

# Efectos del sistema de nebulización AQUALIFE en la conservación y calidad de la fruta en condiciones de frío convencional.

## Informe preliminar: enero 2017



Dirigido por: **Jesús Val Falcón** (Científico Titular del CSIC)

Realizado por: **Diego Redondo Taberner** (Ingeniero Agrónomo)

**Azahara Díaz Simón** (Ingeniero Técnico Agrícola)

Estación Experimental de Aula Dei ([www.eead.csic.es](http://www.eead.csic.es))

## ÍNDICE

1.	ENSAYO DE CONSERVACIÓN CON SISTEMA AQUALIFE DE FRUTAS DE HUESO Y DE PEPITA.....	3
2.	OBJETIVO DEL ENSAYO .....	3
3.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	3
3.1	DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD .....	4
3.1.1	PARÁMETROS DE CALIDAD NO DESTRUCTIVOS.....	4
3.1.2	DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DESTRUCTIVOS.....	6
3.1.3	CUANTIFICACIÓN DE DAÑOS.....	8
3.1.4	ANÁLISIS SENSORIAL.....	10
3.2	MATERIAL VEGETAL.....	11
3.3	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS .....	11
4.	RESULTADOS.....	12
4.1	RESULTADOS MELOCOTÓN EXTREME JULY .....	12
4.1.1	PLAN EXPERIMENTAL .....	12
4.1.2	PARÁMETROS DE CALIDAD.....	12
4.2	RESULTADOS MELOCOTÓN CALANTE .....	25
4.2.1	PLAN EXPERIMENTAL .....	25
4.2.2	PARÁMETROS DE CALIDAD.....	25
5.	CONCLUSIONES MELOCOTÓN .....	37
5.1	MELOCOTÓN EXTREME JULY.....	37
5.2	MELOCOTÓN CALANTE.....	38

## 1. ENSAYO DE CONSERVACIÓN CON SISTEMA AQUALIFE DE FRUTAS DE HUESO Y DE PEPITA

En la campaña de 2016 el grupo Nutrición de Cultivos Frutales (NCF) de la Estación Experimental de Aula Dei (EEAD-CSIC) realizó para la empresa SAMARKETING un ensayo empleando su sistema de humidificación por nebulización (AQUALIFE) en diferentes especies de fruta de hueso (cereza y melocotón) y de fruta de pepita (manzana y pera).

**El presente informe es un avance de los resultados preliminares obtenidos en dos variedades de melocotón.**

## 2. OBJETIVO DEL ENSAYO

El **objetivo general** de los ensayos llevados a cabo en la Estación Experimental Aula Dei fue comprobar la efectividad del sistema de humidificación por nebulización AQUALIFE de la empresa SAMARKETING en la conservación en cámara frigorífica de 4 especies diferentes de fruta (cereza, melocotón, manzana y pera) para mantener los parámetros de calidad postcosecha, comparándola con una conservación en cámara frigorífica sin control de humedad.

Para ello se establecieron los siguientes **objetivos parciales**:

- Conocer el efecto del sistema de humedad sobre los parámetros de calidad físicos y químicos normalmente evaluados en la conservación postcosecha de las diferentes frutas, en comparación con una cámara sin control de humedad.
- Evaluación sensorial los lotes de fruta mediante un panel entrenado de catadores para identificar potenciales diferencias debidas al control de humedad.

## 3. MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se desarrolló en las instalaciones que el grupo de investigación dispone en la EEAD junto con la infraestructura para el control de la humedad suministrada por SAMARKETING. La cámara de refrigeración en la que se instaló el sistema Aqualife tiene unas dimensiones de 3x3x3 m, lo que supone un total de 27 m<sup>3</sup>. Por su parte, la cámara que se utilizó como control, en la que no existe ningún sistema de control de humedad, tiene unas dimensiones de 5x3x3 m, 45 m<sup>3</sup>.

Las muestras fueron adquiridas de suministradores de la confianza del grupo de investigación (cereza Burlat y Rainier). Se recolectaron en su momento óptimo y transportaron rápidamente al laboratorio en el que se realizó un primer análisis en ese momento para determinar los parámetros de calidad y disponer de una caracterización inicial. El resto de frutos se conservaron a 2-4 °C durante el tiempo preciso para cada especie frutal. Una vez sacados de la cámara se procedió a su análisis o se dejaron dos días a temperatura ambiente, periodo conocido como frutero (SL de sus siglas en inglés SHELF LIFE).

### 3.1 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD

Para determinar el efecto de la conservación en frío junto con alta humedad sobre la fruta, en función de la especie frutal, **se estudiaron los siguientes parámetros para cada fecha de análisis.**

#### 3.1.1 PARÁMETROS DE CALIDAD NO DESTRUCTIVOS

##### TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

Se controló la temperatura y la humedad de ambas cámaras empleadas en el ensayo mediante el uso de sondas portátiles HOBO, obteniéndose datos cada 30 min y exportándose los datos en formato .xlsx.

##### PÉRDIDA DE PESO

Se controló la pérdida de peso de las cajas de fruta empleadas en los ensayos en cada uno de los puntos de análisis mediante la pesada en el día 0, momento de entrada en la cámara de conservación, y en cada día de los correspondientes a los análisis.

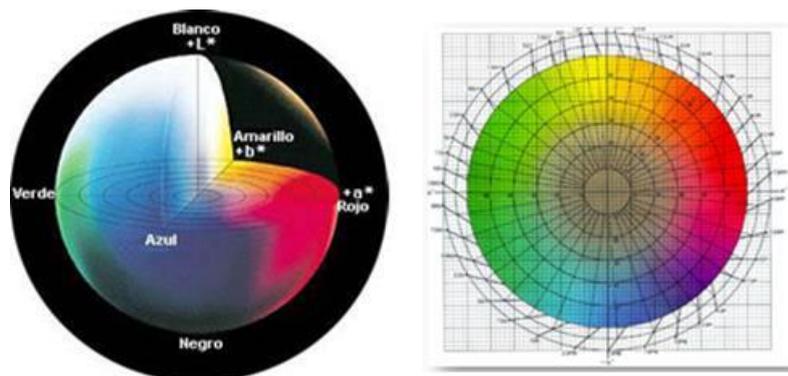
##### COORDENADAS DE COLOR CIELAB ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ )

El color de los frutos es una de las características básicas de calidad y, por lo tanto, de su valor comercial. La medida de color se efectuó con un espectrofotómetro CMS 700 de Konica Minolta (Figura 1), este actúa como colorímetro proporcionando las coordenadas de color del espacio 'Cielab'  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ .



**Figura 1.** Espectrofotómetro CMS 700 de Konica Minolta.

Estos parámetros representan las tres dimensiones del color tal y como es percibido siendo  $L^*$  la claridad o luminosidad y  $a^*$  y  $b^*$  las coordenadas de cromaticidad, que indican direcciones de colores:  $+a^*$  es la dirección del rojo,  $-a^*$  es la dirección del verde,  $+b^*$  es la dirección del amarillo y  $-b^*$  es la dirección del azul, siendo el centro acromático (Figura 2).



**Figura 2.** Espacio bidimensional de color según el sistema CieLab.

En los frutos se efectuaron mediciones en tres puntos equidistantes de cada lado del fruto. Se considera el promedio de cada uno de los parámetros mencionados, siempre medido con la fuente de iluminación D65 correspondiente a la luz diurna.

### **ABSORBANCIA A 680 NM: CUANTIFICACIÓN DE LA CLOROFILA**

Por otro lado, el espectrofotómetro utilizado en las determinaciones anteriores mide la luz reflejada de la superficie en cada longitud de onda o en cada rango de longitudes de onda. Estos datos se representan en un gráfico de reflectancia espectral para ofrecer una información más detallada sobre la naturaleza del color. Estos datos se transforman posteriormente en el valor correspondiente de absorbancia.

Del mismo modo que en la determinación de las coordenadas de color, se efectuaron mediciones en tres puntos equidistantes de cada lado del fruto, siendo el resultado la media de dichas mediciones a distintas longitudes de onda en el rango de 360 a 740 nm; con un intervalo de 10 nm. De todos los valores de reflectancia obtenidos, es de especial interés el correspondiente a la longitud de onda de 680nm, ya que es donde se encuentra el pico de absorción de la clorofila. De este modo, los frutos más inmaduros, que contienen más clorofila, absorben más la luz en esta banda y poseen valores de absorbancia más altos, y en los frutos más maduros sucede lo contrario, reflejan más luz y por lo tanto tiene valores de absorbancia más bajos.

### **FIRMEZA NO DESTRUCTIVA (AWETA)**

El equipo AWETA evalúa la firmeza mediante resonancia acústica y un índice de firmeza propio, FI. La base de su funcionamiento es la medición de la frecuencia de una señal acústica tras atravesar el fruto analizado. Posee la ventaja de que efectúa una evaluación global de la firmeza del fruto, pues mide la vibración del fruto entero, mientras que la firmeza destructiva determinada con el penetrometro tradicional Magness-Taylor únicamente aporta información sobre una zona localizada del fruto (en la que se ejerce presión). Además, con este instrumento también se obtiene el peso del fruto (Figura 3).



**Figura 3.** Medidor de firmeza por impulso acústico, AWETA.

Los ensayos se realizaron sobre el producto entero en un total de 50 frutos. Se ejecutaron tres medidas por cada fruto, indicándonos el aparato directamente la media de cada fruto.

#### **FIRMEZA NO DESTRUCTIVA (DUROFEL)**

También se puede determinar la firmeza mediante un ensayo de textura no destructivo con el equipo DUROFEL DFT-100 (Figura 4). Consiste en aplicar una presión en el fruto, obteniéndose unos valores adimensionales que nos indican la resistencia que ofrece el fruto a dicha presión.



**Figura 4.** Medidor de firmeza no destructiva, DUROFEL.

Los ensayos se realizaron sobre el producto entero, aplicando una ligera presión con el puntero sobre la superficie. Las medidas se repitieron a ambos lados del fruto, tomando como medida el valor promedio en un total de 50 frutos.

### **3.1.2 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DESTRUCTIVOS**

#### **FIRMEZA MAGNESS TAYLOR**

La firmeza se determinó mediante un ensayo destructivo de penetración con un penetrómetro digital Magness-Taylor (Figura 5) y que indica la fuerza necesaria para introducir en la zona ecuatorial del fruto un vástago cilíndrico. Se realizaron dos mediciones por fruto en la zona ecuatorial,

eliminando la piel de dos zonas opuestas, obteniendo la fuerza realizada en kg. Los análisis se realizaron sobre 50 muestras, empleándose un vástago de 8 mm de diámetro.



**Figura 5.** Penetrómetro manual Magnes-Taylor.

### **SÓLIDOS SOLUBLES**

El contenido en azúcares es la principal medida de la calidad interna del fruto ya que junto a la acidez condicionan el sabor del mismo. Para la determinación del contenido en sólidos solubles totales se siguió la técnica descrita en los Métodos Oficiales de Análisis de Zumos de Frutas (AOAC, 1984) determinándose el índice refractométrico ( $^{\circ}$ Brix), mediante un refractómetro digital Atago PR-101 (Figura 6). La medida se realizó por quintuplicado sobre los zumos obtenidos a partir de 10 frutos cada uno, expresando el resultado en grados Brix.



**Figura 6.** Refractómetro digital ATAGO PR 101.

### **ACIDEZ TOTAL**

La acidez es un parámetro importante para determinar la calidad del fruto. El sabor del fruto resulta de la combinación de azúcares, ácidos y sustancias astringentes y aromáticas dentro del mismo. La fruta contiene diferentes ácidos orgánicos libres o en forma de nutrientes, siendo el más abundante el ácido málico, junto al cítrico y tartárico. Al madurar los frutos y durante la conservación disminuye el contenido total de ácidos orgánicos.

