



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica
y del Medio Natural

Análisis de la influencia de factores precosecha y
postcosecha en las alteraciones abióticas de la corteza de
la mandarina Tango (*Citrus reticulata*).

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

AUTOR/A: Moreno Leal, Marcos

Tutor/a: Mesejo Conejos, Carlos

Cotutor/a externo: PASTOR BELTRAN, CRISTINA

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

TÍTULO: Análisis de la influencia de factores precosecha y postcosecha en las alteraciones abióticas de la corteza de la mandarina 'Tango' (*Citrus reticulata*).

RESUMEN: Las alteraciones abióticas de la corteza de los frutos cítricos se distinguen entre desórdenes fisiológicos, daños por accidentes meteorológicos y síntomas de carencias de elementos minerales. Algunas aparecen en la época de maduración cuando se prolonga la permanencia del fruto maduro en el árbol. Su incidencia depende del genotipo y de las condiciones ambientales. Los mandarinos de recolección tardía, como el cv. 'Tango', son sensibles a la aparición de alteraciones de la corteza por frío (*cold-pitting*) y por envejecimiento (senescencia). El objetivo general de este TFG es establecer la influencia de factores precosecha (zona de cultivo y patrón) y factores postcosecha (*drencher* y temperatura de almacenamiento) en la incidencia de alteraciones de la corteza de la mandarina Tango. Para ello, se determinó el origen de las alteraciones, su evolución y su cuantía, según los factores indicados, en un almacén citrícola. Esta determinación se llevó a cabo mediante microscopía y un recuento de frutos afectados de cada una de las combinaciones, así como la realización de fotografías cada día de evaluación (cada 72 horas) para llevar a cabo un seguimiento del daño. La mayor parte de los frutos dañados mostraron senescencia. La cuantía de la alteración dependió de las condiciones ambientales precosecha y de la temperatura de conservación. El patrón y el tratamiento postcosecha con fungicidas no influyeron en la incidencia de la alteración.

PALABRAS CLAVE: patrón, conservación, alteraciones abióticas, tratamiento poscosecha, condiciones ambientales, senescencia, Tango, Cold-Pitting, genotipo, desorden fisiológico.

TÍTOL: Anàlisi de la influència de factors precollita i postcollita en les alteracions abiòtiques de l'escorça de la mandarina 'Tango' (*Citrus reticulata*).

RESUM: Les alteracions abiòtiques de l'escorça dels fruits cítrics es distingeixen entre desordres fisiològics, danys per accidents meteorològics i símptomes de carències d'elements minerals. Algunes apareixen en l'època de maduració quan es prolonga la permanència del fruit madur en l'arbre. La seua incidència depén del genotip i de les condicions ambientals. Els mandariners de recol·lecció tardana, com el cv. 'Tango', són sensibles a l'aparició d'alteracions de l'escorça per fred (cold-pitting) i per envelliment (senescència). L'objectiu general d'aquest TFG és establir la influència de factors precollita (zona de cultiu i patró) i factors postcollita (drencher i temperatura d'emmagatzematge) en la incidència d'alteracions de l'escorça de la mandarina Tango. Per a això, es va determinar l'inici de les alteracions, la seua evolució i la seua quantia, segons els factors indicats, en un magatzem cítricol. Aquesta determinació es va dur a terme mitjançant microscòpia i un recompte de fruits afectats de cadascuna de les combinacions, així com la realització de fotografies cada dia d'avaluació (cada 72 hores) per a dur a terme un seguiment de la part afectada. La major part dels fruits danyats van mostrar senescència. La quantia de l'alteració va dependre de les condicions ambientals precollita i de la temperatura de conservació. El patró i el tractament postcollita amb fungicides, no van influir en la incidència de l'alteració.

PARAULES CLAU: patró, conservació, alteracions abiòtiques, tractament postcollita, condicions ambientals, senescència, Tango, Cold-Pitting, genotip, desordre fisiològic.

TITLE: Analysis of the influence of pre-harvest and post-harvest factors on abiotic alterations of the rind of the mandarin 'Tango' (*Citrus reticulata*).

ABSTRACT: The abiotic alterations of the rind of citrus fruits are distinguished between physiological disorders, damage due to meteorological accidents and symptoms of deficiencies of mineral elements. Some appear at the ripening season when the permanence of the ripe fruit on the tree is prolonged. Its incidence depends on the genotype and environmental conditions. Late-harvest mandarins, such as cv. 'Tango', are sensitive to the appearance of alterations of the rind by cold (cold-pitting) and aging (senescence). The general objective of this document is to establish the influence of pre-harvest factors (cultivation area and rootstock) and post-harvest factors (drencher and storage temperature) on the incidence of alterations of the rind of the Tango mandarin. To this end, it was determined the beginning of the alterations, their evolution and their amount, according to the factors indicated, in a citrus warehouse. This determination was carried out by counting the affected fruit of each of the combinations, as well as taking photographs every day during the evaluation (every 72 hours) to monitor the affected part. Most of the damaged fruit showed senescence, with pre-harvest environmental conditions and storage temperature being of great importance in the incidence of the alteration, in contrast to the rootstock and fungicide treatment, which did not influence the incidence of the alteration.

KEY WORDS: rootstock, conservation, abiotic alterations, post-harvest treatment, environmental conditions, senescence, Tango, Cold-Pitting, genotype, physiological disorder.

ÍNDICE GENERAL

Introducción	1
1. La citricultura en España. Planteamiento del problema.	1
2. Alteraciones fisiológicas de los frutos cítricos	2
i. Picado de la piel o <i>peel pitting</i>	2
ii. Senescencia	4
iii. Colapso de la piel o <i>rind breakdown</i>	5
Objetivos.....	7
Material y métodos	8
3.1. Material vegetal y diseño de experimentos	8
3.2. Determinaciones	10
3.3. Análisis estadístico	11
Resultados	12
4.1 Estudio anatómico de la alteración	12
4.2 Influencia de la zona de cultivo y el patrón en la incidencia de la alteración.	12
4.3 Influencia del tratamiento postcosecha en la incidencia de la alteración.	14
DISCUSIÓN	21
Conclusiones.....	23
Bibliografía.....	24

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción del diseño experimental	8
Tabla 2. Tipo y concentración de fungicidas aplicados en drencher	9

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Aspecto externo del inicio de las alteraciones peel-pitting (A-B) y senescencia (C-D) y microscópico de estados iniciales (E-G), intermedios (H-I) y finales (J-K) de la senescencia de la piel de la mandarina Tango. Las flechas indican la presencia de microgrietas (E); F es una ampliación de una zona de E, para destacar una microgrieta. 13
- Figura 2.** Incidencia inicial (llegada al almacén) y final (tras 16-19 días de almacenamiento postcosecha) del manchado de la mandarina Tango. Influencia de la procedencia y del patrón (MC: Citrus macrophylla; CL: mandarino Cleopatra; CA: citrange Carrizo). Los datos indican el número de frutos manchados por cajón, con un promedio de 200 frutos por cada cajón. Cada valor indica la media de 4 experimentos independientes \pm error estándar. Las letras minúsculas y mayúsculas diferentes indican diferencias significativas en el manchado inicial y final, respectivamente ($P < 0,05$). 14
- Figura 3.** Influencia de la temperatura en la evolución de la aparición de frutos manchados durante el almacenamiento postcosecha (A y C), y el manchado final (B y D), de la mandarina Tango, en condiciones de ausencia inicial de manchado. Todos los frutos proceden de árboles injertados sobre Citrus macrophylla en fincas de Valencia (A y B) y Murcia (C y D). Los datos indican el número de frutos manchados por cajón, con un promedio de 200 frutos en cada cajón. Cada valor es la media de 3 cajones \pm error estándar. 16
- Figura 4.** Influencia de la temperatura y la aplicación de tratamientos fungicidas en la evolución de la aparición de frutos manchados durante el almacenamiento postcosecha (A), y el manchado final (B), de la mandarina Tango, en condiciones de alta incidencia de manchado inicial. Todos los frutos proceden de árboles injertados sobre el mandarino Cleopatra en una finca de Huelva. Los datos indican el número de frutos manchados por cajón, con un promedio de 200 frutos en cada cajón. Cada valor es la media de 3 cajones \pm error estándar. 17
- Figura 5.** Influencia de la temperatura y la aplicación de fungicida en la evolución de la aparición de frutos manchados durante el almacenamiento postcosecha (A, B) y el manchado final (C, D), de la mandarina Tango, en condiciones de baja incidencia de manchado inicial. Todos los frutos proceden de una finca de Alcanar, injertados en Citrus macrophylla (B, D) o citrange Carrizo (A, C). La fotografía E muestra el aspecto de los frutos al inicio y al final del almacenamiento. Los datos indican el número de frutos manchados por cajón, con un promedio de 200 frutos en cada cajón. Cada valor es la media de 3 cajones \pm error estándar. 18
- Figura 6.** Influencia de la temperatura de conservación y el patrón en la intensidad de la alteración en la superficie del fruto que ha sido afectado por el manchado (A, B y C). Las fotografías D y E muestran un fruto con daño que afecta a menos del 50% de su superficie (D) y uno con daño que afecta a más del 50% de su superficie (E) respectivamente. Las fotografías D y E fueron tomadas el mismo día y la fruta pertenece al mismo cajón. Cada valor es el porcentaje de frutos \pm error estándar. 20

