seua vida útil al ser recol·lectats en diferents moments de la campanya (avançats, naturals i retardats) i confeccionats en dos línies distintes. D'altra banda, també es va a avaluar la influència del moment d'aplicació del tractament amb diòxid de carboni per a eliminar l'astringència del fruit, duent-ho a terme abans de passar per línia de confecció o després. Al mateix temps, es consideraran diferents condicions d'emmagatzemament sobre la qualitat del producte així com l'efecte de distints períodes de recol·lecció en la campanya. Tot això per a avaluar la seua influència sobre l'evolució de la qualitat del fruit i complir la demanda del mercat internacional que cada vegada és major. Per això, l'objectiu d'este estudi és analitzar la influència dels tractaments aplicats en el caqui sobre l'evolució de: la composició (humitat i sòlids solubles) dels fruits, els cops i ferides, així com el necrosament intern, i les propietats mecàniques i òptiques dels fruits al llarg de l'emmagatzemament.

Els resultats obtinguts posen de manifest que l'índex de danys va ser major en els caquis recol·lectats al principi de la campanya, no sent recomanable la refrigeració

per provocar danys per fred. En els caquis de maduració avançada i natural es recomana eliminar l'astringència abans de confeccionar els fruits, mentres que al final de la campanya s'invertirien les etapes. La refrigeració accentua l'aparició del necrosamiento intern en els caquis. No obstant això, tractaments precollita amb àcid giberèlic (retardador de la maduresa) i postcosecha amb 1-MCP minimitzen este dany per fred. Amb l'emmagatzemament la composició del caqui quant a contingut de sucres i humitat es va mantindre constant. L'índex de color va augmentar amb el temps d'emmagatzemament, especialment en els fruits emmagatzemats a temperatura ambient, no detectant-se diferències per efecte de la línia ni de moment de l'eliminació de l'astringència. En els caquis avançats l'índex de color va ser sempre inferior. Respecte a les propietats mecàniques al principi i mitjan de la campanya del caqui l'emmagatzemament en refrigeració ajuda a mantindre la fermesa i consistència dels caquis. A temperatura ambient es recomanaria eliminar l'astringència abans de confeccionar els fruits per a evitar el seu ablaniment. En totes les condicions d'emmagatzemament i línia de confecció els caquis de maduresa retardada perden la seua duresa més ràpidament, amb major reducció de la consistència en els emmagatzemats a temperatura ambient.

### **Paraules clau**

caqui, astringència, conservació, línies postcollita, color i textura

**Title:** Effect of postharvest treatments to extend shelf life of Rojo Brillante persimmon depending on the harvest period

## **Abstract**

Persimmon production has increased considerably, specifically for the variety “Rojo Brillante” variety, thanks to the implementation of techniques for removing astringency whilst maintaining the strong consistency. As a result, the cooperatives that manage this product must face its manufacturing in a short period of time, given the short seasonality of this fruit (October-December). In that sense, the application of treatments (both, preharvest and postharvest) intended to expand the harvesting period of persimmon could help to improve the profits in marketing and development of rural regions where it grows, that mainly corresponds to the Ribera del Xúquer. It is important to note that most of the produced persimmon is allocated to foreign markets, so the product must overcome transport to arrive in optimal conditions to the destination.

In this sense, the Coagri Alginet Cooperative (Valencia) in collaboration with the Institute of Food Engineering for Development (IUIAD), and in the context of this final project degree, proposes to extend the harvesting period by studying the differences in the final quality and the useful life of persimmon when this fruit is harvested in different moments of the campaign collection and to be made in two different lines. Moreover, the influence of the moment of the treatment application with carbon dioxide to remove the astringency of the fruit will be also evaluated. Concretely this last aspect will be analyzed before and after passing the production line. At the same time, the influence of different storage conditions on the product quality and the effect of different harvesting periods will be considered. All this aimed to evaluate the influence of these variables on the evolution of fruit quality and also meet the international market demand which is increasing. Therefore, the aim of this study is to analyze the evolution of the composition (moisture and soluble solids) of the fruit depending on the treatments; study the evolution of the blows and wounds, as well as internal blackening, persimmons according to the treatment applied; and evaluate the evolution of mechanical and optical persimmons over storage properties.

The results show that the damage rate was higher in khakis collected at the beginning of the campaign, not being recommended cooling since it caused cold damage. In persimmons with early and natural maturation it is recommended to remove astringency before drawing up the fruits, while at the end of the campaign stages would

be reversed. Cooling accentuates the appearance of internal stresses blackening in persimmons. However, preharvest treatments with gibberellic acid (maturity retardant) and postharvest with 1-MCP minimize this damage. During the storage, Persimmon composition, in terms of sugar and moisture content, remained constant. The color index increased with storage time, especially in fruits stored at room temperature. No differences were detected due to the line or the moment of removing astringency. In late persimmon color index was always lower. Regarding or the mechanical properties, at the beginning and at the middle of the season, cold storage helps to maintain firmness and consistency of persimmons. At room temperature, it is recommended to remove astringency before fabricating the fruits in order to avoid softening. In all the storage conditions and packing lines, persimmons of late maturity lose their hardness faster, observing a stronger reduction in consistency those stored at room temperature.

**Keywords**

persimmon, astringency, conservation, postharvest lines, color and texture



“Nunca dejes que nadie te diga que no puedes hacer algo. Si tienes un sueño, tienes que protegerlo. Las personas que no son capaces de hacer algo te dirán que tú tampoco puedes. Si quieres algo ve por ello, y punto.”  
En busca de la felicidad.

## **AGRADECIMIENTOS**

Llega el final de este camino, el que superficialmente tantas sonrisas ha conseguido, tantos dolores de cabeza a causado y por supuesto, los buenos recuerdos que siempre permanecerán.

Gracias a mis padres a quienes me atrevo a definir en dos palabras, apoyo incondicional. Un apoyo tanto moral como económico, por la preocupación, el consuelo, y sobre todo, la motivación para hacerme creer en mis peores momentos que era capaz de todo. A mi hermano, a él le debo todo lo que soy hoy.

Gracias a todos los profesores que participaron en mi proceso de formación, por sus enseñanzas, por su dedicación y su tiempo. En especial, a Marisa y Loles por guiarme en este trabajo.

Gracias a la Cooperativa Coagri de Alginet por ofrecerme la oportunidad de realizar este trabajo de final de grado, en especial a Pili por confiar en mi desde el primer día.

Gracias a mis compañeros, aquellos con los que estos últimos cuatro años de mi vida he pasado más tiempo que con mi propia familia. Alba, Ana, Eva, María, Miriam, Nacho, Nerea, Nicole, Rocío, Rosalía, Sergi. Sois sin duda lo mejor que me llevo de este camino. Os habéis convertido en amigos, confidentes, hermanos, cómplices... Gracias por estar ahí viéndome bostezar a las 8 de la mañana y pedirme un café en el Tonis, gracias por las noches de fiesta, gracias por los amplios horarios en la biblioteca, gracias por hacerme tan feliz estos cuatro años.

Como decía, estoy aquí ya, en el final del camino, porque todo lo que empieza tiene que acabar. Pero me queda el consuelo de que cuando una puerta se cierra otra se abre, y esto no es más que un nuevo comienzo.

# ÍNDICE GENERAL

---

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1	EVOLUCIÓN HISTÓRICA .....	1
1.2	EL CAQUI EN LA RIBERA DEL XÚQUER .....	1
1.3	DENOMINACIÓN DE ORIGEN .....	2
1.4	RECOLECCIÓN .....	3
1.5	PAPEL DEL ETILENO EN LA MADURACIÓN .....	4
1.6	ÁCIDO GIBERÉLICO.....	5
1.7	EXTENSIÓN DEL ALMACENAMIENTO .....	5
1.8	ELIMINACIÓN DE LA ASTRINGENCIA .....	6
1.9	MANIPULACIÓN Y ENVASADO DEL CAQUI PERSIMON .....	7
1.10	COOPERATIVA AGRÍCOLA ALGINET .....	8
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO.....</b>	<b>11</b>
2.1	OBJETIVOS.....	11
2.1.1	Objetivo general.....	11
2.1.2	Objetivos específicos.....	11
2.2	PLAN DE TRABAJO.....	11
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>13</b>
3.1	MATERIA PRIMA .....	13
3.2	TRATAMIENTOS POSTCOSECHA.....	13
3.3	DETERMINACIONES FISICOQUÍMICAS .....	14
3.3.1	Índice de daños .....	14
3.3.2	Aparición de necrosamiento interno .....	14
3.3.3	Humedad .....	14
3.3.4	Sólidos solubles .....	15
3.3.5	Propiedades ópticas .....	15
3.3.6	Propiedades mecánicas.....	16
3.4	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	17
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>18</b>
4.1	ÍNDICE DE DAÑOS .....	18
4.2	APARICIÓN DE NECROSAMIENTO INTERNO .....	21
4.3	COMPOSICIÓN (HUMEDAD Y SÓLIDOS SOLUBLES) .....	23
4.4	EVOLUCIÓN DEL COLOR .....	24
4.5	EVOLUCIÓN DE LA TEXTURA.....	26
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>29</b>
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>30</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

## 1. INTRODUCCIÓN

I.1. Logotipo de la marca registrada del caqui certificado por el Consejo Regulador de la D.O .....	3
I.2. Diagrama de flujo de la recepción, manipulación y envasado del caqui.....	8
I.3. Línea de confección de caquis con Coagri.....	9
I.4. Marcas propias con las que Coagri comercializa sus productos.....	10

## 2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

II.1. Plan de trabajo de estudio para analizar el efecto de los tratamientos post-cosecha sobre la calidad del caqui Rojo Brillante.....	12
--	----

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

III.1. A: Espectrocolorímetro portátil "X-rite" modelo RM200QC. B: Espectrocolorímetro de mesa "Minolta" modelo CM-3600d .....	16
III.2. Texturómetro TA-TXplus Texture Analyse Aname .....	17

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.1. Nivel de deterioro de los caquis .....	18
IV.2. Evolución del índice de daños de los caquis almacenados en refrigeración o temperatura ambiente, en función del momento de recolección (A y B: maduración adelantada; C y D: maduración natural y E y F: maduración atrasada) y de la línea de confección (Línea 3: A, C y E, y Línea 4: B, D y F).....	20
IV.3. Nivel de aparición de necrosamiento interno de los caquis.....	21
IV.4. Evolución de los °Brix de los caquis almacenados en función del momento de recolección .....	24
IV.5. Evolución del índice de color de la zona ecuatorial de los caquis almacenados en refrigeración o temperatura ambiente, en función del momento de recolección (A y B: maduración adelantada; C y D: maduración natural y E y F: maduración atrasada) y de la línea de confección (Línea 3: A, C y E, y Línea 4: B, D y F) .....	25
IV.6. Gráficos de interacciones de los valores de fuerza máxima de los caquis almacenados en refrigeración o temperatura ambiente, en función del momento de recolección (A y B: maduración adelantada; C y D: maduración natural y E y F: maduración atrasada) y de la línea de confección (Línea 3: A, C y E, y Línea 4: B, D y F) .....	26
IV.7. Gráficos de interacciones de los valores de consistencia de los caquis almacenados en refrigeración o temperatura ambiente, en función del momento de recolección (A y B: maduración adelantada; C y D: maduración natural y E y F: maduración atrasada) y de la línea de confección (Línea 3: A, C y E, y Línea 4: B, D y F) .....	28

## ÍNDICE DE TABLAS

---

### **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

IV.1. Porcentaje de frutos con necrosamiento interno para los distintos niveles cualitativos establecidos en los caquis de maduración adelantada y natural en función del día de almacenamiento y del tratamiento aplicado.....	22
IV.2. Porcentaje de humedad de los caquis tras la recolección en función del tipo de madurez.....	23

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 EVOLUCIÓN HISTÓRICA

El caqui (o kaki) pertenece al género *Diospyros L.*, junto con otras 400 especies distribuidas esencialmente en las zonas subtropicales y tropicales de Asia, África, América Central y del Sur (Giordani, 2002). El caqui es nativo de zonas templadas. Su nombre botánico comúnmente aceptado es *Diospyros kaki*. Es originario de China, donde se han encontrado formas silvestres de este árbol y además hay documentos del siglo V-VI sobre su cultivo en dicho país (Sugiura y Subhadrabandhu, 1996). Actualmente, la mayor parte de las áreas de cultivo del caqui están situadas en climas templados, aunque el árbol del caqui se desarrolla en un amplio rango de condiciones medio-ambientales, existiendo amplias áreas de cultivo comercial entre las latitudes 45° Norte y Sur (Mowat y George, 1994). Su introducción en estas zonas templadas es relativamente reciente. En Estados Unidos aparece en 1828 y de allí, hacia 1870, se llevó a Italia, Francia y España (Ragazzini, 1985; Llàcer y Badenes, 2002).