Los ácidos orgánicos presentes en los alimentos influyen en el sabor, color y la estabilidad de los mismos. Los valores de acidez pueden ser muy variables, por ejemplo, en el caso de las frutas, varían desde 0,2 a 0,3 %, en manzanas de poca acidez hasta de 6 % en el limón (el ácido cítrico puede constituir hasta 60 % de los sólidos solubles totales de la porción comestible). En general, la acidez disminuye durante la conservación frigorífica con lo que para un largo periodo de conservación es

necesario obtener frutos con niveles suficientes de acidez para mantener la calidad en el consumo posterior.

El contenido total en ácidos naturales se determinó mediante la valoración de los zumos elaborados a partir de una muestra significativa de frutos, con una solución de hidróxido sódico 0,1 N, hasta alcanzar pH=8,1. Se empleó un valorador automático modelo Mettler Toledo G20 Compact Titrator que proporciona de forma automática el valor de acidez expresado en g de ácido málico/kg (Figura 7). Las determinaciones se realizaron por quintuplicado.



Figura 7. Valorador automático Mettler Toledo G20 Compact Titrator.

### ÍNDICE DE MADUREZ

El índice de madurez se define como la relación existente entre el contenido en sólidos solubles y la acidez valorable.

$$I.M. = \frac{\text{Sólidos solubles}}{\text{Acidez}}$$

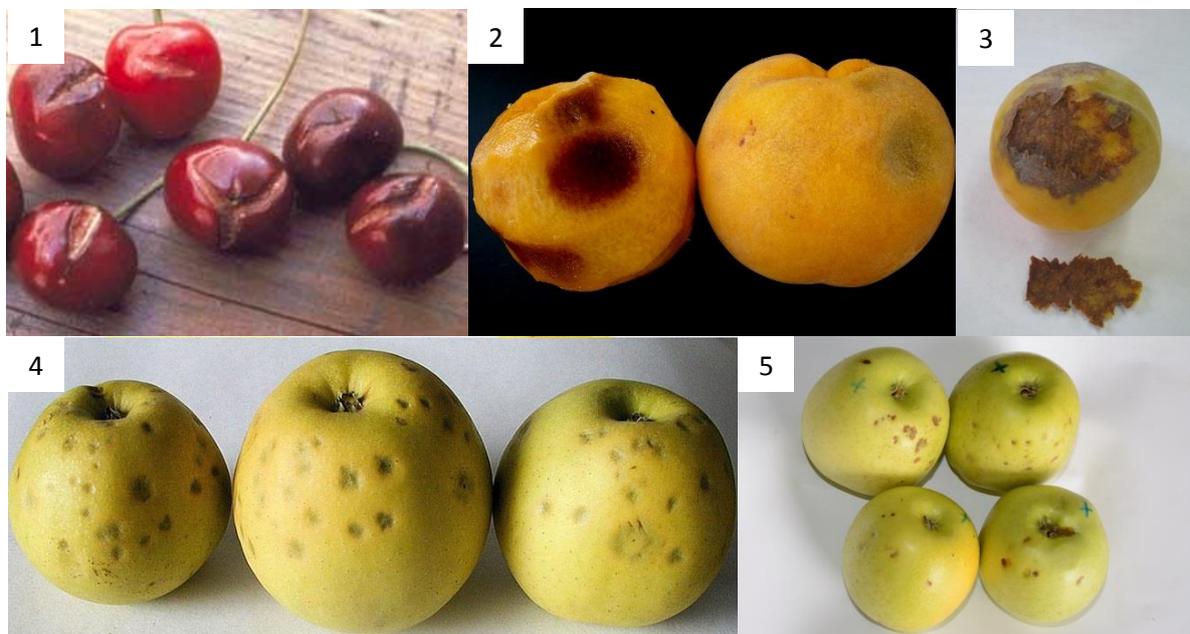
### 3.1.3 CUANTIFICACIÓN DE DAÑOS

Fueron registradas y cuantificadas la aparición de posibles daños y fisiopatías relacionadas con la conservación de frutas.

#### 1. Fisiopatías (Figura 8):

Las más comunes son **cracking** en cereza que consiste en el rajado de la piel debido, generalmente, a lluvia días antes de recolección o problemas de fragilidad de la piel en la conservación en frío. La **mancha vitrescente** del melocotón causa un oscurecimiento del mesocarpio del fruto similar a una sobremaduración de una zona delimitada del fruto. Por su parte, la **mancha corchosa** es muy similar a la mancha vitrescente pero en este caso la lesión se manifiesta también en el exterior del fruto y además la superficie está totalmente desecada. El **bitter pit**, fisiopatía relacionada con el calcio, se manifiesta por la aparición de unas manchas típicas de pequeña superficie, inicialmente incoloras y que van adquiriendo un color verde parduzco característico y una forma hueca, de aspecto corchoso. Generalmente se localizan en zonas aisladas, aproximadamente 1-2 mm por debajo de la piel y es en la zona calicina del fruto donde aparecen en mayor concentración. Finalmente, en la **plara**, al igual que en el caso del bitter pit, el calcio es el elemento clave implicado en su desarrollo. Sus características similares al **bitter pit**, que pueden dar lugar a confusiones en su

reconocimiento a simple vista, ya que ambas son manchas más o menos redondeadas, de un color marrón intenso en un estado avanzado y que afectan a los tejidos subepidérmicos, mayoritariamente en la zona calicina; Sin embargo, se diferencian en que la **plara** está centrada en las lenticelas, formando grandes depresiones.



**Figura 8.** Fisiopatías: (1) cracking en cereza, (2) mancha vitrescente y (3) mancha corchosa en melocotón, (4) bitter pit y (5) plara en manzana.

## 2. Daños por frío (Figura 9):

Aparecen durante la conservación en frío de determinadas frutas. En nuestro caso, las más comunes son el **pardeamiento interno** en los melocotones, el **escaldado superficial** en las manzanas y el **corazón pardo** en las peras.

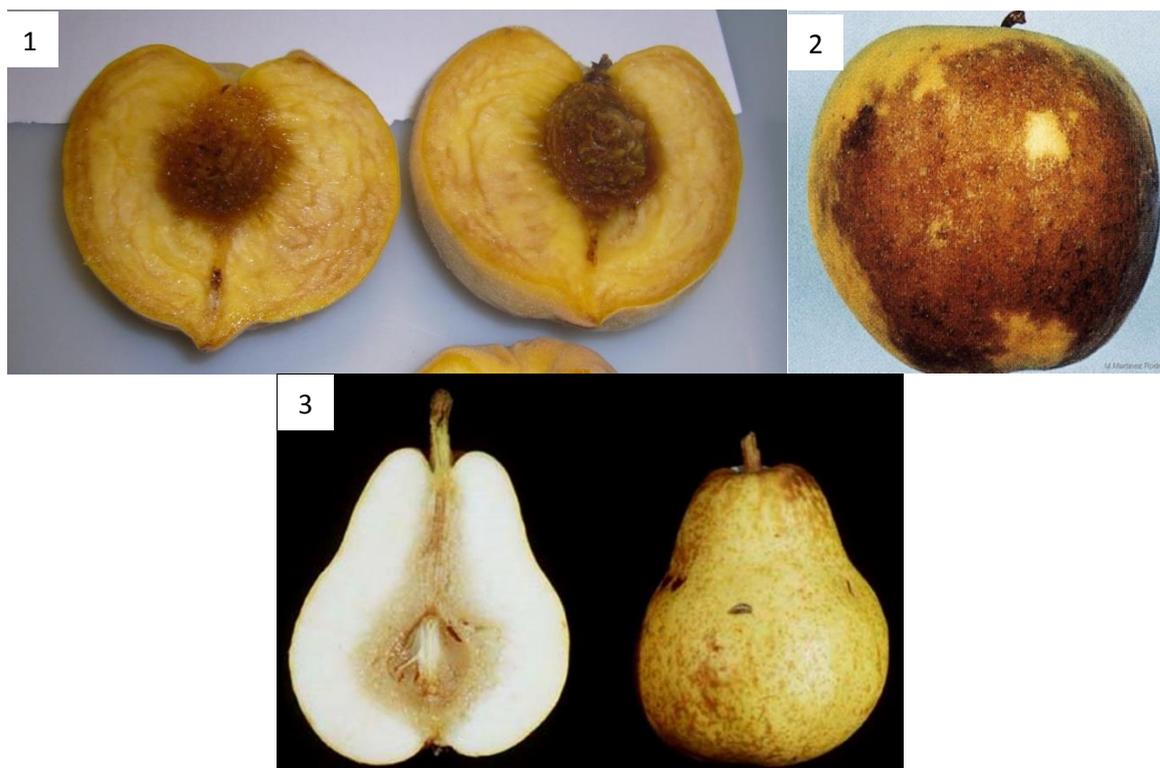


Figura 9. (1) Pardeamiento interno, (2) escaldado superficial y (3) corazón pardo.

### 3. Daños mecánicos:

Estos daños son debidos a golpes durante la recolección y confección de la fruta pero que pueden hacerse más evidentes en la conservación en frío.

### 4. Mohos alterantes:

Se determinó el porcentaje de frutos afectados por podredumbres y, en los casos que fue posible, el moho responsable.

#### 3.1.4 ANÁLISIS SENSORIAL

Se realizó un análisis descriptivo de las distintas frutas del proyecto mediante un panel de catadores entrenados. En una sesión previa se estableció una ficha de cata con los términos de apariencia visual, aroma, sabor y textura más relevantes de cada fruta, los cuales fueron luego evaluados de acuerdo con una escala de intensidad.

En el caso de los **melocotones**, los parámetros evaluados fueron:

- a. Fase visual: presentándose el fruto entero se determinó el color de la piel, la presencia de defectos y/o golpes, la firmeza determinada presionando el fruto entero con la mano (de 0 a 10) y una cuantificación de la preferencia hedónica (de 0 a 10).
- b. Fase en boca: se determinó la textura (de muy blanda a muy dura), crocancez (de muy blanda a muy crocante), sabor (de muy dulce a muy ácido), jugosidad (de muy seca a muy jugosa), intensidad de sabor (de muy poco intenso a muy intenso), sabores o aromas extraños y una cuantificación de la preferencia hedónica (todos ellos de 0 a 10).

### 3.2 MATERIAL VEGETAL

Para este ensayo, se usaron un total de 4 especies frutales (cereza, melocotón, pera y manzana) con 2 variedades cada una.

Las variedades de melocotón ensayadas fueron Extreme July y Calante. La variedad temprana **Extreme July** se recolecta a mediados de Julio y se caracteriza por tener una piel de color rojo-granate y una pulpa de color amarillo, crujiente y muy jugosa. Pese a su elevada calidad gustativa, presenta problemas de firmeza en la conservación lo que hace muy difícil su comercialización. Por su parte, la variedad **Calante** es una de las tres variedades de la D.O. Melocotón de Calanda. Su fecha de recolección es final de Septiembre o principio de Octubre y se caracteriza, además de por su gran tamaño, una piel amarilla-anaranjada sin chapa y una pulpa amarilla, sobre todo por su elevada calidad gustativa (muy dulce y firme) y alto precio en el mercado debido en parte al embolsado manual del fruto en el árbol.