INTRODUCCIÓN

1. La citricultura en España. Planteamiento del problema.

España es el primer productor de cítricos en la Unión Europea y quinto productor mundial, con una producción de 7.09 millones de toneladas y 295.331 hectáreas dedicadas a este cultivo (MAPAMA, 2022). La producción española de cítricos se destina principalmente al mercado de fruta fresca y, aproximadamente, el 60% se exporta. El 95% de la superficie nacional de producción de cítricos se concentra entre la Comunidad Valenciana, Andalucía y Región de Murcia, ascendiendo la producción en la Comunidad Valenciana a más 3 millones de toneladas anuales (IVIA, 2021).

El cultivo de mandarinas incluye diferentes especies, entre las que destacan las mandarinas satsumas (*Citrus unshiu* hort. Ex Tan) las clementinas (*Citrus clementina* hort. Ex Tan) y los híbridos de mandarina. La mayor parte de la producción de mandarinas en España es de mandarinas clementinas. Éstas se cosechan desde principios de octubre hasta mediados de enero, sin embargo, los mercados internacionales demandan mandarinas de alta calidad durante toda la temporada. Es por ello que, en los últimos 30 años, uno de los objetivos de la citricultura mediterránea ha sido introducir variedades de mandarina de maduración tardía, de alta calidad, con frutos sin semillas. Entre ellas está la variedad “Tango”, una variedad reciente, desarrollada en la Universidad de California Riverside a partir de una yema irradiada de la variedad de mandarina diploide W. Murcott (Nadorcott o Afourer) (Roose & Williams, 2007). Tango es una variedad con un fenotipo muy similar a su parental, estéril y, por tanto, sin semillas, pero con una época de maduración ligeramente anterior en las condiciones de clima mediterráneo. Por ello, su recolección se realiza habitualmente entre enero y marzo. Pero, algunos años, su recolección se retrasa incluso hasta el mes de abril debido a cuestiones comerciales relacionadas con el precio y la pérdida de producción de variedades tardías. En estos casos, la aparición de alteraciones de la piel relacionadas con la senescencia del fruto es muy probable. Por ello, se requiere estudiar el comportamiento postcosecha de la variedad “Tango”.

En los cítricos, la susceptibilidad del fruto maduro a la temperatura es un aspecto clave. En algunas variedades híbridas el fruto es propenso a desarrollar daños por frío (Lafuente & Zacarias, 2006; (Rey et al., 2020) mientras que en otras variedades de clementinas la baja temperatura reduce la transpiración y retarda la senescencia (Agustí, 2000). Pero la temperatura no es el único factor que puede afectar a la calidad postcosecha de los frutos, de modo que, otros factores abióticos antes de la cosecha, como pueden ser la ubicación y el portainjerto, o la combinación entre varios factores, también influyen (Arpaia, 1992; Treeby *et al.*, 2007).

2. Alteraciones fisiológicas de los frutos cítricos

Los frutos pueden sufrir diferentes alteraciones y se distinguen entre las que se deben a factores de origen parasitario (plagas o enfermedades) o de origen no parasitario, las que surgen durante el cultivo, y las propias de la postcosecha. Entre estas dos últimas se distinguen entre desórdenes fisiológicos, daños por accidentes meteorológicos y síntomas de carencias de elementos minerales. Algunas de estas alteraciones ocurren durante el crecimiento del fruto, mientras que otras son típicas de la maduración. En ciertos casos, estos daños pueden generarse a lo largo del periodo de desarrollo, aunque sus daños se manifiestan con mayor intensidad en la madurez (Agustí *et al.*, 2010).

Las alteraciones fisiológicas de los frutos generan defectos agronómicos indeseables que reducen de forma notable su calidad externa o interna, y en consecuencia su valor comercial. La mayoría de estas alteraciones están relacionadas con desequilibrios hídricos de la planta, que bien pueden ser provocados por la temperatura, la humedad relativa, la humedad del suelo, el patrón y la pluviometría (Agustí *et al.*, 2020).

i. Picado de la piel o *peel pitting*

El picado de la piel o *peel pitting* está caracterizado por la presencia de pequeñas áreas hundidas, las cuales adquieren un color desde rojizo hasta negro.

Este desorden fisiológico está relacionado con las condiciones de almacenamiento postcosecha, habiéndose atribuido a las bajas temperaturas la causa de su aparición. La permeabilidad de la cutícula del fruto aumenta desde el inicio de la maduración de este hasta alcanzar un máximo en el mes de enero, coincidiendo con la presencia de la alteración, iniciándose entre finales de diciembre y mediados de enero.

También las condiciones de campo de bajas temperaturas provocan un incremento de la permeabilidad de la cutícula del fruto, lo que conlleva una importante pérdida de agua, provocando el colapso de las células epidérmicas y sub-epidérmicas. La observación al microscopio electrónico de barrido de la zona dañada permite apreciar la aparición de zonas deprimidas prácticamente desprovistas de placas ceras (Vercher *et al.*, 1994).

Uno de los factores influyentes en el picado de la piel es el factor genético. En el campo, esta alteración se presenta en un número limitado de variedades, entre las que destacan las mandarinas híbridas y los pomelos. La conservación en cámara frigorífica de los frutos de especies y variedades sensibles debe efectuarse con temperaturas más suaves (8-12°C) (Agustí *et al.*, 2021).

La duración del período de bajas temperaturas y la incidencia de vientos fuertes y fríos, son factores climáticos que pueden contribuir a la aparición del *pitting* en frutos maduros de variedades sensibles. La distribución de esta alteración es irregular, existiendo una gran variabilidad entre parcelas y también entre frutos dentro de un mismo árbol. En todas las parcelas, los frutos que presentan síntomas de mayor afección son aquellos situados en la cara externa del árbol y con orientación al norte.

En cuanto al control de la alteración, la aplicación de nitrato cálcico antes del cambio del color del fruto, a una concentración del 2%, se ha mostrado eficaz en el control de la alteración de la mandarina Fortune (Zaragoza *et al.*, 1996). La aplicación de un antitranspirante (pinolene: di-1-p-menteno, 96% m. a.) también se ha mostrado eficaz en el control de esta alteración. En este caso el tratamiento también ha de efectuarse de forma previa a las condiciones climáticas que favorecen el picado y al cambio de color del fruto (Agustí *et al.*, 1997).

ii. Senescencia

La senescencia comienza a afectar a las características internas y externas del fruto, modificando de forma importante su valor comercial, una vez el fruto ha completado su cambio de color. Los cambios en la corteza conducen a la aparición de alteraciones que son muestra del envejecimiento de ésta. En este sentido las mandarinas son más sensibles que las naranjas. Ello es consecuencia de la propia estructura de la corteza, más delgada, con cutículas y capas ceras de recubrimiento de menor espesor en las primeras (Albrigo, 1986).

El estado inicial de la senescencia se caracteriza por la aparición de zonas amarillentas que pierden el color rojo típico de la variedad. Estas zonas evolucionan a pequeñas grietas blanquecinas, que se forman característicamente en la zona peri peduncular, provocando la deshidratación y la aparición de manchas pardo-marrones. Asimismo, las condiciones climáticas también influyen en el desarrollo de la alteración, siendo la temperatura y la humedad relativa factores clave. El efecto de la temperatura es doble ya que por un lado las altas temperaturas aumentan la respiración de los tejidos y aceleran la senescencia y, por otro lado, aumentan la absorción de agua por los tejidos, influyendo de forma directa sobre la alteración. La absorción de agua depende, también, del estado de maduración de los tejidos, de modo que aumenta a medida que el fruto cambia de color.