La difusión del caqui se produce, en un principio, como planta ornamental, siendo muy apreciada por su follaje denso y espeso de color verde oscuro en el periodo estival y por las vivaces tonalidades rojizas en otoño así como por el atractivo de sus frutos. La difusión a nivel de cultivo propiamente dicho, se llevó a cabo después de comprobar las agradables cualidades organolépticas de los frutos bien maduros (Arnal, 2003).

En España, se empezaron a cultivar como árboles aislados en jardines o huertos familiares o en pequeñas plantaciones destinadas al consumo local. Sin embargo, poco a poco se ha ido aumentando el cultivo hasta convertirse en una alternativa al cultivo de cítricos en la Comunidad Valenciana, y sobre todo en la zona de la Ribera del Xúquer donde la variedad más cultivada es la 'Rojo Brillante'.

## 1.2 EL CAQUI EN LA RIBERA DEL XÚQUER

La variedad "Rojo Brillante" es autóctona de la Ribera del Xúquer, siendo probablemente una mutación de la variedad "Cristalino" (Llàcer y Badenes, 2003). El caqui "Rojo Brillante" es el de mayor importancia comercial en la zona de la Ribera del Xúquer.

Las plantaciones de caqui “Rojo brillante” se ha incrementado considerablemente en los últimos años, en la comarca de la Ribera del Xúquer (Valencia) y en otras áreas se está empezando a cultivar como pueda ser Murcia, Andalucía o Cataluña. Concretamente, en 1992 la producción mundial de caqui era de 1320923 toneladas, mientras que en 2012 ascendió a 4382711 toneladas. Por tanto en las últimas dos décadas, la producción mundial del caqui se ha multiplicado por 3,31. (FAOSTAT, 2016). Esta gran expansión se debe a varios factores. Fundamentalmente, el desarrollo de técnicas para eliminar la astringencia que permiten la comercialización de los frutos con textura firme no astringentes ha aumentado de forma importante la ampliación de los canales de distribución (Arnal, 2003). Además, su cultivo es relativamente sencillo debido a la poca incidencia de plagas y enfermedades (Hernández, 1999; García Vida et al., 2000).

Debidos a la extensión del cultivo de caqui, en los últimos años se han registrado más incidencias de plagas y enfermedades habituales en otros cultivos. Así, en verano, hay que hacer cuidados específicos contra la *Ceratitis Capitata* (Wiedemann) similares al de los cítricos (IVIA, 2016). La aparición del hongo *Mycosphaerella nawae* en esta zona en agosto de 2008 (Berbegal, 2010) causó una gran alarma entre los agricultores pero se han aprobado tratamientos preventivos que se realizan en primavera y que han funcionado muy bien en las sucesivas campañas. También se observa presencia de “cotonet” (*Planococcus citri* (Riso)) (Hemíptera: Pseudococcidae) cuyas larvas se instalan en el cáliz del fruto produciendo abundante melaza sobre la que se desarrolla negrilla (Bodenheimer, 1951; Ebeling, 1959; Franco et al. 2000) que causa depreciación por su presencia y porque se reblandece la zona afectada. Esta plaga se puede controlar con la suelta de enemigos naturales y la eliminación de hormigas.

Ha aumentado en los últimos años la importancia de una plaga secundaria siempre asociada a cotonet que cada vez más, se está viendo de manera independiente sobre caqui (comunicación personal). Esta plaga es el lepidóptero *Cryptoblabes gnidiella* Millière (Lepidoptera: Pyralidae). Los daños de estos insectos son lesiones en la piel que hacen que la fruta sea no comercial.

### **1.3 DENOMINACIÓN DE ORIGEN**

En 1998 se creó el Consejo Regulador de la Denominación de Origen ‘Kaki Ribera del Xúquer’ (CRDO, 2002) que se rige por la Norma Europea EN-45011 y cuya última modificación fue la orden 40/2010 de la Conselleria de Agricultura, Pesca i

Alimentación en la que se recoge el Reglamento de la Denominación de Origen Protegida Kaki Ribera del Xúquer y su consejo regulador (KAKIFRUIT, 2016).

La D.O. se encarga de garantizar la calidad y procedencia del caqui 'Rojo Brillante' así como de la promoción y las campañas de publicidad para impulsar el consumo de caqui y dar a conocer nuevas formas de presentación del producto.

Desde 2014, "Persimon®" es la marca comercial registrada del Consejo Regulador de la Denominación de Origen Protegida KAKI RIBERA DEL XÚQUER, bajo la que se comercializa la variedad "Rojo Brillante", en su forma de consumo con una consistencia firme, de piel y carne anaranjada, pulpa crujiente, y sobre todo deliciosa y dulce.

La marca comercial "Persimon®" acompaña a las marcas propias de cada empresa comercializadora inscrita y certificada por el Consejo Regulador, lo que permite identificar claramente al consumidor un kaki certificado que cumple con las expectativas de calidad y seguridad alimentaria. Para ayudarle a reconocerlo, se ha creado un logotipo que acompaña a todo el kaki certificado del Consejo Regulador (Figura I.1).



**Figura I.1.** Logotipo de la marca registrada del caqui certificado por el Consejo Regulador de la D.O.

## 1.4 RECOLECCIÓN

Los frutos alcanzan su plena coloración unos 4 meses después del final de la floración, pero la recolección se realiza cuando los frutos han alcanzado los requisitos idóneos para la comercialización y la conservación (Arnal, 2003).

No existen índices objetivos que puedan fijar el comienzo de la recolección. Generalmente, se realiza cuando los frutos han alcanzado la suficiente coloración amarilla-anaranjada, sin permitir que se produzca una sobre maduración en el árbol, de forma que se permita soportar un acondicionamiento y transporte que aseguren su llegada a destino en condiciones satisfactorias. La fecha de recolección es Septiembre, Octubre, Noviembre o Diciembre, dependiendo del estadio de los frutos, de la localidad

y de las exigencias del mercado. Actualmente se están buscando métodos para alargar la campaña, tanto al inicio como al final, con tratamientos en campo que adelanten la maduración de la fruta (2,4-D, auxinas), con tratamientos en cámara que permitan aumentar la vida útil de la fruta (MCP, atmósferas controladas) o con tratamientos en campo que retrasan la maduración de la fruta en el árbol (ácido giberélico) (Arnal, 2003).

El caqui es un fruto climatérico, si se recolecta antes del cambio de coloración no madura completamente y sometido a una maduración anticipada, tienden a asumir un color parduzco, poco atractivo y de mediocres características organolépticas (Arnal, 2003). Por ello es muy importante que la recolección se realice en el momento exacto. Uno de los objetivos de los técnicos debe ser conseguir un índice de color fácilmente medible a partir del cual se pueda aconsejar a los agricultores que empiecen a recolectar.

Los frutos se deben poner con cuidado en recipientes acolchados (hojas, esponjas,...) evitando producir magulladuras o lesiones que perjudiquen la calidad comercial de los frutos ya que es una fruta muy sensible que se marca fácilmente al recibir golpes o maltrato en la recolección. Es conveniente no llenar mucho los cajones para que no se presionen en exceso las piezas que queden en la parte inferior del envase. También se aconseja que la recolección se haga con tijeras (para evitar las marcas de presión de los dedos del operario que realiza la recolección) y que se corte el pedúnculo del fruto lo más corto posible para evitar pinchazos entre frutos que producen heridas.

Normalmente estos frutos son llevados a sociedades comerciales o cooperativas que proceden a su comercialización. En estos centros, los frutos se seleccionan (se desechan los magullados, deformados, los que presentan lesiones o afecciones parasitarias) y se ordenan por uniformidad de tamaño y/o estadio de maduración. Para su comercialización los frutos uniformes en tamaño y/o color se disponen en cajas adecuadas, con el tálamo cuadrilobado hacia abajo, envueltos con llamativas etiquetas típicas del lugar de producción.

## **1.5 PAPEL DEL ETILENO EN LA MADURACIÓN**

En frutos climatéricos entre los que se encuentra el caqui, el etileno induce la maduración, es decir, promueve una serie de procesos entre los que además del aumento de la respiración se produce también el aumento de la formación de más



etileno, el aumento de la degradación de la pared celular o lo que es lo mismo, el ablandamiento debido a la acción de enzimas hidrolíticas, y cambios en la concentración y composición de los pigmentos (síntesis de antocianinas y degradación de clorofilas). La maduración de los frutos climatéricos puede iniciarse de forma natural, por un incremento de etileno endógeno producido por el fruto, o de forma comercial mediante la aplicación de etileno exógeno (maduración forzada). Caquis, kiwis y aguacates son tres de los frutos más sensibles al etileno (Besada, 2008).

En el manejo del caqui, se utiliza el etileno a una dosis controlada para iniciar el viraje de color en la fruta cuando ya tiene un tamaño adecuado mediante la adición de etileno via foliar a una dosis controlada. Es importante el color antes de la aplicación del tratamiento para asegurar la evolución del color deseada.

## **1.6 ÁCIDO GIBERÉLICO**

El ácido giberélico (GA3) cuyo nombre químico es Ácido (3S,3aS,4S,4aS,7S,9aR,9bR,12S)-7,12-dihidro-3-metil-6-metileno-2-oxoperhidro-4a,7-metano-9b,3 propeno [1,2-b] furan-4-carboxílico es un fitorregulador perteneciente a la familia de las giberelinas. Induce la división y el alargamiento celular, estimulando la mitosis en el meristemo subapical. Sustituye el efecto del frío y la duración del día sobre la ruptura del letargo invernal y la diferenciación de brotes florales. Por último, induce la formación de frutos partenocárpicos sin necesidad de la fecundación con polen, dando lugar a frutos sin semillas (Bayer cropscience, 2014). La fecha de aplicación debe ser antes de la catalización natural del etileno en los frutos y se aplica mediante atomizadores en altos volúmenes, el número de veces que se puede aplicar por campaña como máximo por ley son 2, según la autorización excepcional del MAGRAMA expedida en Octubre de 2014.