**EL RESTO DE ESPECIES FRUTALES (MANZANA Y PERA) SERÁN DESCRITAS EN LOS SIGUIENTES INFORMES**

### 3.3 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

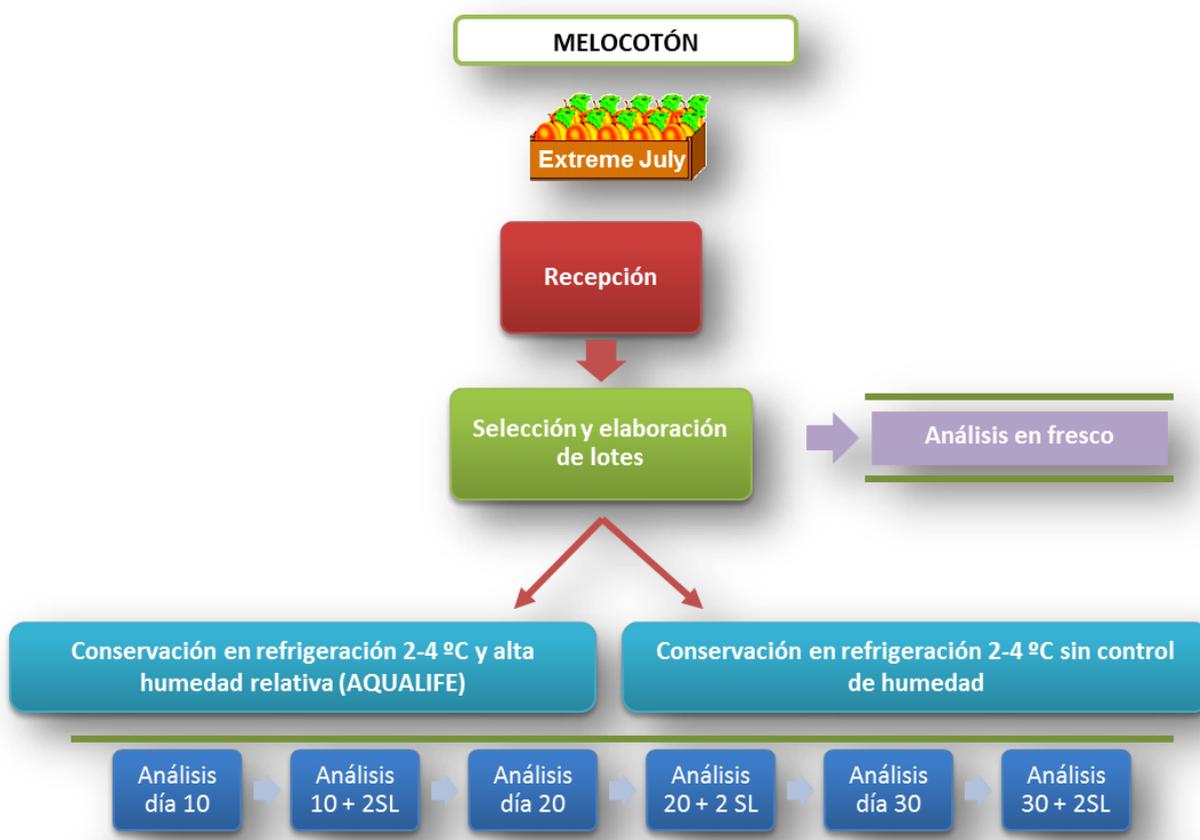
Todos los resultados obtenidos se trataron estadísticamente mediante análisis de varianza (ANOVA), y si éste dio diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) se aplicó el test de separación de medias de Waller-Duncan. El software utilizado fue el SPSS V.22.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 RESULTADOS MELOCOTÓN EXTREME JULY

#### 4.1.1 PLAN EXPERIMENTAL

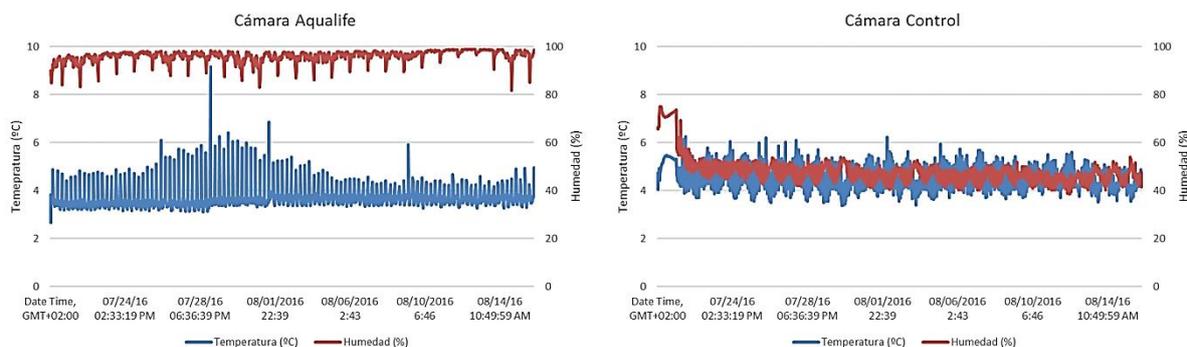
La variedad Extreme July fue recolectada el 20 de julio de 2016 y se procedió a realizar el siguiente plan experimental.



#### 4.1.2 PARÁMETROS DE CALIDAD

##### EVOLUCION TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

En la Figura 10 se muestra la evolución de la temperatura y la humedad en ambas cámaras de conservación. Con una consigna del 90% de humedad, el sistema Aqualife permitió mantener esos valores o superiores a lo largo de toda la conservación, mientras que en la cámara control la humedad se situó en torno al 50%. En cuanto a la temperatura, ambas cámaras mantuvieron valores similares y en torno a 4°C.

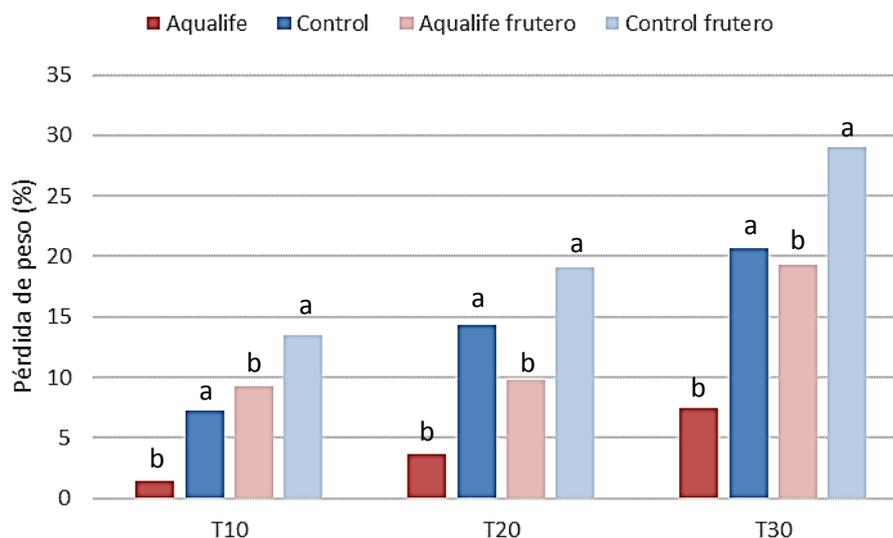


**Figura 10.** Control continuo de la temperatura y humedad en la cámara con el sistema Aqualife y en la cámara control.

El ligero ascenso de temperatura que se observa a mitad de conservación en la cámara con sistema Aqualife fue debido a problemas con el desescarche de la cámara, posiblemente relacionado con los altos porcentajes de humedad que se alcanzaron. Este problema fue solucionado en pocos días ajustando el tiempo y frecuencia de los desescarches.

### PÉRDIDA DE PESO

Se observaron diferencias estadísticamente significativas en la pérdida de peso obtenida entre ambos sistemas de conservación (Figura 11). La pérdida de peso fue siempre menor en el sistema Aqualife, tanto en el día de salida de cámara como tras dos días de frutero. Por ejemplo, en el día 20 de conservación en frío, la pérdida de peso con el sistema Aqualife en el momento de salida de cámara es menor del 4%, mientras que en la cámara control la pérdida es de casi el 15%. Esta mayor diferencia se observó también tras dos días de frutero donde los frutos control perdían casi el 20% de peso, mientras que en el sistema Aqualife fue de menos del 10%.



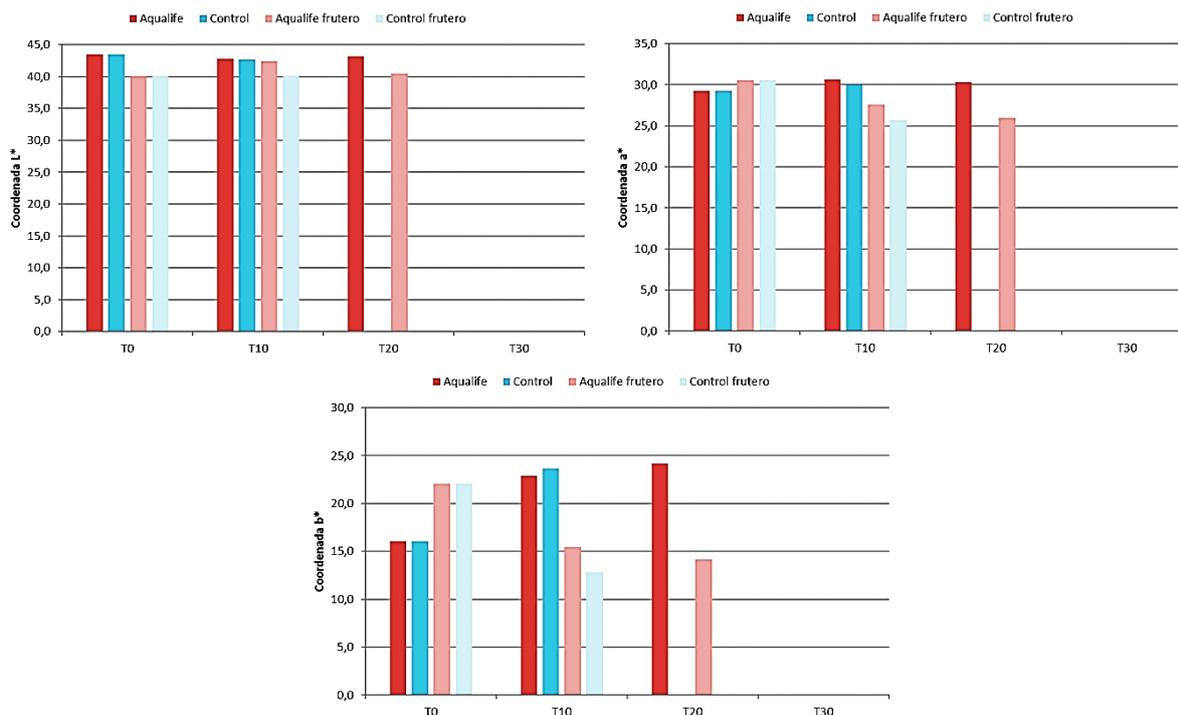
**Figura 11.** Pérdida de peso durante la conservación. \*Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

Llegados a este punto, es necesario destacar que debido a los problemas que esta variedad tiene durante su conservación en frío y pese a que la pérdida de humedad se cuantificó a lo largo de los 30 días de conservación, los análisis de calidad de fruto solo se realizaron hasta el día 10 para los

frutos conservados en cámara control y hasta el día 20 en cámara con sistema Aqualife debido a que partir de ese día habían dejado de ser susceptibles de consumo.