Cuando el fruto inicia el cambio de color, la aplicación de ácido giberélico retrasa su entrada en senescencia, protegiéndole de las alteraciones de la corteza que la provocan (Agustí y Almela, 1991). La época de aplicación es el factor más importante, siendo el momento óptimo para conseguir el máximo efecto poco antes del inicio del cambio de coloración del fruto. El adelanto o atraso de la aplicación del producto conlleva una reducción de la eficacia del tratamiento. La eficacia del ácido giberélico puede verse incrementada al alternarlo con distintas sales minerales. Entre las sales de mayor eficacia se encuentran el fosfato amónico, el nitrato amónico y el nitrato de cal. Las características internas de los frutos no se ven afectadas por la acción del ácido giberélico cuando se aplica a las concentraciones indicadas. Como consecuencia del retraso de la recolección de los frutos, la brotación del año siguiente se ve reducida

disminuyendo el número de brotes florales y aumentando el de vegetativos, viéndose así reducido el número de frutos por árbol (Agustí, 1988).

iii. Colapso de la piel o *rind breakdown*

El colapso de la piel, también llamado *rind breakdown*, se presenta en el fruto maduro como una depresión en su piel, en la cual las glándulas de los aceites esenciales sobresalen ligeramente en la zona afectada. El tejido afectado, al inicio, presenta una tonalidad pálida que progresivamente va adquiriendo un color pardo-rojizo. A la vez que la zona afectada va cambiando de tonalidad, también va aumentando en superficie y variando su forma. Las células de la parte afectada acaban muriendo y las manchas acaban necrosándose, adquiriendo una tonalidad oscura.

Los cambios bruscos en humedad relativa en el momento de cambio de color del fruto es un factor importante (Agustí *et al.*, 2001). Los vientos fríos y el estrés hídrico también son factores determinantes en el desarrollo del colapso de la piel. Estas variaciones en humedad relativa en el ambiente son características de zonas climáticas en las que se cultivan cítricos, provocando variaciones durante el día del estado hídrico y por tanto en el potencial osmótico del fruto.

El portainjerto utilizado también parece ser un factor determinante. Los portainjertos que confieren al fruto mayor superficie de tráqueas en su pedúnculo favorecen la pérdida de agua y por tanto, el aumento de frutos afectados (Agustí *et al.*, 2003). Los frutos procedentes de árboles injertados sobre distintos portainjertos no difieren en la permeabilidad de sus cutículas (Agustí *et al.*, 2003) y es por esto que las diferencias en la proporción de frutos afectados debido al portainjerto utilizado podrían estar relacionadas con la capacidad de transporte de agua y su intercambio gaseoso con la atmósfera (Syvertsen y Graham, 1985).

Con respecto a las condiciones postcosecha, esta alteración está asociada a situaciones de baja humedad relativa y altas temperaturas (Agustí *et al.*, 2001). La circulación excesiva de aire entre los frutos también puede ser un factor determinante en la aparición del colapso de la piel, ya que, gracias a las corrientes de aire, la deshidratación de la piel se ve favorecida. La incidencia postcosecha del desorden a temperaturas que

no causan daño por congelamiento, ocurre independientemente de la fecha de cosecha, aunque se incrementa cuantitativamente con el avance de la maduración de la fruta (Alfárez *et al.*, 2003).

El cultivo de naranja dulce Navelate, bajo diferentes condiciones ambientales, ha demostrado su alta sensibilidad al colapso de la piel durante su maduración (Agustí, *et al.*, 2001) aunque las condiciones de almacenamiento también son factores postcosecha relevantes en la aparición de esta alteración (Alfárez *et al.*, 2003).

No existen tratamientos pre-cosecha que sean eficaces para el control del colapso de la piel. Las aplicaciones de nitrato cálcico y antitranspirantes, son algunas de las medidas para reducir la pérdida de agua del fruto, pero son de respuesta limitada (Cronjé *et al.*, 2013). En postcosecha, con objetivo de reducir la pérdida de humedad, se recomienda reducir el tiempo transcurrido entre la recolección y la aplicación de ceras. Durante el período de lavado, es recomendable evitar un cepillado excesivo con el fin de evitar el daño de la corteza y por tanto la pérdida de humedad del fruto. También se recomienda enfriar la fruta lo antes posible y almacenarla a bajas temperaturas, evitando aireaciones excesivas.

OBJETIVOS

El presente trabajo se enmarca en las prácticas realizadas en la empresa AM Fresh Citrus Spain S.L, cuyo objetivo general fue determinar los factores que aumentan la incidencia postcosecha de alteraciones fisiológicas en frutos de la mandarina Tango.

Para ello, se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Determinar el principal tipo de alteración
2. Determinar la evolución postcosecha de las alteraciones y la intensidad en función de:
 - La temperatura de conservación
 - La aplicación de tratamientos fungicidas
 - La procedencia
 - El patrón

MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Material vegetal y diseño de experimentos

El estudio se ha realizado con 57 cajones de 200 mandarinas, en promedio, de variedad Tango, procedentes de cuatro parcelas localizadas en Valencia, Alcanar, Huelva y Murcia (Tabla 1). Las mandarinas recolectadas se transportaron directamente al almacén situado en Cárcer (Valencia) de la empresa AM Fresh Citrus Spain S.L. Los árboles estaban injertados sobre los patrones *Citrus macrophylla* (en Valencia, Murcia y Alcanar), mandarino *Cleopatra* (en Huelva) y *citrange Carrizo* (en Alcanar). La recolección fue entre el 30 de marzo y el 5 de abril en Alcanar, entre el 5-7 de abril en Huelva y Murcia, y el 28 de abril en Valencia.

El primer experimento consistió en determinar la influencia de la temperatura de almacenamiento en la aparición de la alteración, por lo que los cajones, tras la descarga del camión y el lavado en el drencher con fungicida, se almacenaron durante 18 días a 25°C, 16°C y 6°C (control) (Tabla 1). El segundo experimento consistió en evaluar la influencia de la temperatura de almacenamiento (25°C/6°C) y el tratamiento fungicida (sí/no) en la aparición de la alteración (Tabla 1).

En ambos experimentos, todos los cajones fueron identificados mediante etiquetas plásticas analizando 3 repeticiones por cada tratamiento (Tabla 1). Los fungicidas aplicados en el drencher se muestran en la tabla 2.

Tabla 1. Descripción del diseño experimental

PROCEDENCIA	PATRÓN	BAÑO	TEMPERATURA	IDENTIFICACIÓN
Valencia	Macrophylla	Drencher	16°C	1.1, 1.2 y 1.3
Alcanar	Macrophylla	Drencher	16°C	2.1, 2.2 y 2.3
Murcia	Macrophylla	Drencher	16°C	3.1, 3.2 y 3.3
Huelva	Cleopatra	Agua	25°C	4.1, 4.2 y 4.3

Huelva	Cleopatra	Drencher	25°C	5.1, 5.2 y 5.3
Alcanar	Carrizo	Agua	25°C	6.1, 6.2 y 6.3
Alcanar	Carrizo	Drencher	25°C	7.1, 7.2 y 7.3
Huelva	Cleopatra	Agua	6°C	8.1, 8.2 y 8.3
Huelva	Cleopatra	Drencher	6°C	9.1, 9.2 y 9.3
Alcanar	Carrizo	Agua	6°C	10.1, 10.2 y 10.3
Alcanar	Carrizo	Drencher	6°C	11.1, 11.2 y 11.3
Valencia	Macrophylla	Drencher	25°C	12.1, 12.2 y 12.3
Alcanar	Macrophylla	Drencher	25°C	13.1, 13.2 y 13.3
Murcia	Macrophylla	Drencher	25°C	14.1, 14.2 y 14.3
Valencia	Macrophylla	Drencher	6°C	15.1, 15.2 y 15.3
Alcanar	Macrophylla	Drencher	6°C	16.1, 16.2 y 16.3
Murcia	Macrophylla	Drencher	6°C	17.1, 17.2 y 17.3
Alcanar	Macrophylla	Agua	25°C	18.1, 18.2 y 18.3
Alcanar	Macrophylla	Agua	6°C	19.1, 19.2 y 19.3

Tabla 2. Tipo y concentración de fungicidas aplicados en drencher

Fungicidas	Drencher
Imazalil	0.7%
Sorbato Potásico	0.5%
Fluidoxonil 60%	0.25%
Peróxido de hidrógeno 25%, ácido paracético 15%	0.15%

El drencher es una máquina que está compuesta de duchas para aplicar tratamientos a la fruta paletizada. Esta máquina cuenta con un depósito de 1500 litros, el cual contiene agua y los correspondientes productos diluidos a aplicar en la fruta (Tabla 2). El agua que utiliza la máquina está en constante paso por un circuito cerrado en el que se recicla para conseguir un máximo ahorro y eficiencia. El agua, una vez los pallets han sido duchados, se somete a un filtrado para conseguir la eliminación de restos como pueden ser hongos, insectos, ramas u hojas. Tras este proceso, se va perdiendo cantidad de agua, la cual va siendo repuesta con la concentración de tratamientos que corresponde. El proceso de filtrado no es suficiente, por lo que tras duchar un número determinado de pallets, el depósito se vacía por completo, se lava mediante agua a presión y se vuelve a rellenar.