## **1.7 EXTENSIÓN DEL ALMACENAMIENTO**

En la última década se han introducido nuevas técnicas que permiten prolongar el periodo de cosecha y almacenamiento, como es el caso de la frigoconservación. Sin embargo, la variedad “Rojo Brillante” y otras como “Fuyu” o “Suruga” (Collins y Tisdell, 1995) presentan sensibilidad a bajas temperaturas. Esta sensibilidad se manifiesta con daños en la fruta cuando se conservan a temperaturas inferiores a 11°C (Arnal y Del Rio, 2004). El principal síntoma de daño por frío en esta variedad es un ablandamiento

de la pulpa. Cuando el fruto permanece a bajas temperaturas los daños no son visibles, pero al transferir los frutos a temperaturas de comercialización la pérdida de firmeza se hace visible en tan solo 2 ó 3 días. Otro síntoma se manifiesta cuando se almacena en un periodo variable a 1°C y se transfiere a 20°C, lo que provoca un cambio estructural en la pulpa, manifestándose de forma dura y gomosa (Arnal et al., 2005; Salvador et al., 2005a; Besada, 2008).

Fruto de las investigaciones realizadas en este campo, comentadas anteriormente, se recomienda el almacenamiento del caqui a 15°C. Sin embargo, a esta temperatura la fruta sufre un debilitamiento progresivo que limita su capacidad de almacenamiento a periodos que no superen 20 días (Besada et al., 2008).

Se han obtenido resultados interesantes en el control de daños por frío en caqui mediante la aplicación tras la cosecha del 1-Metilciclopropeno (1-MCP). Este producto es un potente inhibidor de la acción del etileno y su uso está registrado en España por la Comisión de Productos fitosanitarios el 9 de Mayo de 2007 para tratamientos postcosecha en manzana, caqui, ciruela y tomate. La aplicación en caqui se realiza previamente a la conservación a 1°C, consiguiendo reducir el daño por frío en la pulpa al transferir el fruto a temperaturas de comercialización (Arnal y Del Río, 2004; Salvador et al., 2004a). También ha sido efectivo durante el almacenamiento del caqui a temperaturas moderadas, como 15°C, donde se ha utilizado para retrasar la maduración y el control del ablandamiento (Salvador et al., 2004c).

## **1.8 ELIMINACIÓN DE LA ASTRINGENCIA**

A partir de experiencias realizadas en el Centro de Tecnología de Postcosecha del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), se ha establecido como método estándar para reducir la astringencia del fruto mantenerlo en cámara estanca durante 24 h con condiciones constantes de 95 % de CO<sub>2</sub>, 20°C y 90 % de H.R. (Salvador et. Al., 2004a).

Cómo este proceso dura 24 horas, a nivel comercial es más interesante realizarlo previamente a la manipulación para poder expedir la fruta que pase por línea el mismo día pero a nivel de conservación es más interesante manipular la fruta en áspero.

Hay que tener en cuenta que el proceso de desastringencia dura 24 h y puede ser un hándicap en el proceso comercial ya que los pedidos han de estar planificados si

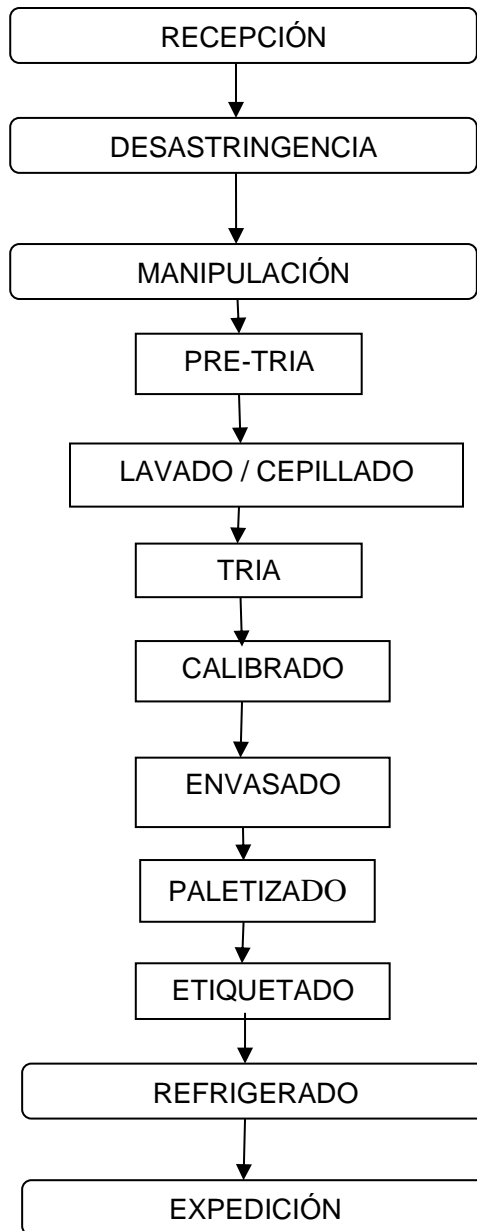
se realiza la desastringencia después de la confección. Por otra parte, la confección de la fruta previamente a la aplicación del tratamiento de desastringencia podría prevenir la aparición de pardeamiento durante su posterior almacenamiento y comercialización, (C. Besada, 2008).

Las líneas de envasado con las que cuenta la cooperativa son diferentes, una de ellas es rapid pack, en la que fruta cae directamente sobre el envase y los operarios la arreglan directamente en la caja para la presentación final y la otra línea es de encajado manual, en la que los operarios cogen la fruta una a una y la colocan sobre el envase. Como hay diferencias importantes en el trato a la fruta, queremos ver como incide este proceso en la calidad final del producto y en su evolución durante la comercialización.

## **1.9 MANIPULACIÓN Y ENVASADO DEL CAQUI PERSIMON**

El caqui Persimon se puede presentar al consumidor en varios tipos de envases, generalmente encajado en un alveolo de plástico en cajas de madera o de cartón, aunque los calibres más pequeños también pueden presentarse en cestas con malla o bien, en envases con flowpack.

Hasta llegar al envasado final, el caqui debe pasar por varias etapas que presentamos en el siguiente diagrama de flujo:



**Figura I.2.** Diagrama de flujo de la recepción, manipulación y envasado del caqui

### **1.10 COOPERATIVA AGRÍCOLA ALGINET**

Agrícola Alginet S. Coop V (Coagri) fue fundada en 1946 gracias a la iniciativa de un grupo de agricultores de Alginet que buscaban un modo de hacer llegar sus productos a los consumidores. Tiene sus antecedentes en un Sindicato Agrario Católico de principios del siglo XX cuya actividad inicial fue la compra conjunta de abonos a pequeña escala.

Inicialmente la producción, principalmente de hortalizas se destinó al mercado interior para posteriormente iniciar las exportaciones con productos menos perecederos

como los cítricos. Desde aquellos lejanos días COAGRI no ha dejado de crecer y expansionarse y en la actualidad cuenta con más de 2500 socios y una capacidad de producir y manipular más de 50 millones de kilos al año.

La Campaña 2009-2010 alcanzamos una producción de 34 de millones de kilos destinándose la mayor parte a la exportación a países de Europa y Estados Unidos donde las marcas que comercializamos gozan de gran prestigio.

Coagri como Cooperativa líder del sector siempre está a la vanguardia de las nuevas tecnologías, y paulatinamente ha ido incorporando a su proceso productivo, las máquinas tecnológicamente más avanzadas, eficientes y respetuosas con el medio ambiente, que junto al personal cualificado hace que sus productos lleguen al consumidor en unas condiciones inmejorables.



**Figura I.3.** Línea de confección de caquis de Coagri

En Coagri se esfuerzan en ofrecer productos de calidad, sanos y seguros a sus clientes. Por ello, nos esforzamos en todo el proceso productivo, desde el campo hasta la expedición para cumplir los requisitos demandados por nuestros clientes y otros requerimientos legales o reglamentarios tales como el Sistema de APPCC (Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico), GLOBALGAP, BPA o BPM.

En la actualidad Coagri dispone de 4 almacenes con una superficie total de más de 24.000 m<sup>2</sup> que albergan sus instalaciones, en ellas podemos destacar 10 líneas de confección distribuidas de la siguiente forma:

- 1 línea de sandía.
- 3 líneas para verduras.
- 2 líneas para caqui.
- 2 líneas para melocotón / nectarina.
- 3 líneas para cítricos.

Además de las líneas de confección disponen de 6 cámaras de conservación con más de 5.400 m<sup>3</sup> y una capacidad de más de 1.100 Tm, 2 cámaras de maduración con más de 2.300 m<sup>3</sup> y una capacidad de más de 450 Tm, 2 cámaras de preenfriamiento con más de 4.500 m<sup>3</sup> y una capacidad de más de 500 Tm, 5 muelles de carga / descarga para la entrada y salida de la mercancía, 4 básculas electrónicas y 2 laboratorios para el control de calidad de nuestros productos.

Coagri dispone de marcas propias con las que comercializan sus productos: Coagri, Algineco, Algival, Coagri 24 Karat. Al adquirir un producto de cualquiera de sus marcas, usted está adquiriendo un producto de alta calidad, sano, y seguro que ha sido mimado durante todo su proceso productivo, desde el árbol o plantación hasta su expedición.



**Figura I.4.** Marcas propias con las que Coagri comercializa sus productos

## **2. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO**

### **2.1 OBJETIVOS**

#### **2.1.1 Objetivo general**

Evaluar diferentes tratamientos postcosecha para prolongar la vida útil del caqui Rojo Brillante recolectado en tres periodos distintos de la campaña (maduración adelantada, natural y atrasada) analizando la evolución de sus características fisicoquímicas. Concretamente, se ha considerado el efecto del paso por dos líneas diferentes de confección, el momento de aplicación del CO<sub>2</sub> para eliminar la astringencia (antes o después del paso por línea) y la temperatura de almacenamiento (refrigeración o ambiente).