### **COORDENADAS DE COLOR CIELAB**

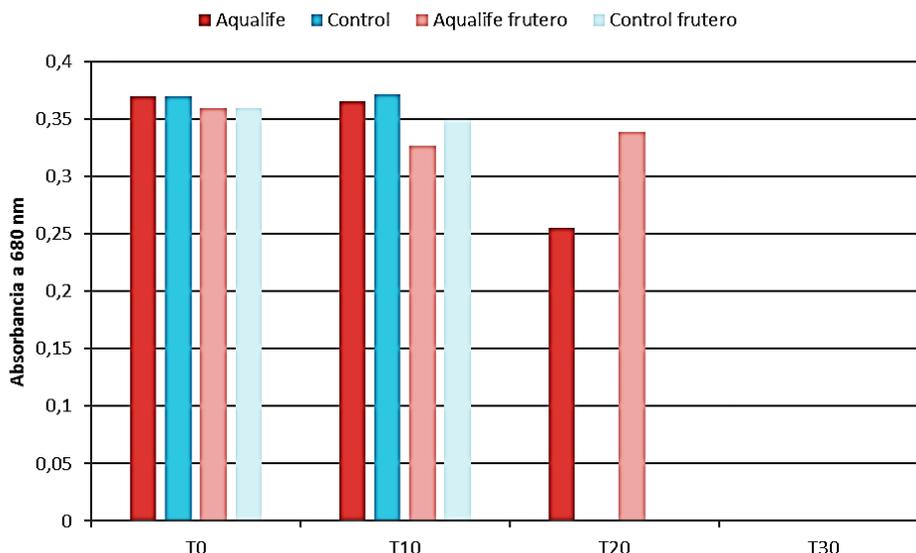
Las coordenadas de color  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  no se vieron afectadas por el sistema de conservación empleado (Figura 12), con ligeros descensos de las coordenadas  $L^*$  y  $a^*$  y ligero aumento de la coordenada  $b^*$ , todo ello relacionado con la normal evolución del parámetro color a lo largo de conservación en frío.



**Figura 12.** Evolución de las coordenadas de color  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  durante la conservación. \*Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

### **ABSORBANCIA A 680 NM**

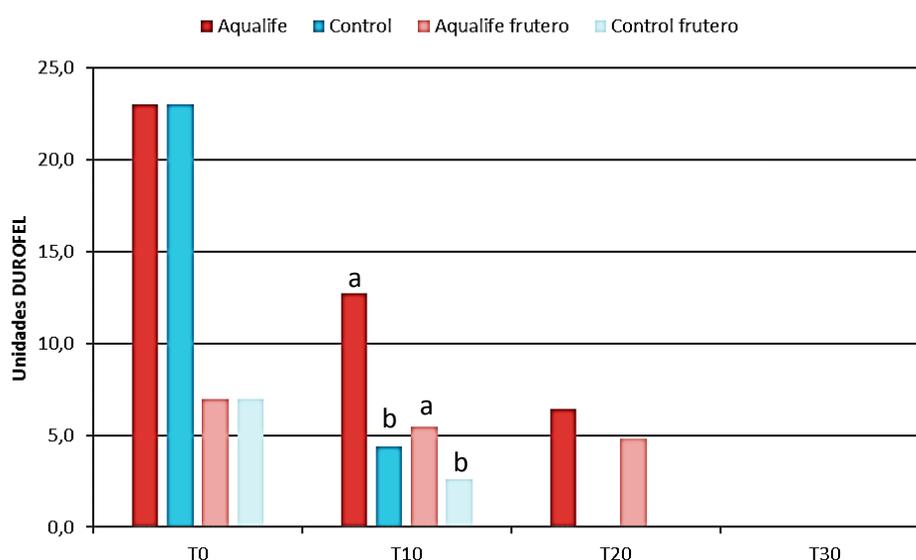
La absorbancia a 680 nm está relacionada con la cantidad de clorofila que hay en el tejido, en este caso la piel. A menor absorbancia, menor cantidad de clorofila y este hecho se relaciona con un mayor grado de madurez. Se produjo un ligero descenso de este valor a lo largo de la conservación, típico en las frutas de hueso, aunque no muy evidente y sin diferencias entre los dos sistemas de conservación (Figura 13).



**Figura 13.** Evolución de la absorbancia a 680 nm durante la conservación. \*Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

### **FIRMEZA MÉTODO NO DESTRUCTIVO: DUROFEL**

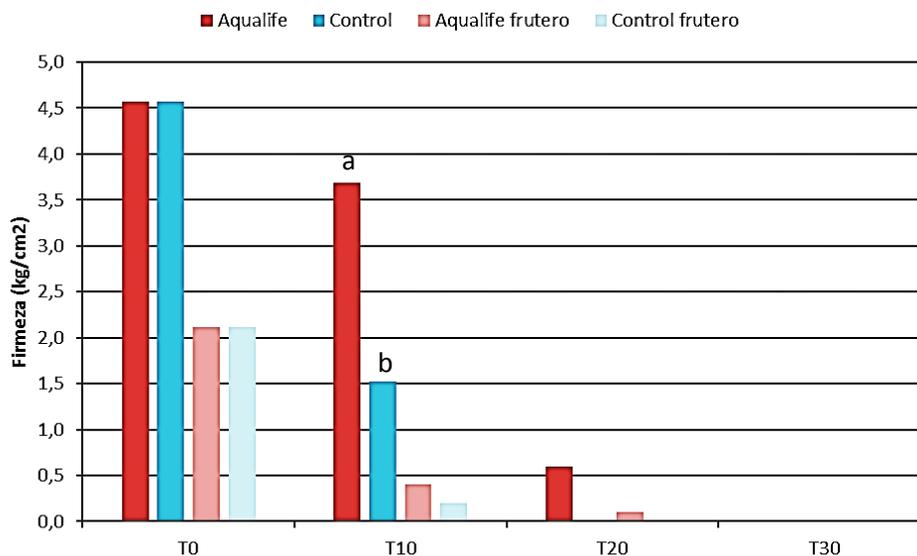
En la Figura 14 se puede observar cómo, de forma lógica, la firmeza medida mediante el método no destructivo DUROFEL disminuye a lo largo de la conservación. Sin embargo, el sistema Aqualife permitió obtener una mayor firmeza con respecto al control en el día 10 de conservación, con diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ). Mientras que en control solo se alcanzaron las 4,5 unidades, en el sistema Aqualife se llegó hasta las 13 unidades. Este hecho se repitió en el frutero, con valores en el control inferiores a 3 y por encima de 5 en el caso del sistema Aqualife.



**Figura 14.** Evolución de la firmeza medida con DUROFEL durante la conservación. \*Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

### **FIRMEZA METODO DESTRUCTIVO: MAGNESS-TAYLOR**

Si analizamos la firmeza determinada por el método destructivo de Magness-Taylor, el uso del sistema Aqualife también permitió obtener una firmeza en el día 10 muy superior a la de los testigos, con más de 2 kg/cm<sup>2</sup> de diferencia (Figura 15).

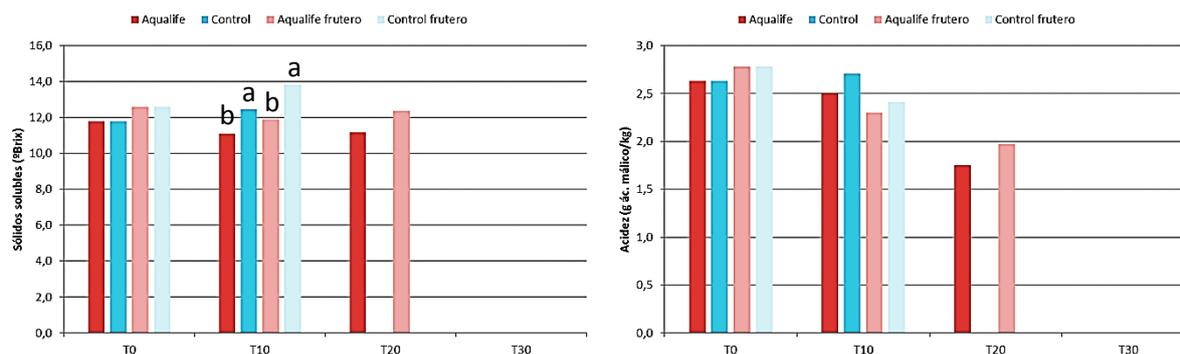


**Figura 15.** Evolución de la firmeza medida con Magness-Taylor durante la conservación. \*Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

Por lo tanto, a la vista de los resultados obtenidos en la determinación de la firmeza tanto por métodos destructivos como no destructivos, podemos concluir que el empleo del sistema Aqualife permite obtener frutos con valores superiores de firmeza con respecto a frutos almacenados en una cámara sin el sistema Aqualife.

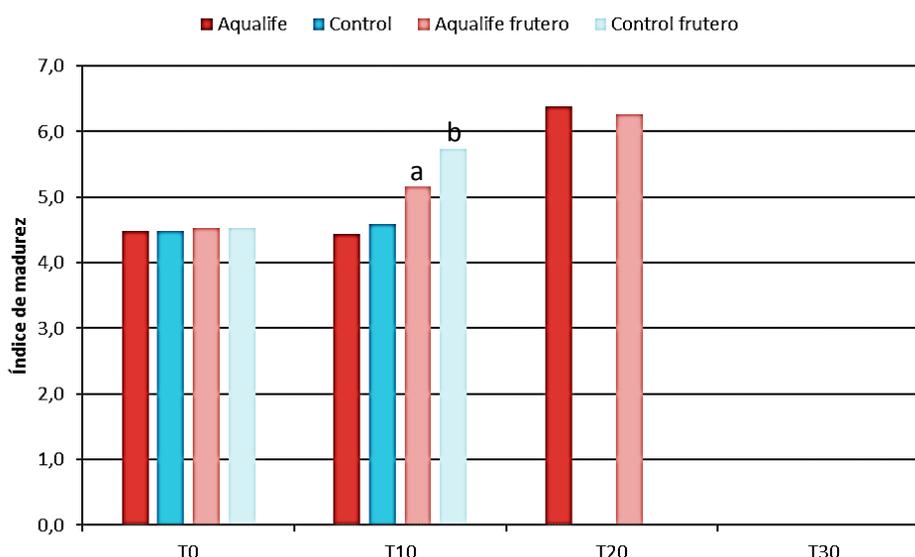
### **SÓLIDOS SOLUBLES, ACIDEZ E ÍNDICE DE MADUREZ**

La percepción que tienen los consumidores del sabor de la fruta está muy relacionada con estos tres parámetros. En la Figura 16 se puede observar cómo el contenido de sólidos solubles en los lotes control es mayor que con el sistema Aqualife y va aumentando con el tiempo, mientras que con el sistema Aqualife se mantiene más estable. Por otro lado, la acidez descendió con la conservación, aunque de nuevo es mayor en los lotes control.



**Figura 16.** Evolución del contenido en sólidos solubles y de la acidez durante la conservación. \*Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

Los resultados muestran que el índice de madurez (Figura 17), parámetro que relaciona el contenido en sólidos solubles y la acidez, también aumentó a lo largo de la conservación, siendo mayor en los lotes control. Esto indicaría que el sistema Aqualife podría retrasar la maduración de los melocotones Extreme July comparado con la cámara control.

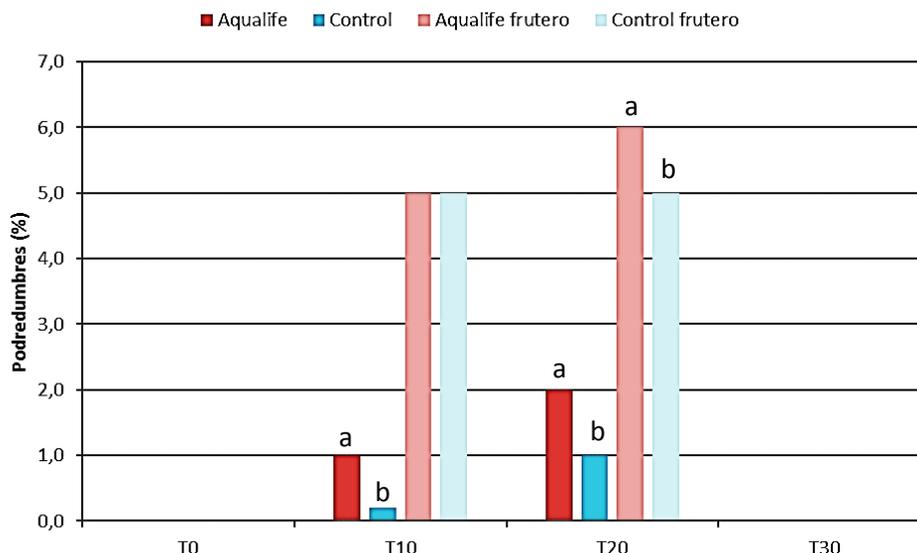


**Figura 17.** Evolución del índice de madurez durante la conservación. \*Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

### **CUANTIFICACIÓN DE DAÑOS**

La conservación en frío no supuso la aparición de **fisiopatías** típicas del melocotón (mancha vitrescente y mancha corchosa). Sin embargo, debido a las características de esta variedad, sí que se observó que la piel se desprendía muy fácilmente de la pulpa al aumentar los días de conservación, efecto que se hacía visible antes en los frutos conservados en las cámaras sin control de humedad.