3.2. Determinaciones

En el momento de la recepción de la fruta, se determinó la cantidad de frutos que ya venían afectados mediante un conteo manual. Una vez realizado este primer paso, se procedió a lavar la fruta en drencher (con o sin tratamiento fungicida) y a almacenarla en las distintas temperaturas de conservación (6°C, 16°C y 25°C). Las evaluaciones se realizaron cada 72 horas. En dichas evaluaciones se contabilizaba el número de nuevos frutos afectados y éstos se marcaban mediante un rotulador permanente para, en la siguiente evaluación, saber qué afecciones eran nuevas y cuáles no. También se realizaban fotografías del manchado el primer día de aparición, así como los días de evaluación posteriores para llevar un seguimiento de la evolución del daño y determinar el porcentaje final de superficie del fruto afectada.

Se realizó un estudio anatómico del aspecto externo mediante lupa de aumento del inicio de las alteraciones y se realizaron fotografías. Además, mediante un microscopio, se observó con mayor aumento y se realizaron fotografías el estado inicial, intermedio y final de la senescencia y los tejidos a los que afectaba.

Esto se realizó durante 3 días distintos cada 72 horas. Para estas observaciones se utilizaron 3 frutos de las mismas condiciones, los cuales fueron marcados para no confundirlos con el resto de los frutos del cajón.

3.3. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el programa informático Startgraphics Centurión XVIII. Los resultados obtenidos se analizaron mediante el test Newman-Keuls para realizar comparaciones múltiples y separación de medias, y así identificar las medias muestrales que son significativamente diferentes entre sí.

RESULTADOS

4.1 Estudio anatómico de la alteración

Las alteraciones fisiológicas afectan principalmente a la piel del fruto y con frecuencia están vinculadas a condiciones adversas, concretamente de temperatura y humedad. Durante el ciclo productivo, los cítricos son susceptibles de sufrir alteraciones fisiológicas que no son causadas ni por organismos patógenos ni por daños mecánicos en su corteza. En las muestras de mandarina Tango observadas, los principales daños fisiológicos de la corteza fueron el picado del fruto o *peel-pitting* (Figura 1A, B) y la senescencia (Figura 1D). Durante la conservación postcosecha, la evolución de la mayor parte de los daños observados fue de senescencia.

Los estados iniciales de la senescencia se caracterizan por la aparición de zonas amarillentas. Estas zonas pueden presentar grietas blanquecinas (Figura 1F). La zona afectada evoluciona a manchas de tonalidad parda, las cuales al inicio sólo afectan a la capa cuticular (Figura 1I), sin llegar a alcanzar el albedo. Las grietas evolucionan hasta romper la cutícula y, posteriormente, la epidermis (Figura 1J, H). Las grietas actúan como vía de salida del agua, provocando la pérdida de turgencia del tejido, la deshidratación de la corteza y, por consecuencia, la depresión de las partes afectadas (Figura 1J, H, K).

4.2 Influencia de la zona de cultivo y el patrón en la incidencia de la alteración.

Para determinar la influencia ambiental (clima y suelo) se estudió la incidencia precosecha y postcosecha de fruta procedente de 4 fincas: Alcanar, Valencia, Murcia y Huelva. Además, en la finca de Alcanar se estudió la influencia del patrón en la incidencia de la alteración (*Citrus macrophylla* y citrange Carrizo). En Valencia y Murcia el patrón era *Citrus macrophylla* y en Huelva mandarino Cleopatra.

A la llegada al almacén, la fruta procedente de Valencia y Murcia no presentó síntomas de manchado (ni *peel-pitting* ni senescencia), y el número de frutos afectados al final del periodo de almacenamiento postcosecha fue muy bajo, entre 3 y 5 frutos por cajón en Valencia y Murcia, respectivamente, lo que supone un 1,5-2,5% (Figura 2). Sin embargo, en Alcanar, los frutos procedentes de árboles injertados sobre *C. macrophylla*,

como en Valencia y Murcia, sí mostraron síntomas de manchado (mayoritariamente senescencia) a la llegada al almacén y, especialmente, al final del periodo de almacenamiento (Figura 2). También se pudo observar diferencias significativas ($P < 0,05$) en el número inicial de frutos manchados entre Huelva (aunque con patrón Cleopatra) y Alcanar. Esas diferencias, en cambio, no se mantuvieron hasta al final del período postcosecha (Figura 2). Resulta de interés destacar que la fecha de recolección en Valencia (28/4) fue casi un mes después que la de Alcanar (30/3-5/4), Murcia y Huelva (5-7/4), y, sin embargo, la incidencia de manchado fue la menor.

El efecto del patrón se descartó en la finca de Alcanar. Los frutos de árboles injertados sobre *Citrus macrophylla* y citrange Carrizo no presentaron diferencias significativas (Figura 2). Los resultados sugieren que el factor ambiente fue más importante que el factor patrón en la aparición precosecha del daño.

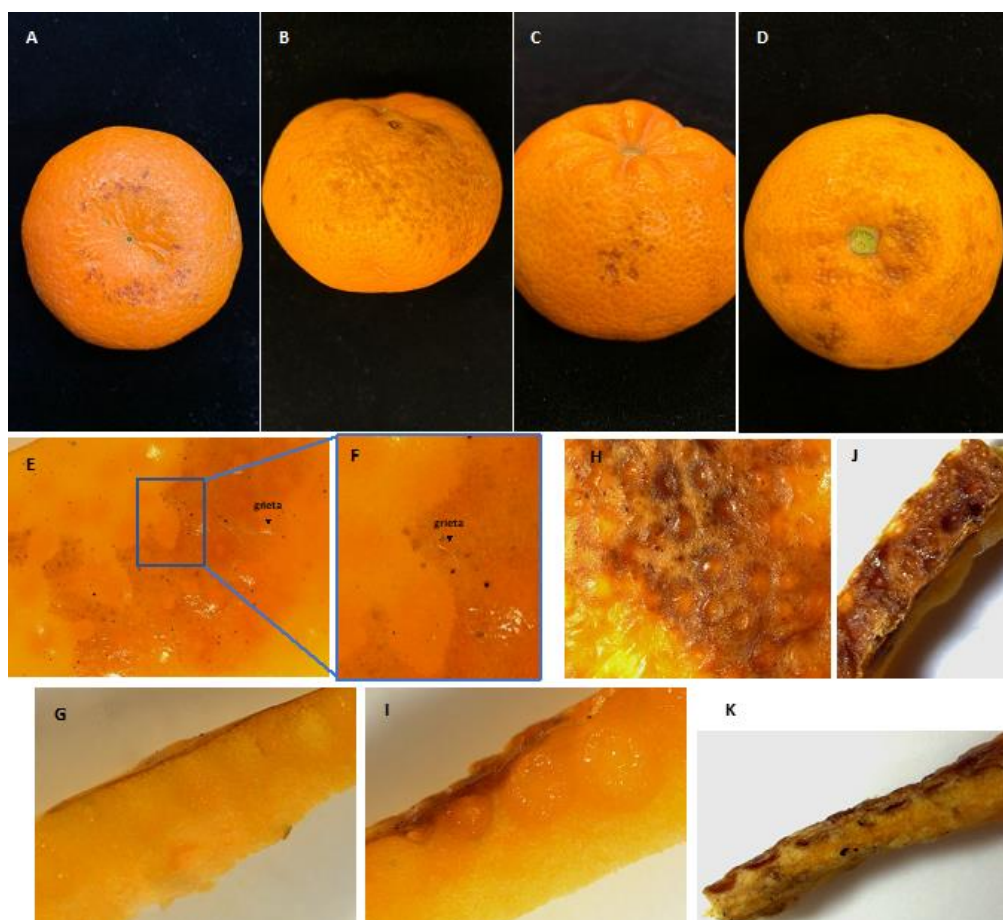


Figura 1. Aspecto externo del inicio de las alteraciones peel-pitting (A-B) y senescencia (C-D) y microscópico de estados iniciales (E-G), intermedios (H-I) y finales (J-K) de la

senescencia de la piel de la mandarina Tango. Las flechas indican la presencia de microgrietas (E); F es una ampliación de una zona de E, para destacar una microgrieta.