#### **2.1.2 Objetivos específicos**

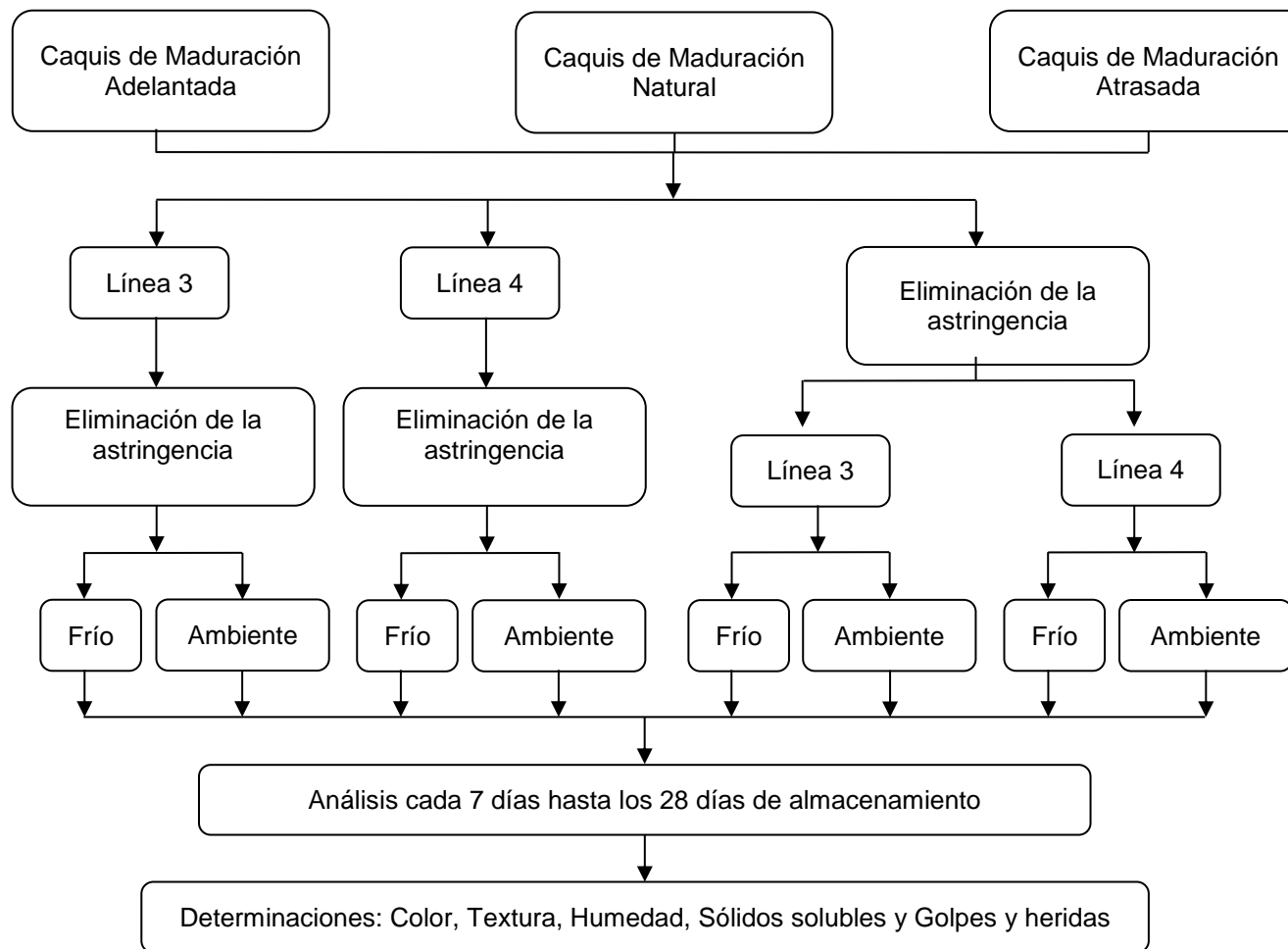
- Estudiar la evolución de los golpes y heridas, así como el necrosamiento interno, de los caquis según el tratamiento aplicado
- Analizar la evolución de la composición (humedad y sólidos solubles) de los frutos en función de los tratamientos estudiados.
- Evaluar la evolución de las propiedades mecánicas y ópticas de los caquis a lo largo del almacenamiento.

### **2.2 PLAN DE TRABAJO**

Para abordar estos objetivos, se ha llevado a cabo el siguiente plan de trabajo:

- Búsqueda bibliográfica sobre los tratamientos postcosecha para prolongar su vida útil.
- Procesado por línea y aplicación del tratamiento de desastringencia (o en orden inverso) en los diferentes periodos de recolección.
- Almacenamiento a temperatura ambiente y en refrigeración durante cuatro semanas para los caquis recolectados con madurez adelantada, natural o atrasada.
- Determinaciones fisicoquímicas para evaluar la calidad del fruto (humedad, sólidos solubles, golpes y heridas, necrosamiento interno, textura y color).

A continuación, se presenta el esquema de la fase dentro del plan de trabajo establecido (Figura II.1).



**Figura II.1.** Plan de trabajo de estudio para analizar el efecto de los tratamientos postcosecha sobre la calidad del caqui *Rojo Brillante*



### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 MATERIA PRIMA**

Las experiencias se llevaron a cabo con caquis (*Diospyros kaki* L.f.) de la variedad "Rojo Brillante". Estos frutos fueron recogidos por la cooperativa Coagri de Alginet (Valencia, España) en la campaña 2015-2016 entre los meses de septiembre a enero. Para escalonar los periodos de recolección, en campo se aplicaron tratamientos precosecha (etefón para adelantar y ácido giberélico para atrasar la recolección) para ampliar así el calendario de distribución del fruto en el mercado. De esta forma, se trabajó con tres lotes de caquis con distinta fecha de recolección. En concreto, los caquis adelantados se recolectaron el 8 de octubre, los caquis de madurez natural, el 9 de noviembre y los atrasados el 14 de diciembre.

#### **3.2 TRATAMIENTOS POSTCOSECHA**

Como se ha comentado en el plan de trabajo, los caquis recolectados fueron distribuidos en dos partidas. Una de ellas se trató con un 90% de CO<sub>2</sub> para eliminar la astringencia (24 horas y 95% H.R.) y después se confeccionó y la otra se pasó primero por línea y después se trató con CO<sub>2</sub> con el fin de evaluar en qué condiciones se alcanza una mejor calidad del fruto. Además, en cada caso, los caquis se almacenaron a temperatura ambiente o en refrigeración.

Por otra parte, en este trabajo también se evaluó el efecto del tipo de línea de confección sobre la calidad del caqui. Para ello, la cooperativa dispone de una línea antigua (L3) utilizada inicialmente para la confección de cítricos, pero destinada también al manejo de otras frutas en función de sus necesidades como el caqui o el melocotón y de una nueva línea (L4) diseñada exclusivamente para el manejo del caqui.

En cada momento de recolección, 800 frutos fueron utilizados. 400 frutos se trataron por la línea correspondiente (200 en la L3 y 200 en la L4) y después con CO<sub>2</sub> para eliminar la astringencia, mientras que en los otros 400 caquis se invirtió el orden de estos tratamientos. Por último, 100 frutos de cada combinación de tratamientos fueron almacenadas en refrigeración y otros 100 se dejaron a temperatura ambiente.

Para ello, en la nomenclatura utilizada en cada tratamiento siguió se indicó primero si se había aplicado el tratamiento de CO<sub>2</sub> o el paso por línea indicando primero CO<sub>2</sub> o la línea correspondiente (L3 ó L4) o viceversa y después la temperatura de trabajo (ambiente: Tamb o refrigeración Tfrío). Como ejemplo, el acrónimo utilizado para identificar que se realizó primero el tratamiento de eliminación de la astringencia en la línea 3 y los frutos se almacenaron en frío fue: CO<sub>2</sub>/L3 Tamb.

Las determinaciones analíticas se llevaron a cabo los días 0, 7, 14, 21 y 28 de almacenamiento, para los caquis procedentes de los tres momentos de la campaña.

### **3.3 DETERMINACIONES FISICOQUÍMICAS**

#### **3.3.1 Índice de daños**

Para el control de los golpes y heridas se realizó una clasificación según el índice de daños (ID) provocados en el fruto en el momento de su procesado. Dicha clasificación separaba los caquis en: caquis comerciales de primera (C1), definidos como aquéllos que no presentaban ningún tipo de golpe ni herida; caquis comerciales de segunda (C2), que presentaban algunas heridas o golpes en una superficie inferior al 10% del total del fruto y caquis no comerciales (NC) con problemas que superaban el 10% de la superficie del fruto. Para ello, se analizaron 20 frutos de cada tiempo y tratamiento.

A partir de los valores obtenidos durante la clasificación, se calculó el Índice de Daños (ID) siguiendo la Ecuación III.1.

$$ID = \frac{C1 \cdot 0 + C2 \cdot 1 + NC \cdot 2}{20} \text{ (Ecuación III.1)}$$

#### **3.3.2 Aparición necrosamiento interno**

Al abrir cada pieza se anotó si habían aparecido o no frutos con necrosamiento interno. Se realizó esta observación sobre 20 frutos en cada tratamiento.

#### **3.3.3 Humedad**

Tanto para la humedad como para sólidos solubles, los caquis se distribuyeron 2 muestras compuestas por 5 frutos cada una que se trituraron (Thermomix® modelo TM 31) utilizando el puré para estos análisis.

La humedad se determinó por gravimetría hasta pesos constantes, utilizando el método 934.06 (AOAC, 2000) para frutas ricas en azúcar. De los dos purés de caquis obtenidos para cada tratamiento se realizó un duplicado de la humedad, obteniendo cuatro repeticiones para cada tratamiento y tiempo de almacenamiento.

### **3.3.4 Sólidos solubles**

Para determinar el contenido en sólidos solubles se empleará un refractómetro “Abbe Atago” modelo 89553 de Carl Zeiss, termostatado a 20°C, utilizando la fase líquida de los purés de caquis y realizando un duplicado para cada puré, dando lugar a cuatro repeticiones para cada tratamiento y tiempo de almacenamiento. Al ser el caqui “Rojo Brillante” una variedad astringente se procedió a precipitar los taninos solubles previamente a la determinación de los °Brix, para evitar valores de lectura erróneos (Sugiura *et al.*, 1983). Para ello, primero se mezclaron en un tubo de centrifuga 5 mL de puré de caqui con 5 mL de una disolución de polietilenglicol (PEG) al 5% y a continuación la mezcla se centrifugará durante 5 minutos a 5.000 rpm, a una temperatura de 20°C. Las medidas de °Brix se realizaron a partir del sobrenadante con la ayuda de una pipeta Pasteur de punta capilar. El cálculo de °Brix se realizó restando el valor obtenido con un blanco (5 mL de la solución de PEG al 5% con 5 mL de agua destilada) a la lectura obtenida de la fase líquida del puré de caqui y considerando el factor de dilución (1:2).

### **3.3.5 Propiedades ópticas**

Para el análisis de color de las muestras de caqui, se utilizó un espectrocolorímetro portátil (“X-rite” modelo RM200QC) (Figura III.1) adquirido por la cooperativa para realizar estudios diarios del color durante el procesado del fruto, permitiendo conocer de forma objetiva la evolución del color en el fruto tanto en campo como en almacenamiento.

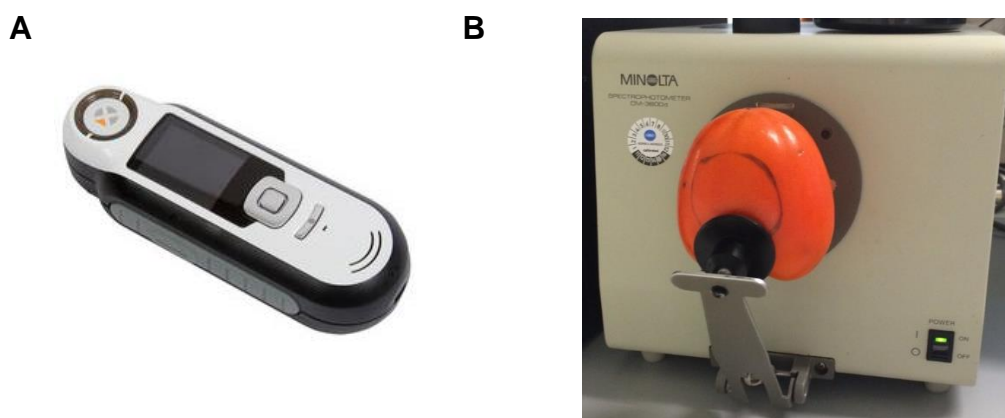
Durante los análisis de la cosecha natural se tuvieron problemas con el espectrocolorímetro portátil (“X-rite” modelo RM200QC), de este modo se tuvo que recurrir a realizar las mediciones de color con el colorímetro de mesa (“Minolta” modelo CM-3600d) del laboratorio del IUIAD. No obstante, en un trabajo previo realizado en caqui se corroboró que no existían diferencias significativas entre los resultados de ambos (Amigo, 2014). En ambos colorímetros se determinaron las coordenadas de color CIE L\*a\*b\* utilizando como referencia el observador 10° e iluminador D65. Se utilizó un

área de medida pequeña, el componente especular (SCI), la energía UV incluida y un destello por medición.