En cuanto a la **alteración por mohos o podredumbres** (Figura 18), la cuantificación se realizó hasta el día T20+2 en ambos sistemas, si bien los frutos almacenados en las condiciones de control estaban degradados en un estado no apto para su comercialización.



**Figura 18.** Evolución del porcentaje de podredumbres durante la conservación. \*Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

Si bien se observaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en el porcentaje de aparición de mohos entre los dos sistemas de conservación, la diferencia fue muy pequeña entre ambos sistemas y unido a que los frutos conservados en la cámara control no eran comerciales, el empleo del sistema Aqualife no supuso, en las condiciones del experimento, un aumento de las pérdidas. Además, es de destacar que el porcentaje de podredumbres fue siempre inferior al 6% en ambos sistemas y que la mayoría correspondieron a *Monilinia* spp. (Figura 19).



**Figura 19.** Detalle de melocotón afectado por *Monilinia* spp.

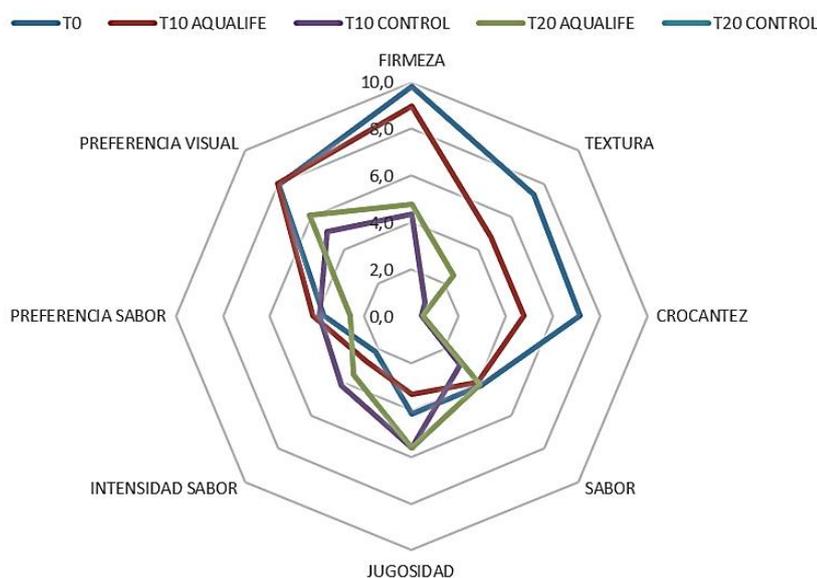
Además, un parámetro visual muy importante, que también fue observado en el análisis sensorial fue la **deshidratación de los frutos**. En la cámara control la deshidratación fue percibida ya en el día T10+2, siendo muy evidente tras 20 días de conservación en frío. Sin embargo, con el sistema Aqualife este efecto sólo se observó ligeramente en el día 30 y de forma evidente en el día T30+2. En la Figura 20 se pueden observar las claras diferencias del estado visual de los melocotones Extreme July conservados con los distintos sistemas de control de humedad.



**Figura 20.** Detalle de melocotones conservados durante 30 días en frío en cámara sin control de humedad (izq.) y con control de humedad Aqualife (dcha.).

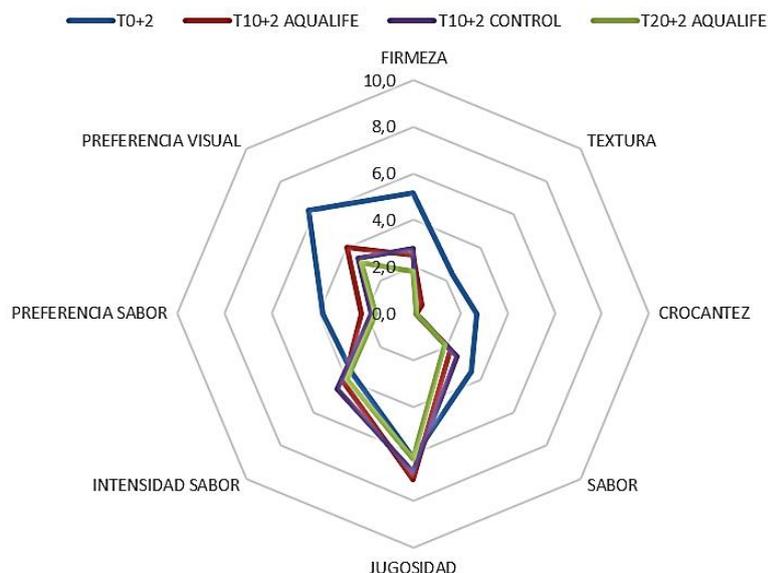
### **EVALUACIÓN SENSORIAL MEDIANTE UN ANÁLISIS DESCRIPTIVO**

La variedad Extreme July destacó en el momento de recolección por su gran firmeza al tacto y por unas características en boca de textura dura y una elevada crocantez (Figura 21). Tras 10 días de conservación en frío solo los frutos conservados con el sistema Aqualife presentaron unos valores cercanos a los obtenidos el día 0, mientras que la cámara control no permitió obtener estos buenos resultados. Tras 20 días de conservación, en los que los frutos control ya no eran comerciales, los frutos conservados en sistema Aqualife presentaron valores ligeramente superiores a los presentados por los frutos control en el día T10. El aumento en la intensidad del sabor que se observó con la conservación está relacionado con el aumento del índice de madurez descrito anteriormente.



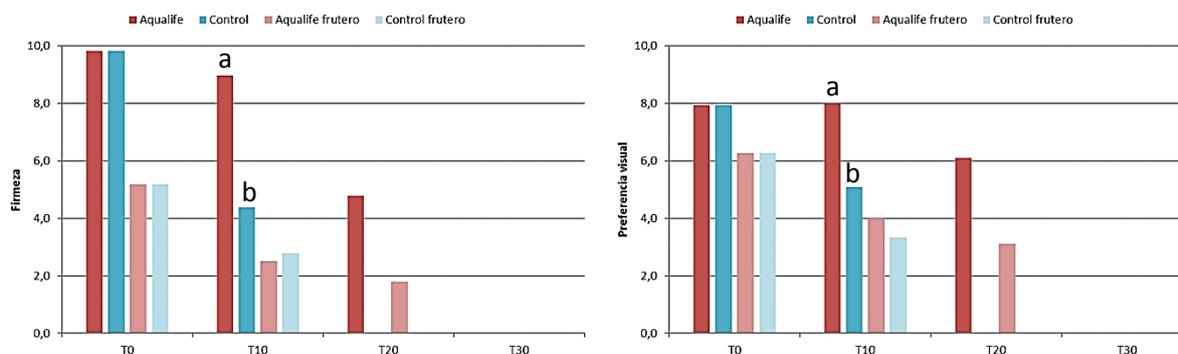
**Figura 21.** Evolución de parámetros analizados en el análisis sensorial en el día de salida de cámara.

Tras dos días a 20 °C, los frutos redujeron los valores de todos los parámetros evaluados excepto la jugosidad, algo muy común en las frutas de hueso. Los valores obtenidos en el día T0+2 fueron superiores al resto de días de análisis, y no se observaron diferencias entre los dos sistemas de conservación (Figura 22).



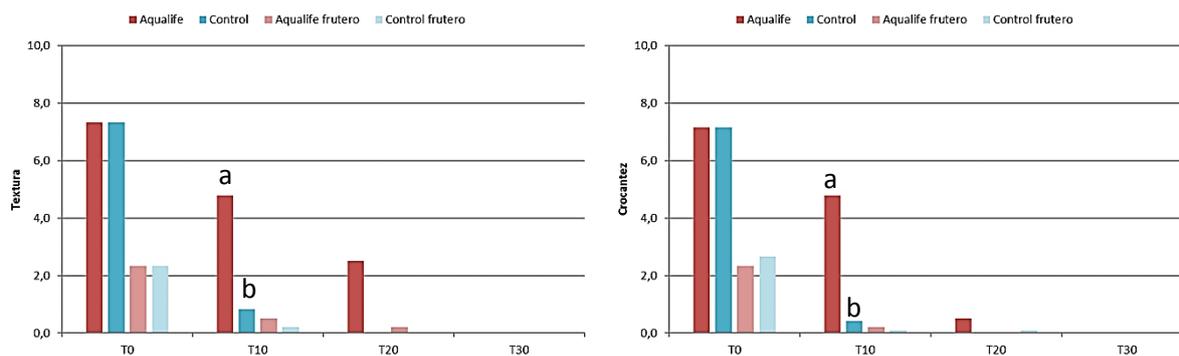
**Figura 22.** Evolución de parámetros analizados en el análisis sensorial tras dos días de frutero.

Analizando de forma más concreta algunos de los parámetros del análisis sensorial, dos aspectos evaluados por los catadores que presentaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los melocotones Extreme July que fueron conservados con el sistema Aqualife y entre los que lo habían sido conservados sin control de humedad son la firmeza al tacto y la preferencia visual (Figura 23). En el día T10, los frutos control presentaron valores muy inferiores tanto de firmeza como de preferencia visual con respecto a los frutos del sistema Aqualife. Tras dos días de frutero, sin embargo, no hubo diferencias. Para el T20, los valores del sistema Aqualife son similares a los obtenidos con el sistema control en el día T10.



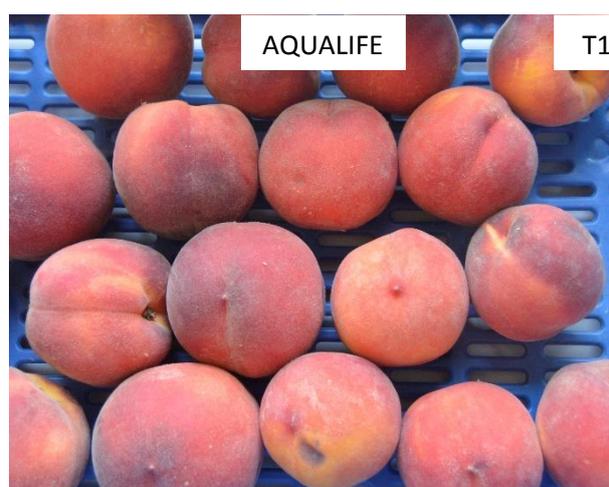
**Figura 23.** Evolución de la firmeza al tacto y de la preferencia visual durante la conservación. \*Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

Otros dos aspectos en los que los catadores encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) fueron la evaluación en boca de la textura y la crocantez. En el día 10, los valores fueron superiores en el sistema Aqualife, tanto en el momento de salida de cámara como tras 2 días de frutero, lo que demostraría la capacidad del sistema Aqualife para mantener determinados parámetros sensoriales muy similares a los del día 0 (Figura 24).