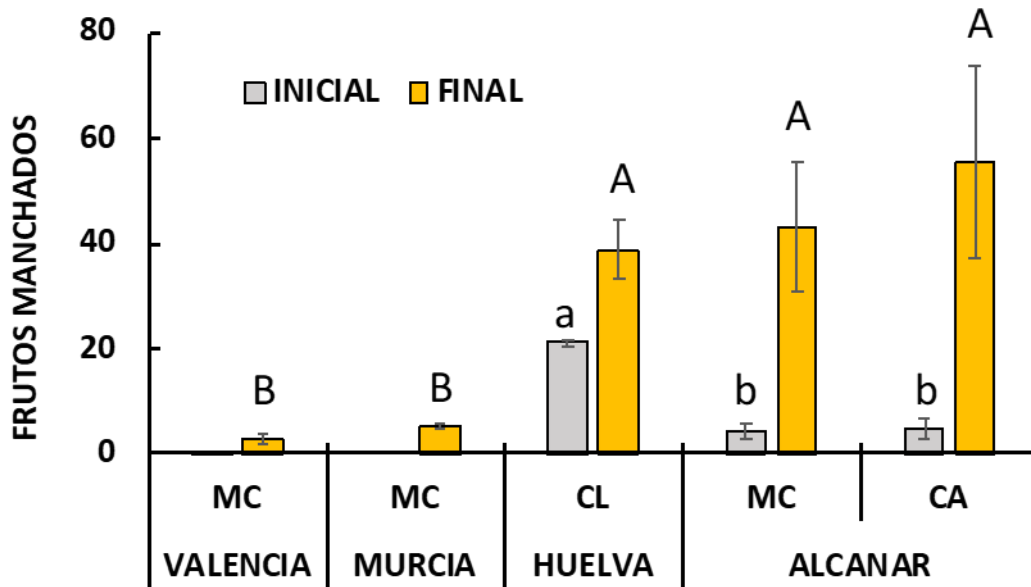


Figura 2. Incidencia inicial (llegada al almacén) y final (tras 16-19 días de almacenamiento postcosecha) del manchado de la mandarina Tango. Influencia de la procedencia y del patrón (MC: *Citrus macrophylla*; CL: mandarino Cleopatra; CA: citrange Carrizo). Los datos indican el número de frutos manchados por cajón, con un promedio de 200 frutos por cada cajón. Cada valor indica la media de 4 experimentos independientes \pm error estándar. Las letras minúsculas y mayúsculas diferentes indican diferencias significativas en el manchado inicial y final, respectivamente ($P < 0,05$).

4.3 Influencia del tratamiento postcosecha en la incidencia de la alteración.

Para determinar la influencia de la temperatura de almacenamiento en la evolución de la aparición de síntomas se hicieron 3 experimentos en condiciones de nula, baja y alta intensidad de manchado precosecha. Además, en los dos últimos también se estudió la influencia de la aplicación de fungicidas, para descartar el origen biótico del manchado, y en el último experimento la incidencia del patrón.

En la figura 3 se muestra la influencia de la temperatura de almacenamiento, 6°C (control), 16°C y 25°C, sobre la aparición de nuevos frutos afectados por cajón y día de evaluación, en las fincas con muy poca intensidad de manchado (Valencia y Murcia). Como se puede observar, los cajones no presentaban frutos afectados a la llegada al almacén (día 0). No se observó un aumento significativo de la alteración durante el almacenamiento postcosecha, con independencia de la temperatura de almacenamiento, aunque bien es cierto que el número de nuevos frutos manchados por día (entre 1 y 3) fue ligeramente mayor en los cajones almacenados a 25°C (Figuras 3 A y C).

El número total de nuevos frutos afectados (0,5-6 frutos) por cajón (200 frutos) durante el almacenamiento poscosecha supuso un escaso porcentaje y no mostró relación con la temperatura (Figuras 3 B y D). La temperatura de conservación no fue un factor determinante en la evolución de aparición del daño, ya que no se apreciaron diferencias significativas entre las distintas temperaturas ni en Valencia ni en Murcia, ni tampoco en el total de fruta manchada.

Cabe destacar que en el caso de Valencia, no se apreciaron diferencias significativas entre la fruta conservada a 25°C y la que fue conservada en frío a 6°C, pero en cambio sí hubo diferencias significativas ($P<0,05$) entre estas dos temperaturas de conservación frente a la de 16°C. No obstante, la diferencia final de frutos manchados entre las distintas temperaturas es mínima por lo que se podría considerar irrelevante.

En el segundo experimento se estudió 1) la influencia de la temperatura de almacenamiento en condiciones de alta incidencia inicial, y 2) la influencia de la aplicación de fungicidas en el drencher, para descartar el origen biótico de la alteración.

La evolución de aparición de nuevos frutos manchados que se muestra en la figura 4A es decreciente, probablemente debido a que el número de frutos afectados inicialmente fue muy elevado, por lo que la aparición de nuevos frutos manchados se vio disminuida con el paso de los días en postcosecha.

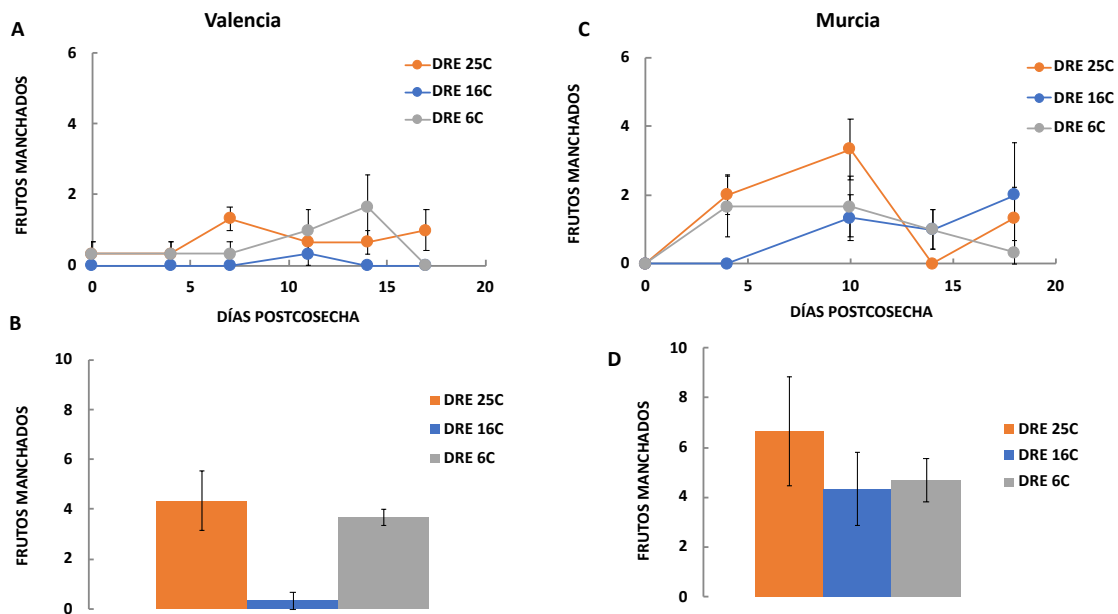


Figura 3. Influencia de la temperatura en la evolución de la aparición de frutos manchados durante el almacenamiento postcosecha (A y C), y el manchado final (B y D), de la mandarina Tango, en condiciones de ausencia inicial de manchado. Todos los frutos proceden de árboles injertados sobre *Citrus macrophylla* en fincas de Valencia (A y B) y Murcia (C y D). Los datos indican el número de frutos manchados por cajón, con un promedio de 200 frutos en cada cajón. Cada valor es la media de 3 cajones \pm error estándar.