En veinte frutos por tratamiento y tiempo de almacenamiento se analizaron las propiedades ópticas, limpiándolos previamente con un paño para eliminar la pruina que podría interferir en la medida del color. Se hicieron dos medidas en la zona ecuatorial de cada fruto.

A partir de los valores de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ , se calculó el Índice de Color (IC) siguiendo la Ecuación III.2.

$$IC = \frac{1000 \cdot a}{L \cdot b} \text{ (Ecuación III. 2)}$$

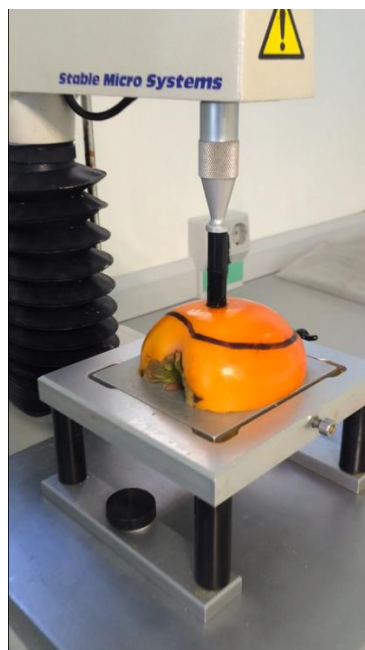


**Figura III.1. A:** Espectrocolorímetro portátil “X-rite” modelo RM200QC. **B:** Espectrocolorímetro de mesa “Minolta” modelo CM-3600d.

### 3.3.6 Propiedades mecánicas

El análisis de la textura de los caquis en función de los tratamientos estudiados se llevó a cabo partiendo por la mitad los frutos para poder colocar la zona plana sobre la plataforma del Texturómetro (TA-XTplusTextureAnalyseAname), como se observa en la Figura III.2, analizando la textura en la parte ecuatorial del caqui. Se realizó un test de compresión con un punzón de 10 mm de diámetro a una velocidad de 2 mm/s y a una distancia de penetración de 20 mm. Previamente al análisis, se calibró el equipo con una placa de diana con una altura de calibrado de 50 mm. Los parámetros analizados en el ensayo de compresión serán: la fuerza máxima ( $F_{\text{máx}}$  en N) requerida por el punzón para atravesar completamente la muestra y el área por debajo de la curva hasta una distancia de penetración de 15 mm (N·mm).

La medida de textura de las muestras de caqui se realizará a temperatura ambiente. Para cada tratamiento y tiempo, se realizaron veinte repeticiones (2 por fruto) del análisis de textura.



**Figura III.2.** Texturómetro TA-TXplus Texture Analyse Aname

### **3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El análisis estadístico de los resultados se llevó a cabo mediante el programa Statgraphics Centurión versión XVI.I (2013), realizando un Análisis de Varianza (ANOVA) utilizando un test de comparación múltiple con un nivel de significación del 95% ( $p < 0,05$ ) para evaluar las diferencias entre los distintos tratamientos y condiciones de almacenamiento.

Para los resultados de color y textura, el análisis de la varianza se realizó de forma independiente para cada momento de recolección.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 ÍNDICE DE DAÑOS

Tal y como se ha comentado en Materiales y Métodos, el índice de daños se evaluó según tres niveles. Para poner de manifiesto el tipo de daños encontrados en los caquis en la Figura IV.1 se presentan ejemplos de los tres niveles de deterioro registrados.



**Figura IV.1.** Nivel de deterioro de los caquis

En la Figura IV.2 se presenta la evolución del índice de daños de los caquis sometidos a diferentes tratamientos y tiempos de almacenamiento. Como cabía esperar, a medida que se avanzó en el tiempo de almacenamiento se manifestaron más golpes y heridas en los frutos.

En primer lugar, en los caquis con maduración adelantada es donde más daños se observaron tanto al final del almacenamiento como a lo largo de éste. En la línea 3 a los 7 días de almacenamiento el índice de daños fue mayor al pasar los frutos primero por línea y después por el proceso de eliminación de la astringencia. Además, la refrigeración redujo la aparición de daños en este intervalo de tiempo. Sin embargo, cuando se prolongó el almacenamiento (14 y 21 días) hubo más daños en los caquis almacenados en refrigeración como consecuencia de la aparición del "chilling injury". Estos daños se manifiestan en el caqui almacenado a temperaturas inferiores a 8°C siendo los síntomas más característicos la gelificación de la pulpa y la pérdida de firmeza (Salvador et al., 2004). En este periodo de almacenamiento, la eliminación de la astringencia después del pase por la línea, sí mejoraría el estado de los frutos. En general, a los 28 días de almacenamiento los caquis sufrieron muchos deterioros, aunque en menor medida cuando se eliminó primero la astringencia y se pasaron por línea después, siendo almacenados a temperatura ambiente. Por tanto, en los caquis

de maduración adelantada y procesados por la línea 3 se recomendaría el paso primero por CO<sub>2</sub> y después por línea, manteniendo el almacenamiento a temperatura ambiente, para así reducir en lo posible el índice de daños. Respecto a la línea 4 no se observaron diferencias importantes entre todos los tratamientos a 7 y a 14 días de almacenamiento. Del mismo modo que en la línea 3, el frío aumentó la incidencia de daños aunque sólo en los casos en los que se eliminó primero la astringencia y después se pasó por línea. Por todo ello, de nuevo se confirma que el tratamiento recomendable sería eliminar la astringencia antes de pasar por línea los frutos y almacenar a temperatura ambiente. Para este periodo de la campaña y para estas condiciones de confección no habría diferencias entre el uso de la línea 3 y la línea 4.

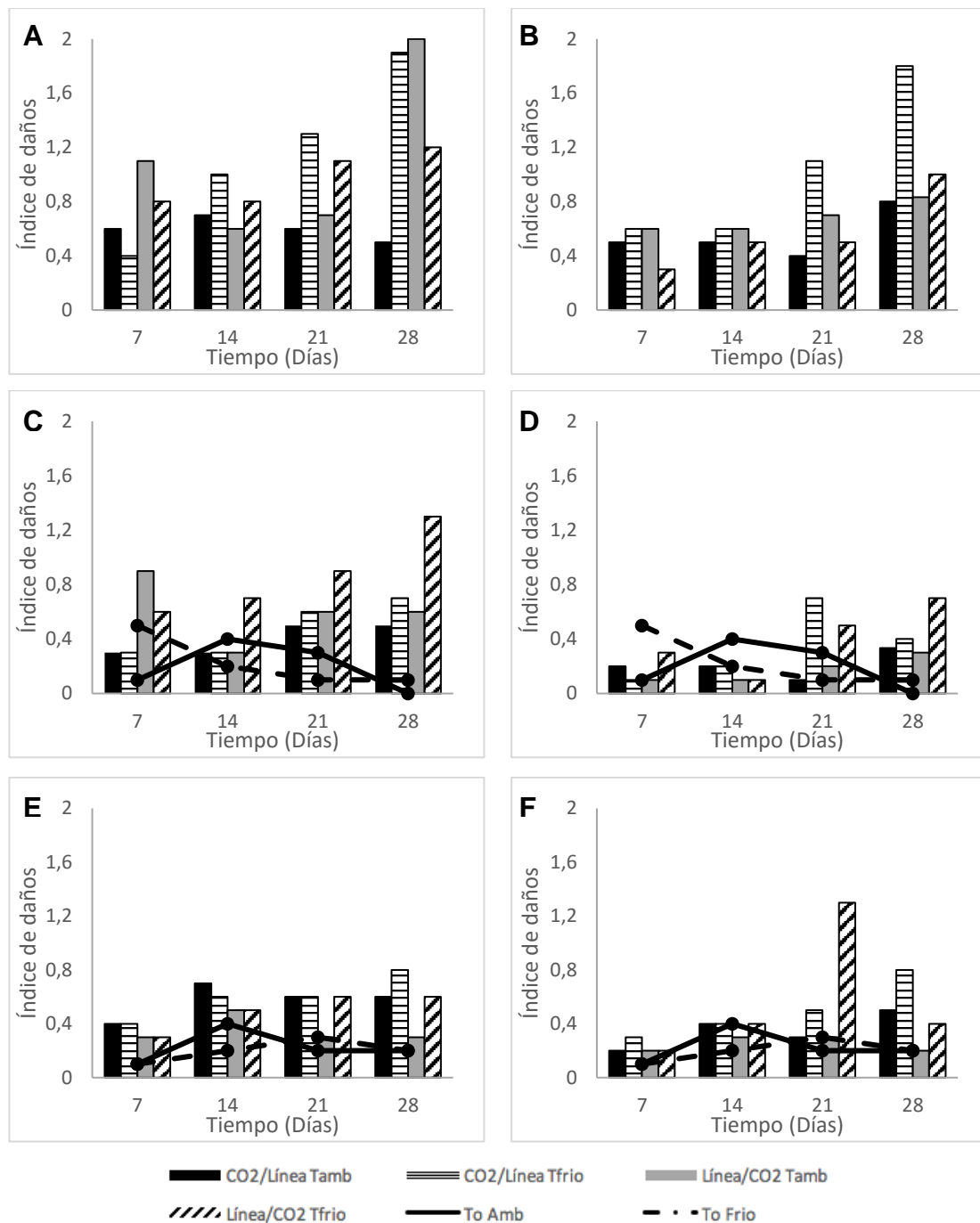
Por otra parte, en los caquis de maduración natural, al igual que en los adelantados, el índice de daños aumentó con la refrigeración y con el tiempo de almacenamiento. Además, se confirmó que era más favorable eliminar la astringencia previamente a la confección. Comparando las dos líneas, estos daños fueron menores en la línea 4. En este sentido, el deterioro de los frutos podría deberse a daños mecánicos inducidos según la línea utilizada para la confección. Dentro de los daños mecánicos, se pueden encontrar golpes por impacto, abrasión, compresión y punción (Li et al., 2014). Por tanto, también se recomendaría para los caquis de maduración natural primero el proceso de eliminación de la astringencia. En este periodo, la línea 4 parece inducir menos daños en los frutos.

En los frutos con maduración atrasada se observó una reducción del índice de daños cuando se pasaron primero por línea y después se sometieron al tratamiento de eliminación de la astringencia. De nuevo, en estas condiciones el frío favoreció la aparición de daños.

La manipulación de los frutos aumentó los daños como se puede observar por los resultados de las líneas de las gráficas que representan los daños de los caquis no tratados con CO<sub>2</sub> ni pasados por línea (muestras testigos).

Por todo lo anterior, desde el punto de vista del índice de daños para los caquis de maduración adelantada y natural se recomendaría eliminar la astringencia y después tratar por línea, tanto por la 3 como por la 4 en los adelantados y sólo por la 4 en los naturales. El almacenamiento en refrigeración provoca en todos los casos daños por frío en mayor medida cuanto más adelantada es la recolección. Sin embargo, en los caquis

de maduración atrasada se podría eliminar la astringencia después del pase por cualquiera de las líneas.