**Figura 24.** Evolución de la textura y la crocantez durante la conservación. \*Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

**EVALUACION VISUAL A LO LARGO DEL TIEMPO**



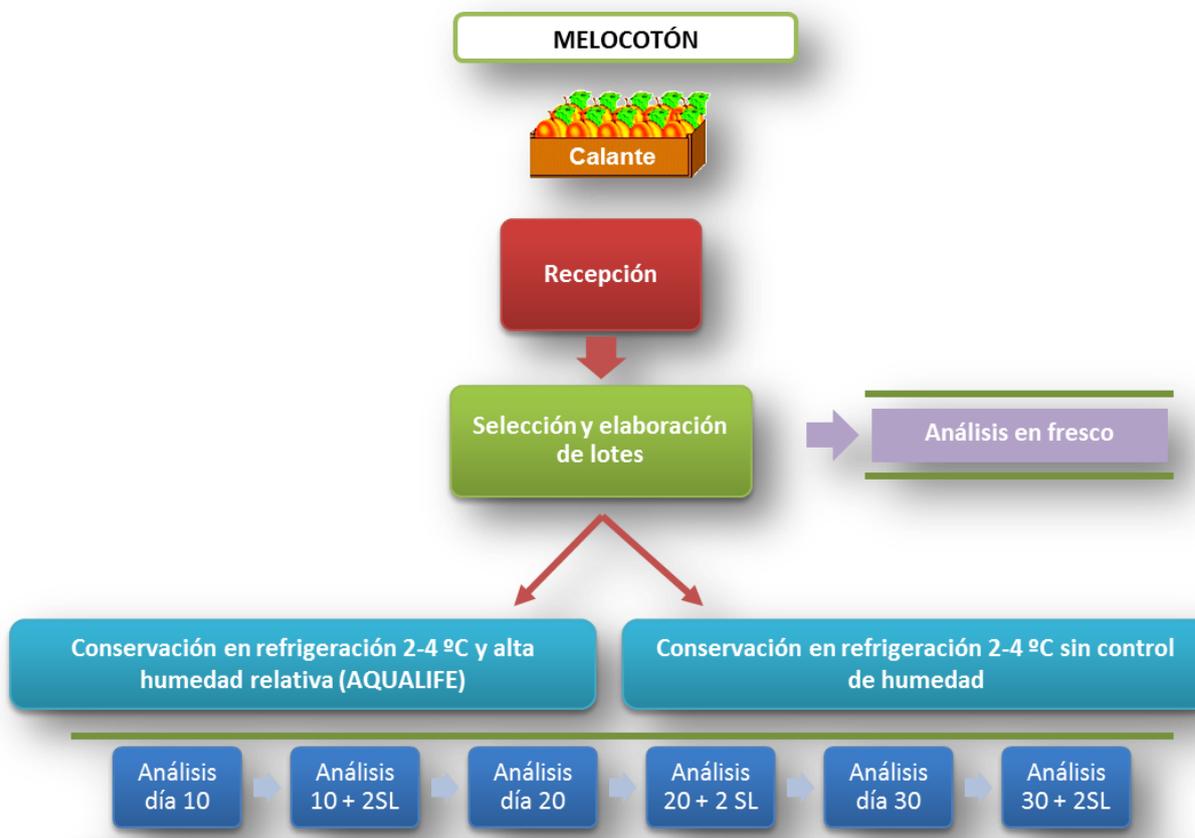




## 4.2 RESULTADOS MELOCOTÓN CALANTE

### 4.2.1 PLAN EXPERIMENTAL

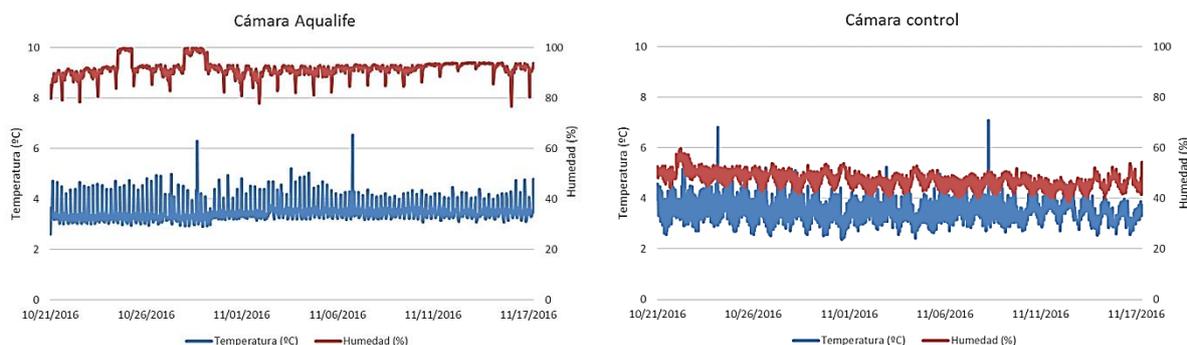
Para la variedad Calante, recibida el 21 de octubre de 2016, se llevó a cabo el mismo plan experimental que en la variedad Extreme July.



### 4.2.2 PARÁMETROS DE CALIDAD

#### EVOLUCION TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

Como sucedió en la otra variedad analizada, los melocotones de la variedad Calante se conservaron tanto en la cámara control como en la cámara equipada con el sistema Aqualife a una temperatura de 4 °C, siendo la humedad en la cámara control casi la mitad (50%) de la que cuenta con el sistema Aqualife (consigan del 85%) (Figura 25).



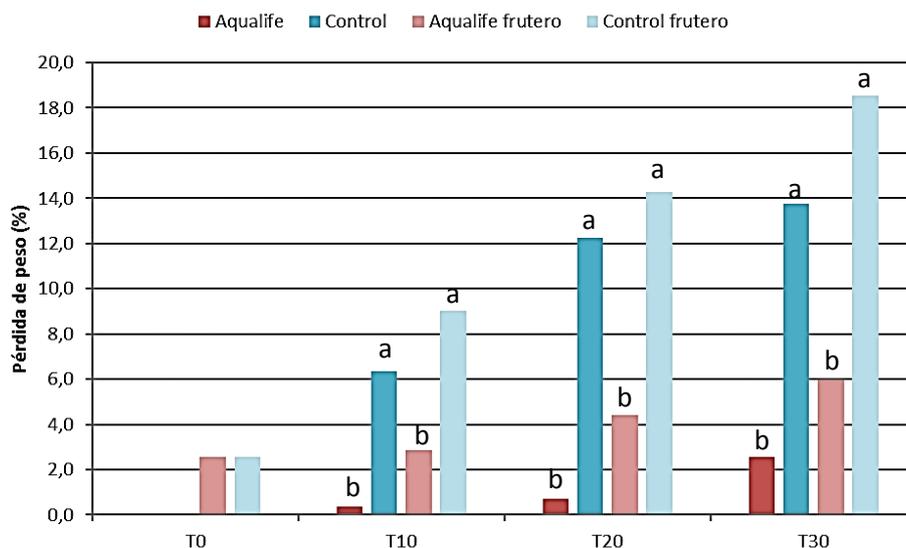
**Figura 25.** Control continuo de la temperatura y humedad en la cámara con el sistema Aqualife y en la cámara control.

**Durante la realización de este experimento se han registrado graves incidencias en relación a las cámaras de conservación de fruta.**

Una de ellas consistió en un aumento puntual de la temperatura tanto en la cámara con sistema Aqualife como en la cámara control que se debió a tiempos muy prolongados de cámara abierta, debidos a la necesidad de introducir las distintas partidas de fruta. Además, es de destacar que en el sistema Aqualife se produjeron dos incidencias adicionales relacionadas con el alto nivel de humedad en la cámara. Se produjeron varios cortes de suministro energético de la línea general del Campus; esto provocó el reinicio del equipo que, por defecto, queda en una configuración de “selección de la humedad por tiempo” en lugar de la fijada como apropiada “selección de la humedad por porcentaje”. Esta configuración tiene unos valores por defecto de 100 s de humedad cada 300 s, hecho que provocó que se alcanzaran excesivos porcentajes de humedad en la cámara. Una vez descubierto el motivo por el que se producían estos cambios, se han programado sistemas de mayor control de las cámaras, en especial cuando se producen microcortes que puedan alterar la programación. En la actualidad estamos instalando un sistema de verificación remota de humedad y temperatura dentro de ambas cámaras. De esta forma, los responsables de los equipos recibiremos en tiempo real, las mediciones de las cámaras y alertas por correo electrónico cuando se produzcan cambios inesperados en las condiciones de conservación, así como un control estricto sobre el número de aperturas y tiempo de cámara abierta.

### **PÉRDIDA DE PESO**

De nuevo, la conservación con sistema Aqualife permitió reducir de forma significativa ( $p \leq 0,05$ ) la pérdida de peso en todos los puntos de análisis, llegando a ser de tan solo el 2% tras 30 días de conservación, mientras que en el sistema control fue de casi el 14% (Figura 26). Si tenemos en cuenta el periodo de frutero, las diferencias son también muy evidentes, con unas pérdidas de peso un 300-400% superiores con en el sistema control con respecto al sistema Aqualife.

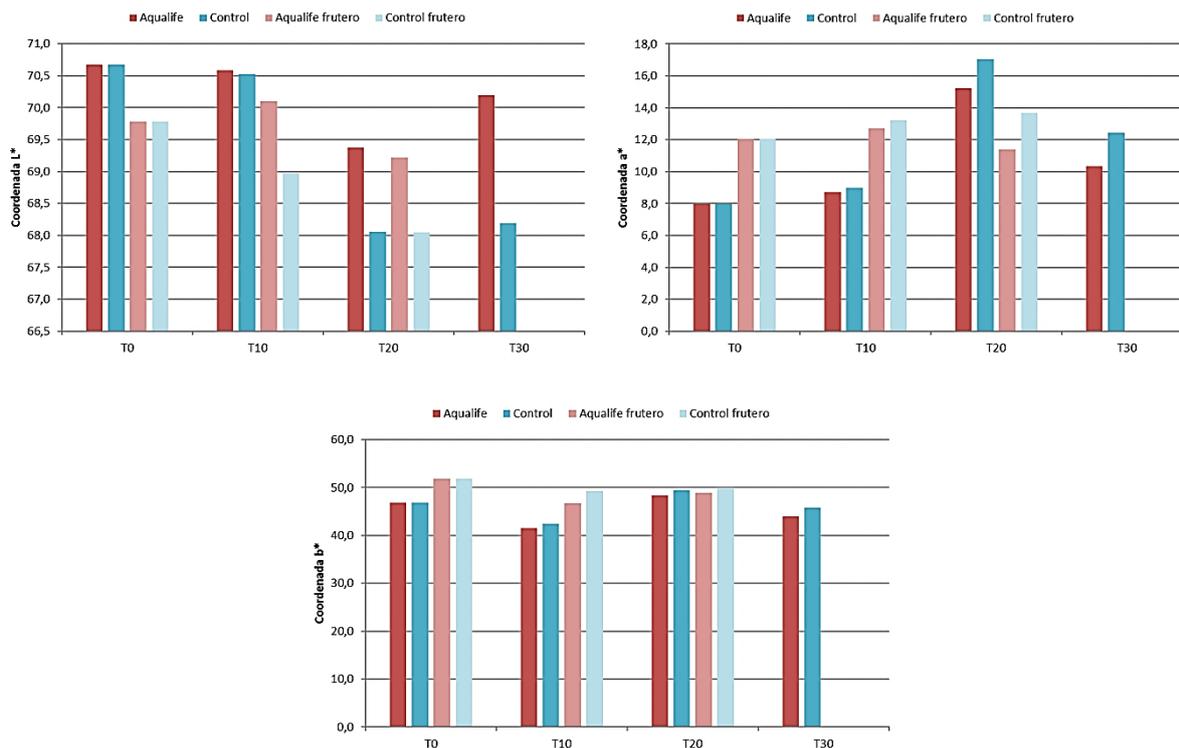


**Figura 26.** Determinación de la pérdida de peso durante la conservación. \*Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

Hay que resaltar que los frutos ya no estaban en un estado comercial tras 30 días en conservación en frío, más dos días de frutero a 20°C (T30+2), por lo que en ese punto se dejamos de determinar los parámetros de calidad