En estas condiciones (alta incidencia inicial), la temperatura de almacenamiento sí fue determinante en la evolución del manchado. Así, en el caso de la fruta almacenada a 25°C, se observó la aparición de nuevos frutos manchados hasta 14 días después del inicio del almacenamiento, disminuyendo de forma progresiva, entre 15 y 5 nuevos frutos dia^{-1} y cajón^{-1} (Figura 4A). En cambio, en la fruta conservada en frío (6°C) se detiene la aparición de nuevos frutos afectados de forma inmediata. En ambos casos, la adición de fungicidas no modificó el resultado.

El número total de frutos manchados al final de la evaluación confirma que no existen diferencias significativas entre los cajones tratados con fungicida y sin tratar, mientras que la baja temperatura de conservación es el factor clave en la reducción la alteración, de modo que la fruta conservada a 6°C mostró, aproximadamente, un 50% menos de frutos afectados que a 25°C (Figura 4B).

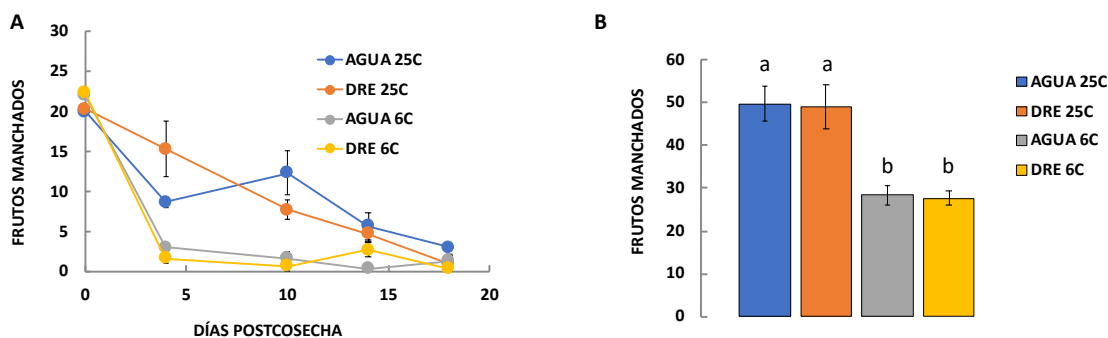


Figura 4. Influencia de la temperatura y la aplicación de tratamientos fungicidas en la evolución de la aparición de frutos manchados durante el almacenamiento postcosecha (A), y el manchado final (B), de la mandarina Tango, en condiciones de alta incidencia de manchado inicial. Todos los frutos proceden de árboles injertados sobre el mandarino Cleopatra en una finca de Huelva. Los datos indican el número de frutos manchados por cajón, con un promedio de 200 frutos en cada cajón. Cada valor es la media de 3 cajones \pm error estándar.

En el tercer experimento se determinó, además, la influencia del patrón en la alteración. La evolución postcosecha de los frutos de árboles injertados sobre citrange Carrizo (figura 5A) conservados a 25°C se caracterizó por un notable incremento de la cantidad de frutos manchados a los 7 días desde la llega al almacén, alcanzando entre 50-60 frutos manchados por cajón (25% del total). En cambio, en la fruta conservada a 6°C la aparición de manchas sufre un descenso brusco a los 5-7 días. Tanto la fruta que fue conservada a 25°C, como la que estaba a 6°C, presenta diferencias significativas ($P < 0,05$) entre la que fue bañada sólo con agua y la que fue tratada con tratamientos fungicidas, presentando la fruta tratada con fungicidas prácticamente el doble de frutos manchados finales que la que sólo fue bañada con agua (Figura 5C). Este resultado no fue confirmado con la fruta procedente del patrón *C. macrophylla* (Figura 5D).

En el caso de la fruta procedente de árboles injertados sobre *Citrus macrophylla*, la aparición de nuevos frutos manchados se observó durante todo el periodo postcosecha, cuando se almacenaron a 25°C. La incidencia en este caso fue menor que en la fruta procedente de árboles con Carrizo. La fruta conservada en frío mantuvo una baja tasa de manchado sin presentar repuntes (Figura 5B). Además, en el manchado final se aprecian diferencias significativas ($P < 0,05$) entre la fruta que fue conservada en frío y la que estuvo a 25°C, por lo que se puede concluir que el tratamiento en frío disminuye de

forma notable la incidencia del manchado, con independencia del patrón, a más de la mitad.

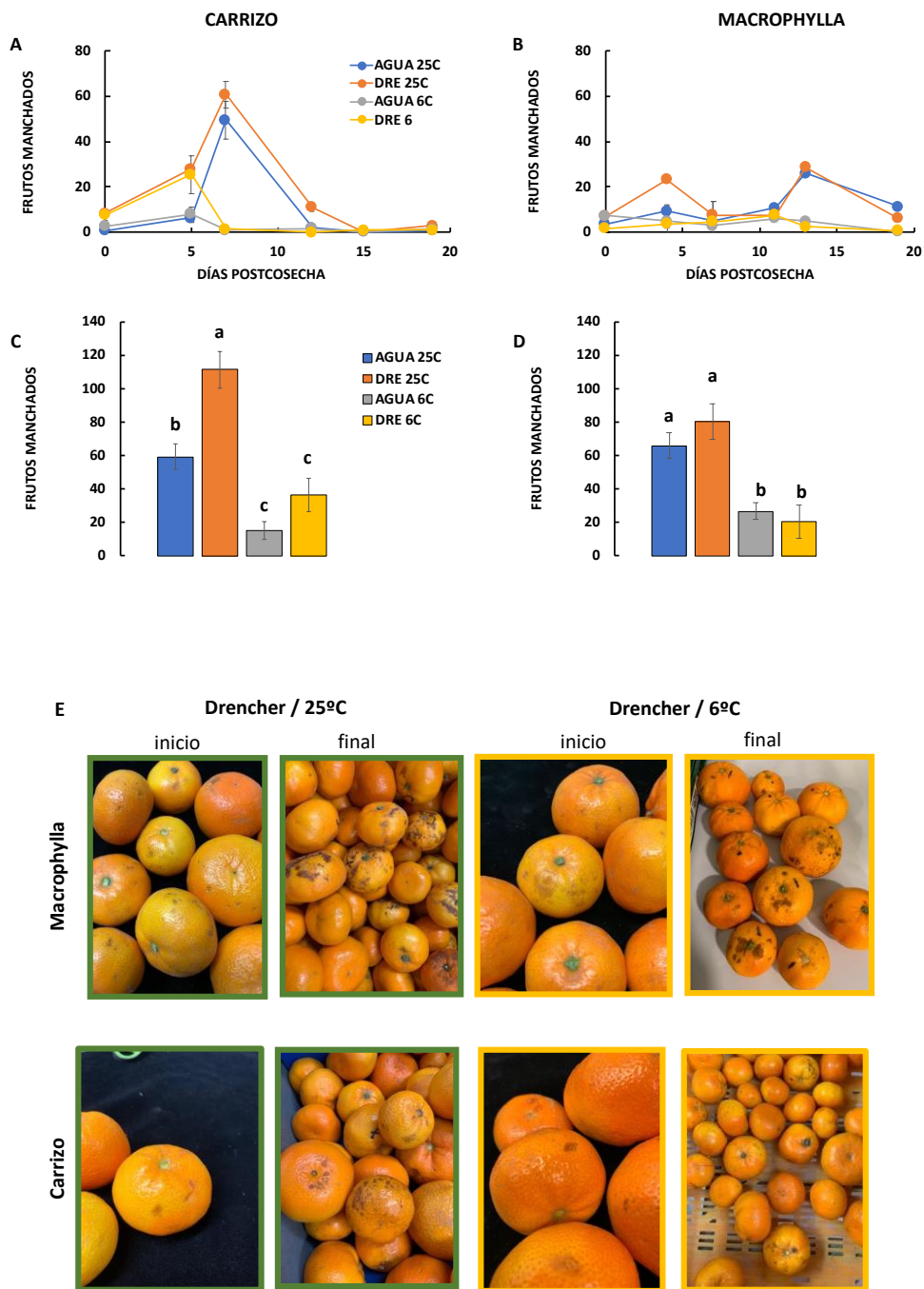


Figura 5. Influencia de la temperatura y la aplicación de fungicida en la evolución de la aparición de frutos manchados durante el almacenamiento postcosecha (A, B) y el manchado final (C, D), de la mandarina Tango, en condiciones de baja incidencia de manchado inicial. Todos los frutos proceden de una finca de Alcanar, injertados en *Citrus macrophylla* (B, D) o citrange Carrizo (A, C). La fotografía E muestra el aspecto de los frutos al inicio y al final del almacenamiento. Los datos indican el número de frutos manchados por cajón, con un promedio de 200 frutos en cada cajón. Cada valor es la media de 3 cajones \pm error estándar.