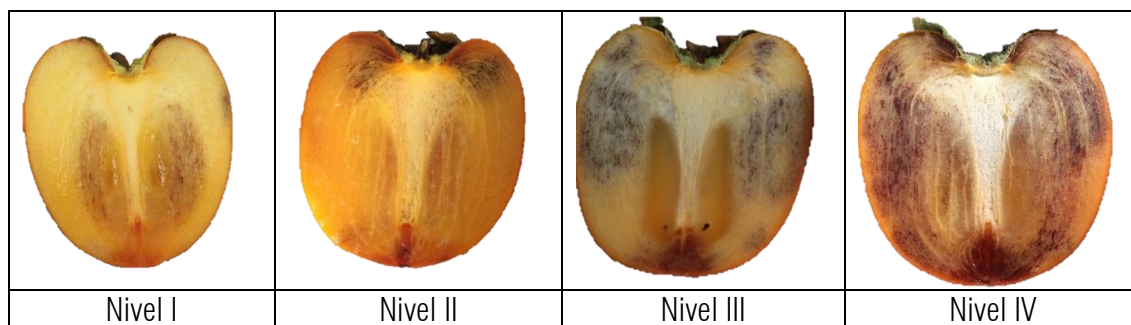


**Figura IV.2.** Evolución del índice de daños de los caquis almacenados en refrigeración o temperatura ambiente, en función del momento de recolección (A y B: maduración adelantada; C y D: maduración natural y E y F: maduración atrasada) y de la línea de confección (Línea 3: A, C y E, y Línea 4: B, D y F)



## 4.2 APARICIÓN DE NECROSAMIENTO INTERNO

En la Figura IV.3 se presentan ejemplos de distintos niveles de necrosamiento interno registrados en los caquis estudiados. A su vez en la Tabla IV.1 se indican los porcentajes de frutos con los niveles registrados de necrosamiento interno en función del tiempo de almacenamiento y del tratamiento aplicado para cada momento de la recolección.



**Figura IV.3.** Nivel de aparición de necrosamiento interno en los caquis

Según Orihuel-Iranzo et al., 2010, la sensibilidad a los daños por frío de los caqui depende de la campaña, de la zona de cultivo y del estado de madurez del fruto en la cosecha. Además, estos autores también indican que temperaturas de almacenamiento del caqui moderadas, sobre 10°C, provocan daños más intensos que temperaturas más bajas, como 1°C. De acuerdo a los resultados de la Tabla IV.1, los tratamientos en campo para adelantar o retrasar la cosecha del caqui previenen la aparición del necrosamiento interno durante las tres primeras semanas de almacenamiento. Este comportamiento es más evidente en los caquis de maduración atrasada probablemente como consecuencia del efecto protector del ácido giberélico aplicado en estos casos. Por otra parte, el necrosamiento interno se manifestó más en los caquis de maduración adelantada almacenados en la cámara de refrigeración que a temperatura ambiente por la mayor incidencia de los daños por frío. Además, en los caquis de maduración natural sólo apareció cuando fueron refrigerados. Este tipo de problemas, se puede reducir con la aplicación de 1-metilciclopropeno (1-MCP) tanto antes o después de la refrigeración, reduciendo las pérdidas de firmeza asociadas también a los daños por frío (Salvador et al., 2004b, Besada et al., 2008). De hecho, los caquis de maduración atrasada que han sido tratados con 1-MCP tampoco presentaron necrosamiento interno. Por tanto, además de evitar el ablandamiento, este antagonista del etileno junto al ácido giberélico, evitaría el necrosamiento. En cualquier caso, los frutos se podrían almacenar como mínimo durante dos semanas a temperatura ambiente sin manifestar necrosamiento en todas las condiciones consideradas.

**Tabla IV. 1.** Porcentaje de frutos con necrosamiento interno para los distintos niveles cualitativos establecidos en los caquis de maduración adelantada y natural en función del día de almacenamiento y del tratamiento aplicado.

DÍA	TRATAMIENTO	NIVEL 1			NIVEL 2			NIVEL 3			NIVEL 4		
		Ad.	Nat.	Atr.	Ad.	Nat.	Atr.	Ad.	Nat.	Atr.	Ad.	Nat.	Atr.
14	L3/CO2 Tamb												
	L3/CO2 Tfrío					25%							
	CO2/L3 Tamb												
	CO2/L3 Tfrío								50%				
	L4/CO2 Tamb												
	L4/CO2 Tfrío					50%							
	CO2/L4 Tamb												
	CO2/L4 Tfrío									25%			
21	L3/CO2 Tamb												
	L3/CO2 Tfrío							+50%	50%		10%		
	CO2/L3 Tamb												
	CO2/L3 Tfrío										10%	50%	
	L4/CO2 Tamb												
	L4/CO2 Tfrío	+75%				50%							
	CO2/L4 Tamb												
	CO2/L4 Tfrío	+75%								50%			
28	L3/CO2 Tamb				+75%								
	L3/CO2 Tfrío							+75%	75%				
	CO2/L3 Tamb				+75%								
	CO2/L3 Tfrío										+75%	75%	
	L4/CO2 Tamb				+75%								
	L4/CO2 Tfrío							+75%	75%				
	CO2/L4 Tamb				+75%								
	CO2/L4 Tfrío										+75%	75%	

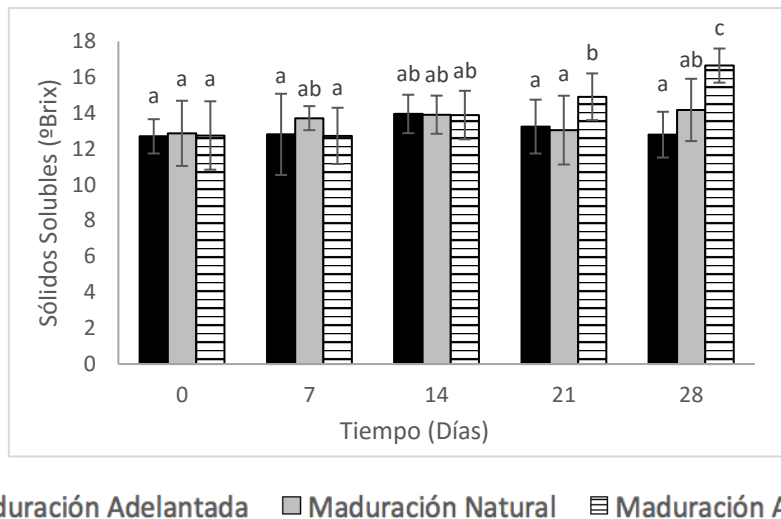
### 4.3 COMPOSICIÓN (HUMEDAD Y SÓLIDOS SOLUBLES)

En la Tabla IV.2 se recogen los valores promedio de humedad de los caquis en función del periodo de recolección que fueron similares a los registrados en la campaña de caqui del año anterior (Chofre, 2015). En ningún caso se observaron diferencias con el tiempo de almacenamiento ni por los tratamientos postcosecha aplicados o por la línea de confección empleada. Los caquis recolectados al final de la campaña presentaron una humedad inferior al resto. No obstante, las diferencias encontradas no fueron muy relevantes, lo que la humedad de los caquis se mantuvo estable durante la manipulación postcosecha.

**Tabla IV.2.** Porcentajes de humedad de los caquis tras la recolección en función del tipo de madurez

<b>Periodo de recolección</b>	<b>% Humedad</b>
<b>Adelantado</b>	83.5±0.8 <sup>b</sup>
<b>Natural</b>	83±3 <sup>b</sup>
<b>Atrasado</b>	82±3 <sup>a</sup>

En cuanto a los sólidos solubles en la Figura IV.4 se presentan los resultados de los caquis en función del periodo de recolección y del tiempo de almacenamiento, ya que no se observaron diferencias significativas por el efecto de los tratamientos postcosecha (momento de aplicación del CO<sub>2</sub> y procesado por línea). Como se puede ver, los sólidos solubles no aumentaron con el tiempo de almacenamiento excepto en los caquis recolectados al final de la campaña donde aumentaron a partir de los 14 días.



**Figura IV.4.** Evolución de los °Brix de los caquis almacenados en función del momento de recolección

#### 4.4 EVOLUCIÓN DEL COLOR

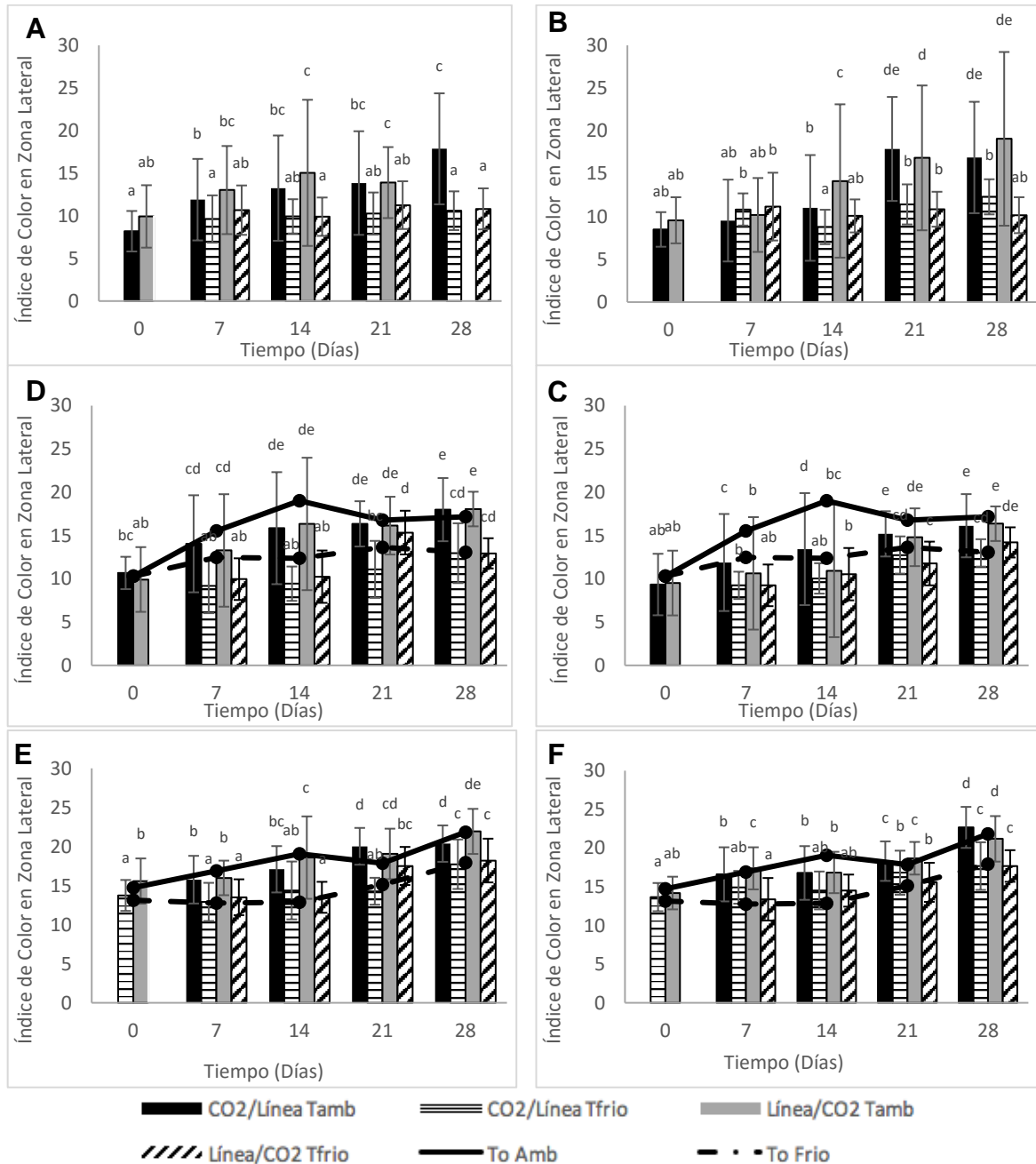
En la Figura IV.5 se presenta la evolución del índice de color de la zona ecuatorial de los caquis sometidos a diferentes tratamientos y tiempos de almacenamiento.