### **COORDENADAS DE COLOR CIELAB**

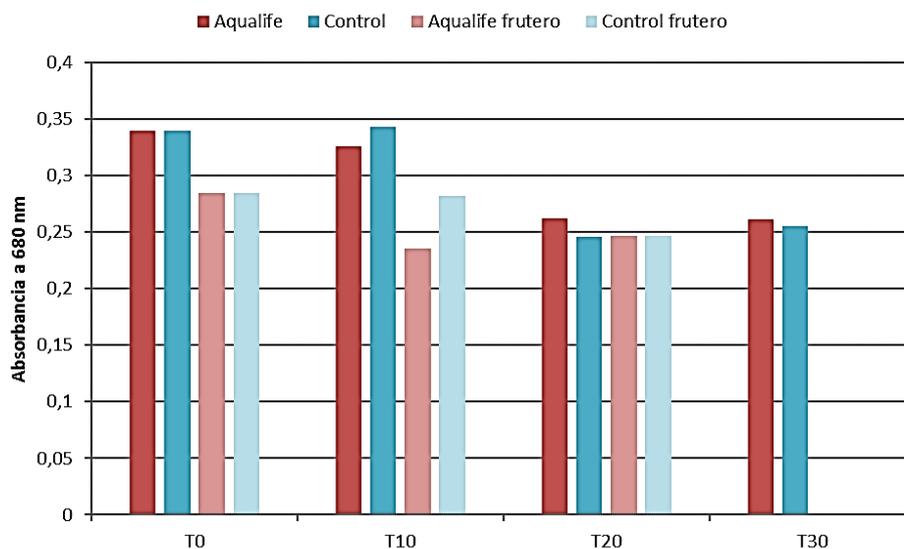
En las coordenadas de color medidas en los melocotones Calante, no se encontraron diferencias significativas para ambos sistemas de conservación, aunque sí se pudo observar una clara tendencia para las coordenadas  $L^*$  y  $a^*$  (Figura 27). La coordenada  $L^*$  fue siempre menor en los lotes control, lo que indicaría una menor luminosidad de los frutos, mientras que la coordenada  $a^*$  fue siempre mayor, lo que indicaría el paso a colores rojos más oscuros. Estos dos parámetros podrían revelar un adelanto en la maduración de los frutos en la cámara control en comparación con la que posee el sistema Aqualife. La coordenada  $b^*$ , sin embargo, no presentó diferencias entre ambos sistemas de conservación.



**Figura 27.** Evolución de las coordenadas de color L\*, a\* y b\* durante la conservación. \*Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

### **ABSORBANCIA A 680 NM**

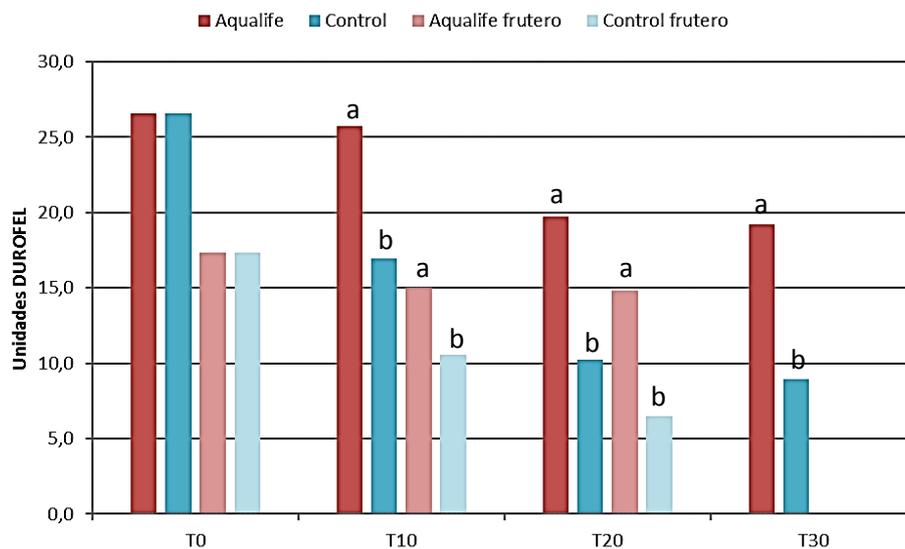
En este caso, los valores obtenidos para la absorbancia a 680 nm no presentaron diferencias entre los dos sistemas de conservación, por lo que no se pudo relacionar un mayor grado de madurez de los frutos a alguno de los dos sistemas (Figura 28).



**Figura 28.** Evolución de la absorbancia a 680 nm durante la conservación. \*Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

### **FIRMEZA MÉTODO NO DESTRUCTIVO: DUROFEL**

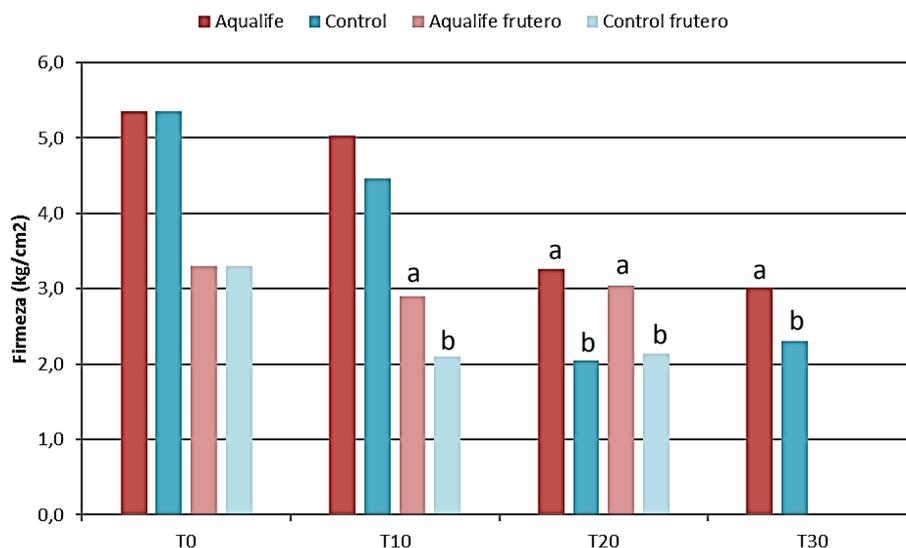
La firmeza determinada mediante el equipo DUROFEL descendió a lo largo de la conservación, siendo este descenso más acusado tras dos días de frutero (Figura 29). Además, se presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre la conservación con sistema Aqualife y el sistema control, con valores siempre superiores con el sistema Aqualife que permitieron incluso mantener una firmeza en el día T10 similar al punto inicial.



**Figura 29.** Evolución firmeza medida con DUROFEL durante la conservación. \*Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

### **FIRMEZA METODO DESTRUCTIVO: MAGNESS-TAYLOR**

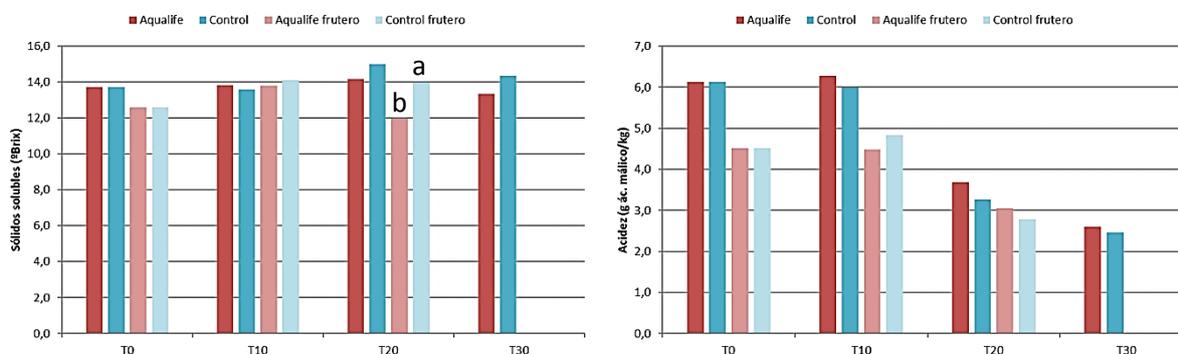
Como ocurrió con la firmeza determinada mediante el método no destructivo, la firmeza Magness-Taylor proporcionó valores siempre superiores en los frutos conservados con el sistema Aqualife que con las condiciones de control (Figura 30). La firmeza descendió a lo largo de la conservación, pero es de destacar que con el sistema Aqualife en ésta nunca cayó por debajo 3 kg/cm<sup>2</sup>, valor establecido por la D.O. Melocotón de Calanda como mínimo para poder ser comercializado, mientras que en sistema control este requisito no se cumplió a partir del día T10+2.



**Figura 30.** Evolución de la firmeza medida con Magness-Taylor durante la conservación. \*Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

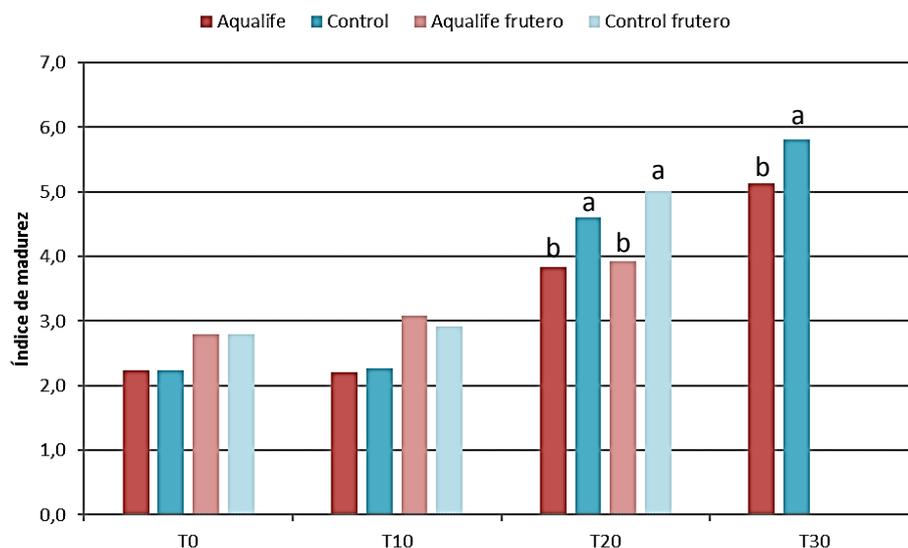
### **SÓLIDOS SOLUBLES, ACIDEZ E ÍNDICE DE MADUREZ**

En general, el contenido en sólidos solubles no varió a lo largo de la conservación en frío mientras que la acidez sufrió un descenso (Figura 31), aunque sin apenas diferencias entre los dos sistemas de control de humedad.



**Figura 31.** Evolución del contenido en sólidos solubles y de la acidez durante la conservación. \*Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

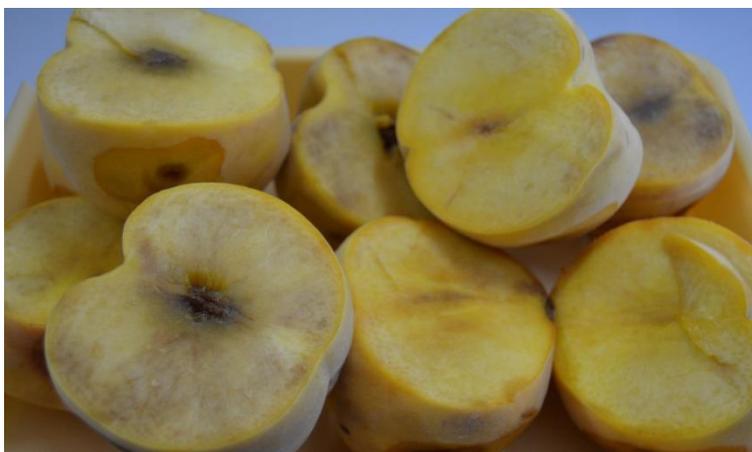
Por otro lado, el índice de madurez obtenido en los distintos puntos de análisis fue aumentando a lo largo de la conservación, aunque en este caso los frutos control presentaron valores superiores a los frutos conservados con sistema Aqualife a partir del día T20 (Figura 32). Este hecho sugiere de nuevo que los frutos control madurarían de forma más rápida.