La intensidad de la alteración en cada fruto manchado también fue mayor a 25°C que a 6°C. La fruta procedente de árboles injertados sobre citrange Carrizo presentó las mayores diferencias. Aquellos cajones que fueron conservados a 25°C presentaron un 80% de los frutos manchados con una incidencia en su superficie inferior al 50%, y un 20% de fruta manchada presentó un grado de intensidad superior al 50% de su superficie. En cambio, la fruta que fue conservada en frío no presentó ningún fruto con una intensidad de manchado en su superficie superior al 50% (Figura 6A).

Algo similar ocurrió en el caso de *Citrus macrophylla*. La fruta conservada en frío presentó un 4.5% del total de frutos manchados con una incidencia en su superficie superior al 50% frente al 95.5% de fruta manchada con menos del 50% de su superficie afectada. Los cajones que fueron conservados a 25°C presentaron mayor porcentaje de frutos con mayor intensidad de daño en su superficie, ascendiendo el valor a 14.7% frente al 4.5% de la fruta que fue conservada a 6°C (Figura 6B).

En el experimento de m. Cleopatra (figura 6C) no se observan diferencias estadísticamente significativas entre ambas temperaturas de conservación. En los experimentos de Carrizo y *C. macrophylla*, debido a que la incidencia de manchado inicial es baja, el frío consigue frenar el aumento de aparición de manchas en toda la superficie del fruto, pero, en cambio, cuando la fruta ya presentó una alta incidencia en la superficie del fruto al inicio (Figura 6C), el frío no tuvo efecto alguno (C). Las fotografías D y E fueron tomadas de frutos del mismo cajón (y por tanto bajo las mismas condiciones).

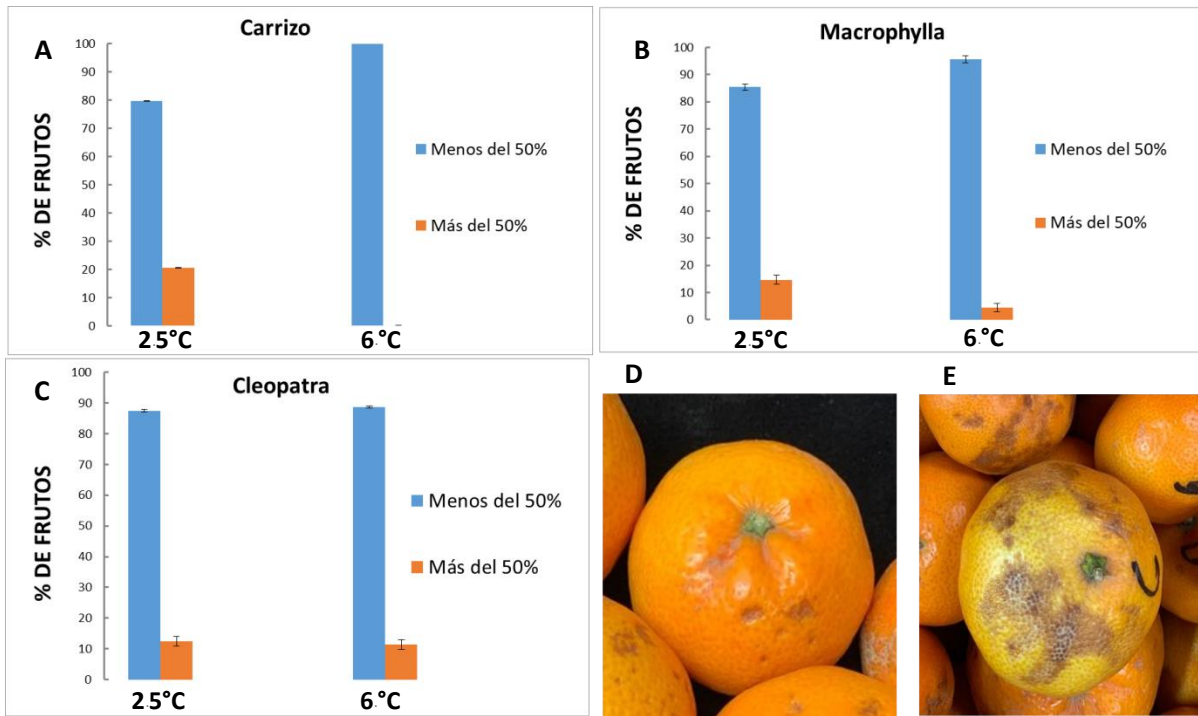


Figura 6. Influencia de la temperatura de conservación y el patrón en la intensidad de la alteración en la superficie del fruto que ha sido afectado por el manchado (A, B y C). Las fotografías D y E muestran un fruto con daño que afecta a menos del 50% de su superficie (D) y uno con daño que afecta a más del 50% de su superficie (E) respectivamente. Las fotografías D y E fueron tomadas el mismo día y la fruta pertenece al mismo cajón. Cada valor es el porcentaje de frutos \pm error estándar.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos refuerzan, por un lado, la hipótesis de la importancia de las condiciones ambientales precosecha en el manchado de la mandarina Tango, ya que si la alteración no se ha producido en campo, el almacenamiento habitual (6°C + tratamiento fungicida) mantiene el estándar de calidad del fruto. Además, por otra parte, los resultados indican que el manchado se debe, principalmente, a daños fisiológicos provocados por la senescencia de la corteza, y no por el frío, ya que su desarrollo se detiene a 6°C y se incrementa a 25°C. Finalmente, se demuestra la escasa importancia del patrón en la incidencia de la alteración.

La ausencia de relación con el patrón difiere de resultados anteriores (Cronjé, 2013) en los que se observó que la sensibilidad al manchado postcosecha de la mandarina Nadorcott (muy similar a Tango) era mayor en árboles injertados sobre Limón Rugoso que en árboles injertados sobre c. Carrizo, cuando se sometía a cambios bruscos en la humedad relativa (HR) a 20°C. Dichos cambios en la HR, si bien provocan deshidratación y senescencia de la corteza, están más relacionados con la alteración llamada 'Colapso de la corteza' (*Rind breakdown*), en la que la depresión y posterior deshidratación del mesocarpo provoca el manchado. Ésta difiere del agrietado del exocarpo observado en la figura 1 (E y F), especialmente en la zona del cáliz (*Water spot*). No obstante, no es descartable que parte del manchado final observado también se debiera al colapso del mesocarpo provocado por su deshidratación a 25°C. Diversos estudios (Alferez *et al.*, 2003, 2010; Cronjé *et al.*, 2017) proponen que los cambios en la humedad relativa pueden conducir a diferencias significativas en el déficit de presión de vapor entre la fruta y el ambiente, alterando el potencial hídrico tanto de las células del mesocarpo como del exocarpo. Bajo estas condiciones ambientales, las células de la corteza afectadas disminuyen su capacidad para conseguir un ajuste hídrico adecuado. Esto provoca la deshidratación, causando fracturas en las paredes celulares, el colapso de las células epidérmicas externas, y el desarrollo de áreas manchadas (Alferez *et al.*, 2010; Alquézar *et al.*, 2010). Cuanto mayor sea el nivel de deshidratación en el fruto, ya sea en el campo o después de la cosecha pero antes del almacenamiento a alta humedad relativa, más propenso será el fruto a desarrollar manchas en la corteza después de la cosecha.