Inicialmente todos los caquis se recolectaron con valores de índice de color (IC) comprendidos entre 7-12 siguiendo el criterio establecido por Amigo-Sánchez (2014), tras realizar medidas de color en campo de caqui de la misma zona de cultivo que en este Trabajo de Final de Grado. De acuerdo con lo esperado, a medida que avanzó el tiempo de almacenamiento, el índice de color aumentó, especialmente en los frutos almacenados a temperatura ambiente como se observó en un trabajo previo (Chofre, 2015). Este hecho se constata observando la evolución de las líneas que representan a los caquis testigos no sometidos a ningún tratamiento que han sido almacenados a distinta temperatura. Además, se registraron valores menores del índice de color en los caquis adelantados respecto a los de madurez natural o atrasada como en la campaña anterior (Chofre, 2015). Asimismo, los caquis adelantados manifestaron una mayor variabilidad en el IC que los otros. En los tres momentos de recolección y especialmente en los caquis de madurez adelantada, se observó que la refrigeración ralentizó la evolución del índice de color de los frutos.

Por otra parte, cabe destacar que no existen datos de la evolución del color en los frutos procesados por la línea 3 y su posterior paso por CO<sub>2</sub> a los 28 días en los caquis de maduración adelantada. En este punto del proceso experimental, los caquis

habían sufrido una maduración excesiva y a consecuencia de ello era imposible realizar la medida de color en dichos frutos.

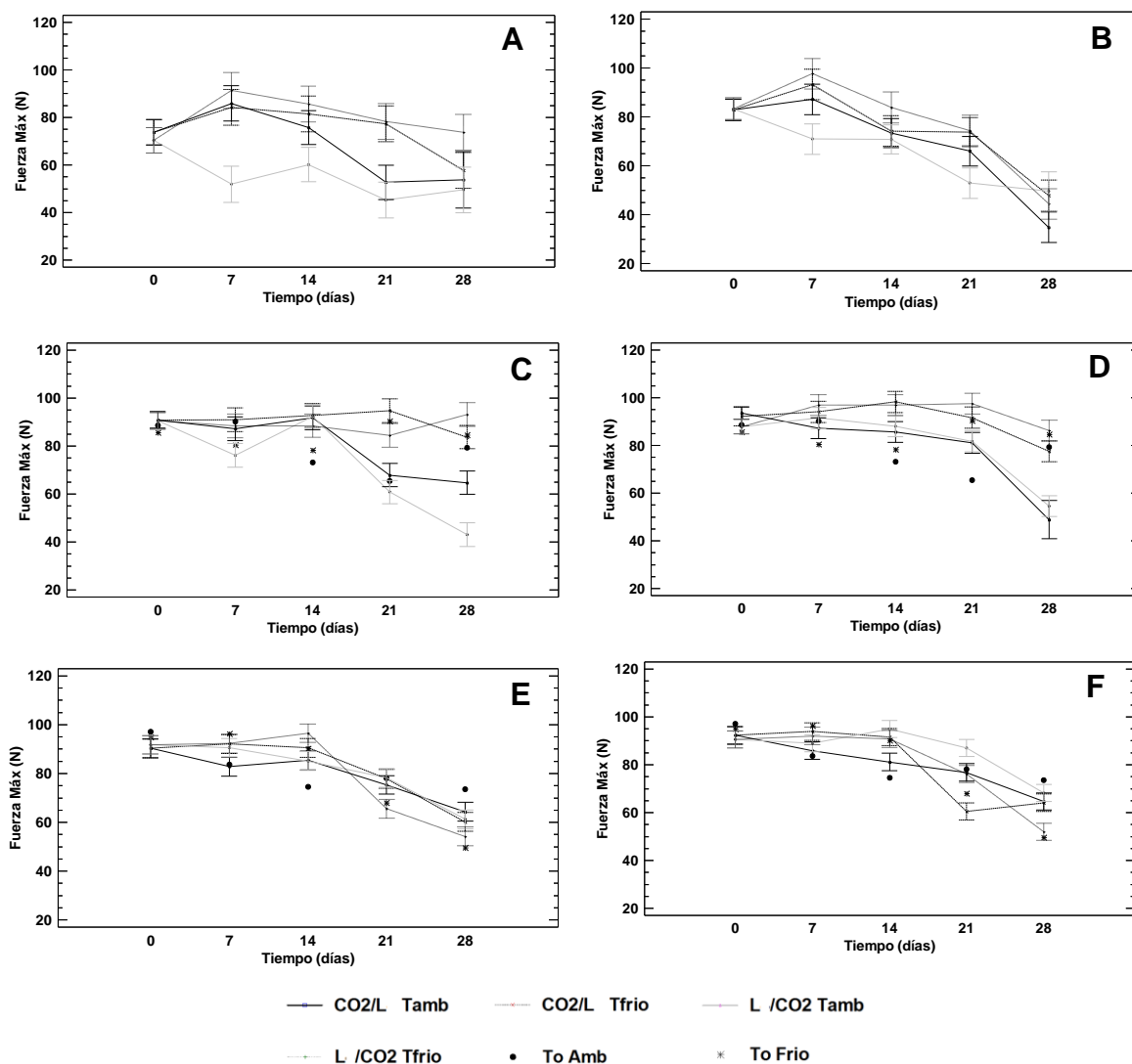
Nos se registraron diferencias significativas ni por el efecto del momento de eliminación de la astringencia ni por el tipo de línea empleada.



**Figura IV.5.** Evolución del índice de color de la zona ecuatorial de los caquis almacenados en refrigeración o temperatura ambiente, en función del momento de recolección (A y B: maduración adelantada; C y D: maduración natural y E y F: maduración atrasada) y de la línea de confección (Línea 3: A, C y E, y Línea 4: B, D y F)

## 4.5 EVOLUCIÓN DE LA TEXTURA

En las siguientes figuras se presentan los valores obtenidos para los parámetros de textura estudiados: fuerza máxima (Figura IV.6) y consistencia (Figura IV.7) para los caquis en función del tratamiento aplicado y del tiempo de almacenamiento.



**Figura IV.6.** Gráficos de interacciones de los valores de fuerza máxima de los caquis almacenados en refrigeración o temperatura ambiente, en función del momento de recolección (A y B: maduración adelantada; C y D: maduración natural y E y F: maduración atrasada) y de la línea de confección (Línea 3: A, C y E, y Línea 4: B, D y F)

Como puede observarse en las gráficas de la Figura IV.6, en los tres momentos de recolección la fuerza máxima de partida de los caquis analizados fue muy similar (aprox. 80-90 N). Por otra parte, al principio de la campaña, los caquis que fueron confeccionados primero y después sometidos al tratamiento de eliminación de la astringencia y que a su vez se almacenaron a temperatura ambiente, presentaron menor

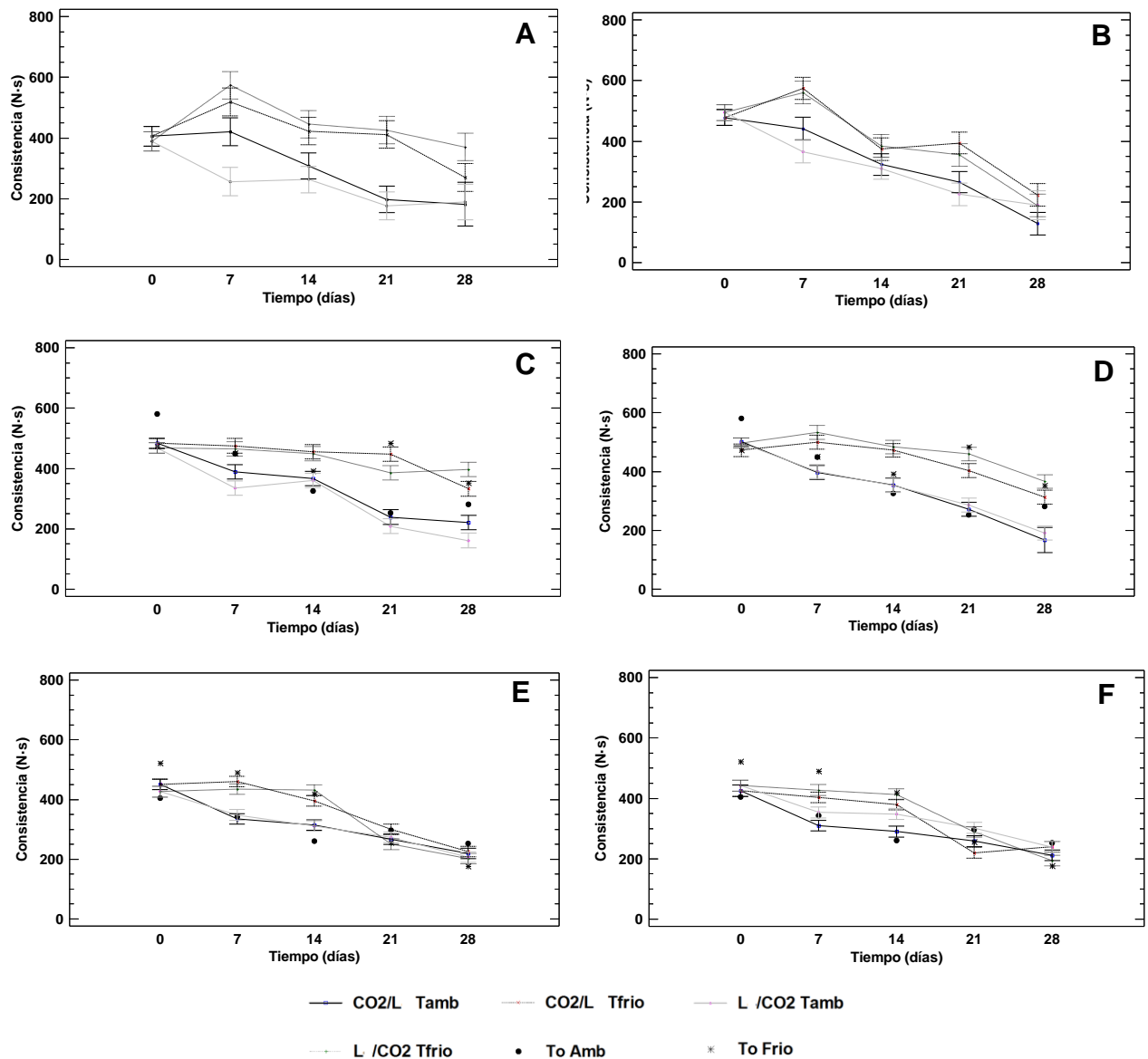
dureza que el resto a partir de 7 días de almacenamiento, especialmente en la línea 3. Además, en el caso de los caquis refrigerados no hubo diferencias significativas en función del momento de la aplicación del tratamiento de la eliminación de la astringencia en ninguna de las líneas estudiadas. Estos resultados difieren con los reportados por Orihuel-Iranzo et al., 2010 o Crisosto et al., 2001, entre otros. En cuanto a las dos líneas de confección, los caquis confeccionados en la línea 4 presentaron un mayor ablandamiento a los 28 días de almacenamiento que los de la línea 3.