La causa principal de las grietas de la corteza es el envejecimiento del fruto una vez el fruto ha alcanzado la maduración. En la mandarina 'Tango', el cambio de color se completa en el mes de enero, por lo que la presencia de grietas a finales de marzo-abril es del todo lógica. Pero las condiciones ambientales pueden acelerar su formación y su expansión (Agustí *et al.*, 2004). El efecto de la alta temperatura es doble, acelerando la respiración y la senescencia y modificando la absorción de agua por la corteza, que es mayor cuanto mayor es la temperatura (Agustí *et al.*, 2004). Una vez formada la grieta, la entrada de agua (por HR, rocío, lluvia, etc.) provoca la degradación de la pared celular, la oxidación y el reblandecimiento del tejido. El hecho de que el almacenamiento a 25°C provoque un aumento del número de frutos manchados (Figuras 4 y 5) y, también, de la superficie afectada en los frutos ya dañados (Figura 6), mientras que el almacenamiento a 6°C impida la aparición de frutos manchados, indica que el origen de éste es la senescencia, y no el frío. Las especies sensibles al picado por frío (*cold pitting*) se almacenan a temperatura superior a 10°C para evitar la aparición de la alteración (Martínez-Jávega *et al.*, 1999).

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- Los principales daños fisiológicos observados son el picado del fruto y la senescencia, aunque la mayor parte de síntomas que han presentado evolución son de senescencia.
- Las condiciones ambientales precosecha tienen elevada importancia en la incidencia de la alteración
- El patrón no influye en la aparición de la alteración.
- El tratamiento con fungicidas no afecta a la aparición e incidencia de la alteración.
- La conservación en frío disminuye de forma notable la aparición del manchado y su desarrollo.

BIBLIOGRAFÍA

- Agustí, M. Almela, V. Juan, M. Alferez, F. Tadeo, F. R. & Zacarias, L. 2001. Histological and physiological characterization of rind breakdown of 'Navelate' sweet orange. *Annals of Botany*, 88 (3), 415-422.
- Agustí, M. Almela, V. 1991. Aplicación de fitorreguladores en citricultura. Ed. Aedos.
- Agustí, M. Almela, V. Guardiola, J. L. 1988. Aplicación de ácido giberélico para el control de alteraciones de la corteza de las mandarinas asociadas a la maduración. *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.* 3: 125-137.
- Agustí, M. 2000. Citricultura. Ed. Mundi-Prensa.
- Agustí, M. 2010. Fruticultura. Ed. Mundi-Prensa.
- Agustí, M. Almela, V. Zaragoza, S. Gazzola, R. Primo-Millo, E. 1997. Alleviation of peel pitting of Fortune mandarin by the polyterpene pinolene. *J. Hort. Sci.*, 72: 653-658.
- Agustí, M. Martínez-Fuentes, A. Mesejo, C. Juan, M. Almela, V. 2003. Cuajado y desarrollo de los frutos cítricos. Consellería de agricultura, pesca y alimentación.
- Agustí, M. Almela, V. Juan, M. 2004. Alteraciones fisiológicas de los cítricos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Agustí, M. Mesejo, C. Reig, C. 2020. Citricultura. Ed. Mundi-Prensa. 3ª Ed. Madrid. 488 pp.
- Agustí, M. 2010. Fruticultura. Ed. Mundi-Prensa. 2ª Ed. Madrid. 507 pp.
- Albrigo, L. G. 1986. Peel morphology and fruit blemishes. En: Citrus flowering, fruit set and development. Ed. J. L. Ferguson Univ. Florida. EE.UU. Institute of Food and Agricultural Sciences. pp. 73-80.
- Alferez, F. Agustí, M. Zacarías, L. 2003. Postharvest rind staining in Navel oranges is aggravated by changes in storage relative humidity: Effect on respiration, ethylene production and water potential. *Postharvest Biology and Technology*, 28: 143-152.
- Alferez, F. Lluch, Y. Burns, J.K. 2008. Phospholipase A(2) and postharvest peel pitting in citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 49: 69-76
- Alferez, F.; Alquézar, B.; Burns, J.K. & Zacarías, L. 2010. Variation in water, osmotic and turgor potential in peel of 'Marsh' grapefruit during development of postharvest peel pitting. *Postharvest Biology and Technology*, 56: 44-49.
- Alquézar, B. Mesejo, C. Alferez, F. Agustí, M. Zacarías, L. 2010. Morphological and ultrastructural changes in the peel of 'Navelate' oranges in relation to variations in

relative humidity during postharvest storage and development of peel pitting. *Postharvest Biology and Technology*, 56: 163-170.

Arpaia, ML. 1992. Factores precosecha que influyen en la calidad postcosecha de frutas tropicales y subtropicales, *HortScience*, 27(6), 568c-568.

Arpaia, ML Kader, A. A. 2007. Recommendations for maintaining postharvest quality. Department of Plant Science, University of California, Davis.

Cronjé, P.J.R. 2013. Postharvest rind disorders of 'Nadorcott' mandarin are affected by roostock in addition to postharvest treatments. *Acta Horti*, 1007: 111-117 DOI: 10.17660/ActaHort.2013.1007.9

Cronjé, P.J.R.; Zacarías, L. Alférez, F. 2017. Differential susceptibility to peel pitting in fruit from citrus cultivars with different albedo thickness. *Postharvest Biology and Technology*, 123: 77-82.

IVIA. 2021. Gestión Integrada de Plagas y Enfermedades en Cítricos. <http://gipcitricos.ivia.es/>

Kader Adel, A. 1992. Postharvest biology and technology: an overview. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. 2a ed. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California, 15-19.

Kawada, K. Grierson, W. Soule, J. 1978. Seasonal resistance to chilling injury of Marsh grapefruit as related to winter field temperature. *Proceedings Florida State Horticultural Society*, 91: 128-130.

Lafuente, M. T. Martínez-Téllez, M. A. Zacarías, L. 1997. Abscisic acid in the response of Fortune mandarin to chilling. Effects of maturity and high-temperature conditioning. *J. Sci. Food Agric.*, 73: 494-502.

MAPAMA. 2022. El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación comunica un aforo de cítricos estimado de 6,705 millones de toneladas para la campaña 2021/2022. <https://www.mapa.gob.es/eu/prensa/ultimas-noticias/el-ministerio-de-agricultura-pesca-y-alimentaci%C3%B3n-comunica-un-aforo-de-c%C3%ADtricos-estimado-de-6705-millones-de-toneladas-para-la-campa%C3%B1a-2021/2022/tcm:35-576156>

Martinez-Javega, J. M. 1999. Tendencias actuales de la frigoconservación de frutos. *Fruticultura profesional*, (102), 58-60.

Petracek, P.D. Dou, H. Pao, S. 1998. The influence of applied waxes on postharvest physiological behavior and pitting of grapefruit. *Postharvest Biology and Technology*, 14: 99-106.

Rey, F. Zacarías, L. Rodrigo, M. J. 2020. Carotenoids, vitamin C, and antioxidant capacity in the peel of mandarin fruit in relation to the susceptibility to chilling injury during postharvest cold Storage. *Antioxidants*, 9(12), 1296.

Roose, M.L. Williams, T.E. 2007. Genetics, Breeding and Biotechnology."Mutation breeding" in, ed. I. Ahmad Khan. Citrus

Sala, J.M. Lafuente, M.T. Cuñat, P. 1992. Content and chemical composition of epicuticular wax of 'Navelina' oranges and 'Satsuma' mandarins as related to rindstaining of fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 59: 489-495.

Syvertsen, J. P. Graham, J. H. 1985. Hydraulic conductivity of roots, mineral nutrition, and leaf gas exchange of citrus rootstocks. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 110(6), 865-869.

Treeby, M. T. Henriod, R. E. Bevington, K. B. Milne, D. J. & Storey, R. 2007. Irrigation management and rootstock effects on navel orange [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] fruit quality. *Agricultural water management*, 91(1-3), 24-32.

Vercher, R. Tadeo, F.R. Almela, V. Zaragoza, S. Primo-Millo, E. Agustí, M. 1994. Rind structure, epicuticular wax morphology and water permeability of 'Fortune' mandarin fruits affected by peel pitting. *Annals of Botany*, 74: 619-625.

Zaragoza, S. Almela, V. Tadeo, F. R. Primo-Millo, E. & Agusti, M. 1996. Effectiveness of calcium nitrate and GA₃ on the control of peel-pitting of 'Fortune' mandarin. *Journal of Horticultural Science*, 71(2), 321-326.