Los caquis recolectados con maduración natural y almacenados en frío no modificaron su firmeza durante todo el periodo de almacenamiento, excepto a los 28 días en la línea 4 en los que se redujo ligeramente. Por otra parte, en la línea 3 el tratamiento de eliminación de la astringencia aplicado con posterioridad al pase por la línea, redujo significativamente la firmeza de los caquis al final del periodo almacenamiento estudiado. Este comportamiento no se observó en los caquis procesados en la línea 4.

Por último, en los caquis del final de la campaña sólo el tiempo de almacenamiento provocó un mayor ablandamiento de los frutos, no influyendo significativamente la temperatura, de almacenamiento ni la línea de confección. Esto podría deberse a la menor diferencia de temperaturas en este periodo de manipulación entre el ambiente y las cámaras de refrigeración.

Respecto a los resultados de consistencia observados en la Figura IV.7, la temperatura de refrigeración mantuvo mejor en todos los casos este parámetro en comparación a la temperatura ambiente, aunque se fue perdiendo consistencia con el tiempo de almacenamiento. En general, no se observaron diferencias significativas ni por la línea de trabajo ni por el momento de aplicación de la eliminación de la astringencia.

Según estos resultados, al principio y mediados de la campaña del caqui se recomendaría refrigerar siempre los frutos para mantener su firmeza y consistencia. En el caso de no refrigerar se debería eliminar la astringencia antes de pasar por línea. Los caquis recolectados al final de campaña pierden su dureza de forma más rápida independientemente de las condiciones de almacenamiento y procesado consideradas, mientras que la pérdida de consistencia sí que es mayor en los no refrigerados.



**Figura IV.7.** Gráficos de interacciones de los valores de consistencia de los caquis almacenados en refrigeración o temperatura ambiente, en función del momento de recolección (A y B: maduración adelantada; C y D: maduración natural y E y F: maduración atrasada) y de la línea de confección (Línea 3: A, C y E, y Línea 4: B, D y F)



## 5. CONCLUSIONES

- El índice de daños fue mayor en los caquis recolectados al principio de la campaña, no siendo recomendable la refrigeración por provocar daños por frío. En los caquis de maduración adelantada y natural se recomienda eliminar la astringencia antes de confeccionar los frutos, mientras que al final de la campaña se invertirían las etapas.
- La refrigeración acentúa la aparición del necrosamiento interno en los caquis. Sin embargo, tratamientos precosecha con ácido giberélico (retardador de la madurez) y postcosecha con 1-MCP minimizan este daño por frío.
- Con el almacenamiento la composición del caqui en cuanto a contenido de azúcares y humedad se mantuvo constante.
- El índice de color aumentó con el tiempo de almacenamiento, especialmente en los frutos almacenados a temperatura ambiente, no detectándose diferencias por efecto de la línea ni por el momento de la eliminación de la astringencia. En los caquis adelantados el índice de color fue siempre inferior.
- Respecto a las propiedades mecánicas al principio y mediados de la campaña del caqui el almacenamiento en refrigeración ayuda a mantener la firmeza y consistencia de los caquis. A temperatura ambiente se recomendaría eliminar la astringencia antes de confeccionar los frutos para evitar su ablandamiento. En todas las condiciones de almacenamiento y línea de confección los caquis de madurez atrasada pierden su dureza más rápidamente, con mayor reducción de la consistencia en los almacenados a temperatura ambiente.

Como conclusión final, las dos líneas de confección evaluadas son similares en cuanto a la calidad del producto final. En general, se recomendaría seguir con el tratamiento habitual de eliminación de la astringencia antes del pase por línea para evitar el ablandamiento de los frutos. Los tratamientos precosecha evaluados para ampliar el periodo de cosecha del caqui afectan fundamentalmente al color de los frutos y a su sensibilidad al frío. Así, la aparición de necrosamiento interno se minimiza en los caquis de madurez atrasada. Por último, no se recomendarían periodos de almacenamientos largos (superiores a dos semanas) en refrigeración ya que aunque mantiene mejor la firmeza, aparecen daños por frío tanto internos como externos.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Amigo-Sánchez, J.C., (2014). Estudio de la evolución de la maduración del caqui Rojo Brillante en la fase de cultivo y de los cambios de firmeza, color y capacidad antioxidante en la fase de postcosecha. TFC-ETSIAMN-UPV.

Arnal, L. (2003). Estudios para la conservación y manejo en postcosecha del caqui. Tesis doctoral. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. España.

Arnal, L., & Del Río, M. A. (2004). Effect of cold storage and removal astringency on quality of persimmon fruit (*Diospyros kaki*, L.) cv. Rojo Brillante. *Food science and technology international*, 10(3), 179-185.

Arnal, L., & Del Río, M. A. (2004). Quality of persimmon fruit cv. Rojo brillante during storage at different temperatures. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2(2), 243-247.

Arnal, L., & Río, M. A. (2003). Removing Astringency by Carbon Dioxide and Nitrogen-Enriched Atmospheres in Persimmon Fruit cv. "Rojo brillante". *Journal of Food Science*, 68(4), 1516-1518.

Arnal, L., Salvador, A., Monterde, A. & Cuquerella, J. (2005). Alteraciones en caqui "Rojo brillante" provocadas por las bajas temperaturas. V Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas. IV Congreso Iberoamericano de Ciencias Hortícolas. 22 al 27 mayo 2005. Oporto. Portugal.

Bayer CropScience (2016). Productos. Visto el 23 de junio de 2016. <http://www.cropscience.bayer.es/>

Berbegal, M., Pérez-Sierra, A., Armengol, J., Park, C. S., & García-Jiménez, J. (2010). First report of circular leaf spot of persimmon caused by *Mycosphaerella nawae* in Spain. *Plant Disease*, 94(3), 374-374.

Besada, C. (2008). Mejora de la tecnología de desastringencia, conservación y comercialización de caqui "Rojo Brillante" para consumo en fresco. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. España.

Besada, C., Arnal, L., & Salvador, A. (2008). Improving storability of persimmon cv. Rojo Brillante by combined use of preharvest and postharvest treatments. *Postharvest biology and technology*, 50(2), 169-175.

Chofre-Martínez, J. (2015). Influencia de tratamientos postcosecha (1-MCP, plástico de protección y temperatura) en la evolución de la calidad del caqui "Rojo Brillante" en función de tratamientos precosecha para regular la maduración. TFC-ETSIAMN-UPV.

Coagri, Agrícola Alginet S. Coop. V. (2016) Visto el 15 de Junio de 2016. <http://www.coagri.es/>

Collins, R. J., & Tisdell, J. S. (1995). The influence of storage time and temperature on chilling injury in Fuyu and Suruga persimmon (*Diospyros kaki* L.) grown in subtropical Australia. *Postharvest Biology and Technology*, 6(1), 149-157.

Consejo Regulador de la Denominación de Origen "Kaki Ribera del Xúquer" (2011). Datos de la evolución de la forma de consumo de caqui hasta el año 2008. Visto el 9 de Septiembre de 2016. <http://www.kakifruit.com/>

del Ro, M. A., & Arnal, L. (2003). Nuevas técnicas post-cosecha aplicables al caqui. Comunitat Valenciana Agraria.

FAOSTAT, (2016). Datos de la producción mundial de caqui en el año 2012. Visto el 10 de Agosto de 2016. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>

Giordani, E. (2002). El caqui: diversificación varietal para un cultivo en desarrollo. Agrícola Vergel.

IVIA (2016). Gestión Integrada de Plagas y Enfermedades en Caqui. Visto el 9 de Septiembre de 2016. <http://qipcaqui.ivia.es/area/plagas-principales/mosca-de-la-fruta>

Llácer, G., & Badenes, M. L. (2003). Situación actual de la producción de caqui en el mundo. Comunitat Valenciana Agraria.

Li, Z., & Thomas, C. (2014). Quantitative evaluation of mechanical damage to fresh fruits. *Trends in Food Science & Technology*, 35(2), 138-150.

Mowat, A. D., & George, A. P. (1994). Persimmon. *Handbook of environmental physiology of fruit crops*, 1, 209-232.

Orihuel-Iranzo, B., Miranda, M., Zacarías, L., & Lafuente, M. T. (2010). Temperature and ultra low oxygen effects and involvement of ethylene in chilling injury of 'Rojo Brillante' persimmon fruit. *Food Science and Technology International*, 16(2), 159-167.

Ragazzini, D. (1985). *Caracteres culturales. El kaki*. 3th ed., Editorial Mundi Prens, Madrid, España, 59-132.

Salvador, A., Arnal, L., Besada, C., Larrea, V., Hernando, I., & Pérez-Munuera, I. (2008). Reduced effectiveness of the treatment for removing astringency in persimmon fruit when stored at 15 C: Physiological and microstructural study. *Postharvest Biology and Technology*, 49(3), 340-347.

Salvador, A., Arnal, L., Besada, C., Larrea, V., Quiles, A., & Pérez-Munuera, I. (2007). Physiological and structural changes during ripening and deastringency treatment of persimmon fruit cv. 'Rojo Brillante'. *Postharvest Biology and Technology*, 46(2), 181-188.

Salvador, A., Arnal, L., Monterde, A., Carvalho, C. P., & Martínez-Jávega, J. M. (2004, November). Effect of harvest date in chilling-injury development of persimmon fruit. In *International Conference Postharvest Unlimited Downunder 2004 687* (pp. 399-400).

Salvador, A., Arnal, L., Monterde, A., & Cuquerella, J. (2004). Reduction of chilling injury symptoms in persimmon fruit cv. 'Rojo Brillante' by 1-MCP. *Postharvest Biology and Technology*, 33(3), 285-291.

Salvador, A., Arnal, L., Monterde, A., & Martínez-Jávega, J. M. (2005). Influence of ripening stage at harvest on chilling injury symptoms of persimmon cv. Rojo Brillante stored at different temperatures. *Food Science and Technology International*, 11(5), 359-365.

Salvador, A., Cuquerella, J., Martínez-Jávega, J. M., Monterde, A., & Navarro, P. (2004). 1-MCP Preserves the Firmness of Stored Persimmon 'Rojo Brillante'. *Journal of food science*, 69(2), snq69-snq73.

Soriano, J. M., Pecchioli, S., Romero, C., Vilanova, S., Llacer, G., Giordani, E., & Badenes, M. L. (2006). Development of microsatellite markers in polyploid persimmon (*Diospyros kaki* Lf) from an enriched genomic library. *Molecular Ecology Notes*, 6(2), 368-370.

Sugiura, A., & Subhadrabandhu, S. (1996). Overview of persimmon culture. *Chronica Horticulturae*, 36(3), 14-15.