**Figura 32.** Evolución del índice de madurez durante la conservación. \*Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

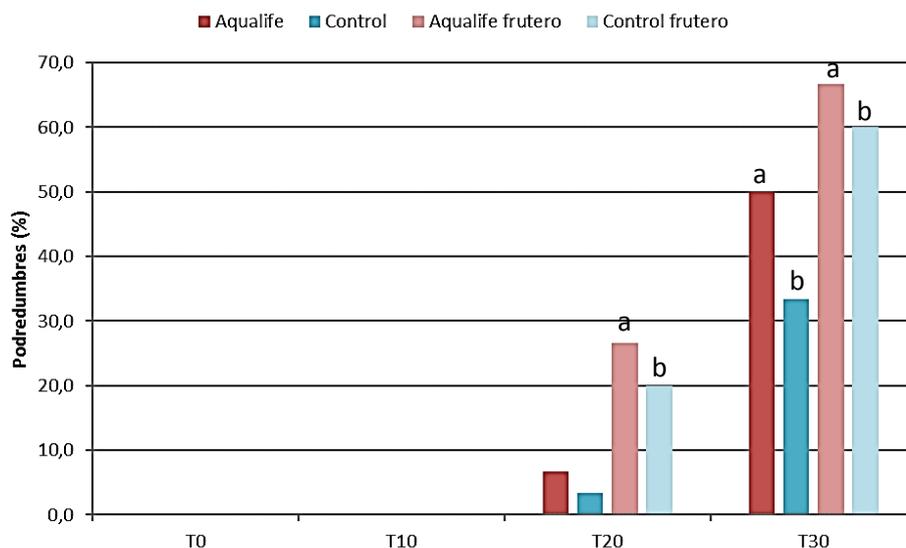
### CUANTIFICACIÓN DE DAÑOS

Si bien es cierto que la conservación en frío no indujo la aparición de **fisiopatías** típicas del melocotón (mancha vitrescente y mancha corchosa), sí que se hicieron evidentes los **daños por frío** en el día T30 (Figura 33), lo que hizo imposible la evaluación sensorial. Sin embargo, no se observaron diferencias apreciables entre ambos sistemas de conservación.



**Figura 33.** Detalle de daños por frío en la variedad Calante.

En cuanto a la **alteración por mohos o podredumbres**, es destacable que en el día T10 no hubo recuento y que posteriormente los porcentajes son siempre superiores en el sistema Aqualife, aunque solo con diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) a partir del día T20+2 (Figura 34). Además, desde el día T20+2 las pérdidas por podredumbres son muy altas en ambos sistemas de conservación, con porcentajes por encima del 20%, por lo que ya no sería deseable una conservación de más de 20 días.



**Figura 34.** Evolución del porcentaje de podredumbres durante la conservación. \*Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

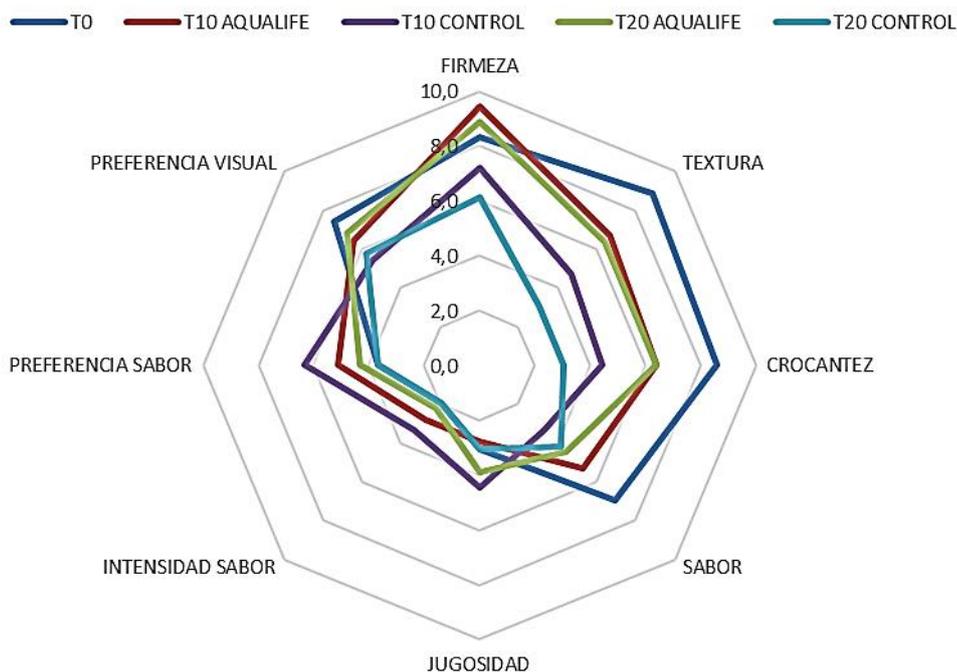
En este caso, el moho responsable de la mayoría de las podredumbres en el melocotón Calante, como se puede observar en la Figura 35, fue *Penicillium expansum*.



**Figura 35.** Detalle de melocotón afectado por *Penicillium expansum*.

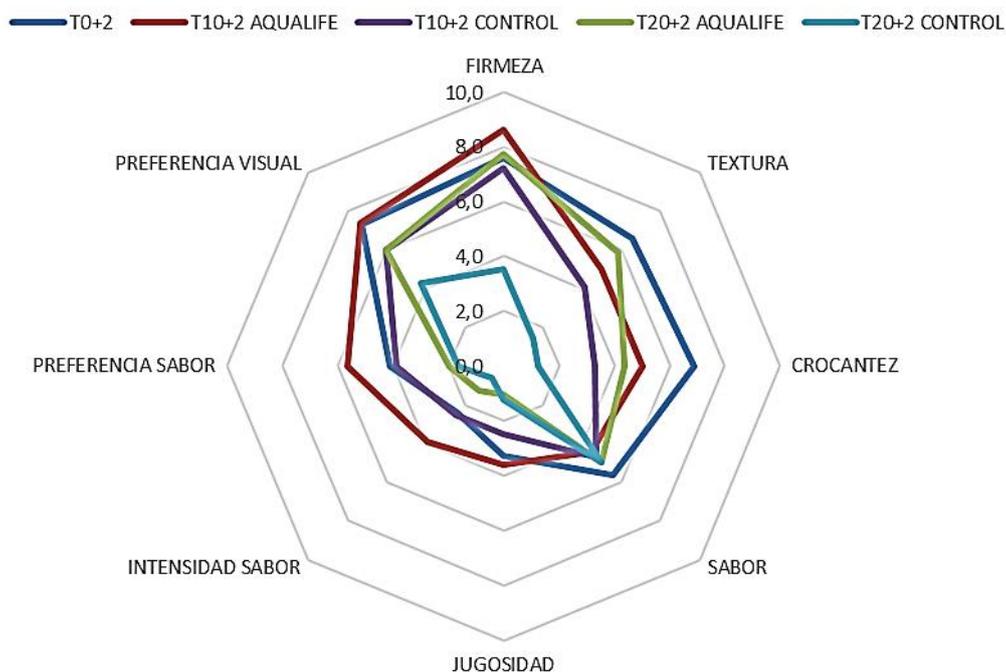
### **EVALUACIÓN SENSORIAL MEDIANTE UN ANÁLISIS DESCRIPTIVO**

Los resultados en el momento de salida de cámara, indican las altas valoraciones obtenidas en firmeza, textura, crocantez y preferencia visual obtenidas el día de recepción sólo fueron alcanzadas, en parte, en los melocotones conservados en cámara con sistema Aqualife, mientras que el control presentó cuantificaciones en todos los puntos de análisis más bajas que con el sistema Aqualife (Figura 36). En el día T10 sí que se observó una mayor preferencia de sabor de los melocotones conservados en la cámara control, debido posiblemente al no ser capaz este sistema de retrasar la sobremaduración.



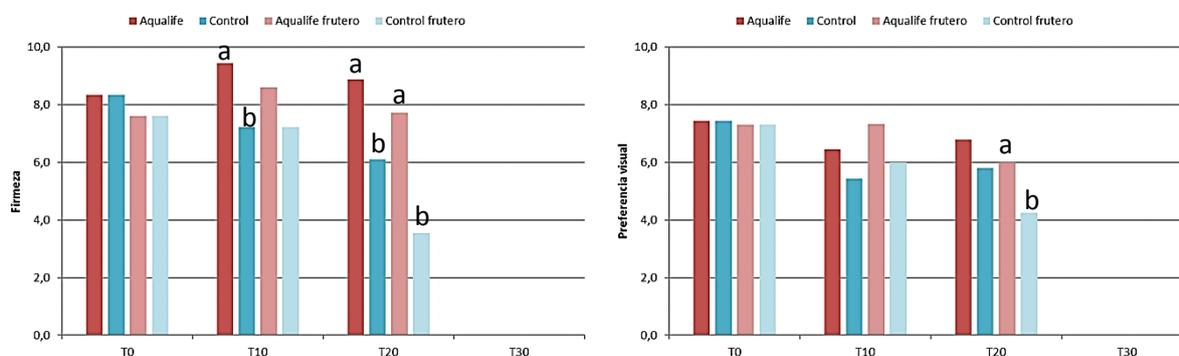
**Figura 36.** Evolución de parámetros analizados en el análisis sensorial en el día de salida de cámara.

Por otro lado, tras dos días de frutero, se vuelve a repetir el mismo patrón, con valores de firmeza, textura y crocantez en los frutos conservado con el sistema Aqualife más cercanos al día T0+2 que los obtenidos con los frutos control (Figura 37). Además, es destacable el gran descenso de las valoraciones en los frutos control en el día T20+2, hecho que no se produce con el sistema Aqualife.



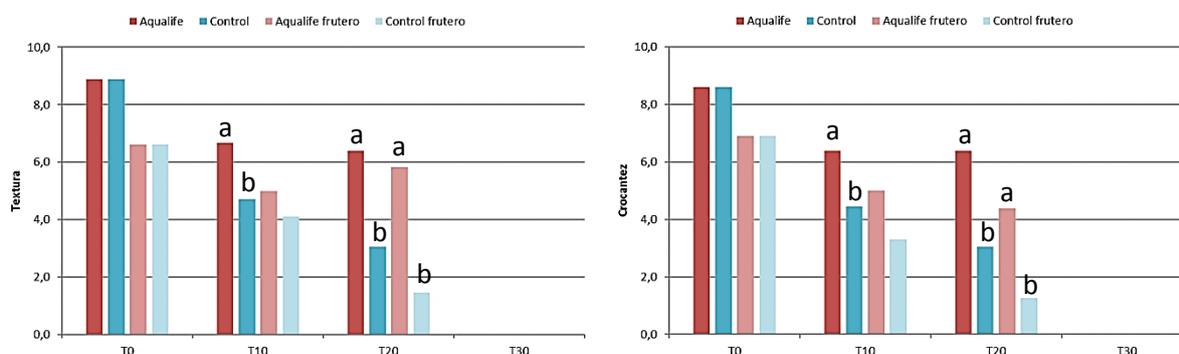
**Figura 37.** Evolución de parámetros analizados en el análisis sensorial tras dos días de frutero.

Analizando las valoraciones de los catadores de algunos de los parámetros descritos anteriormente, tanto la firmeza como la preferencia visual fue siempre mayor en los frutos conservados con el sistema Aqualife, encontrándose diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0,05$ ) en los días T10, T20 y T20+2 (Figura 38). Es de destacar que los valores obtenidos con el sistema Aqualife son muy similares durante toda la conservación a los obtenidos en el día de recepción de los melocotones o incluso superiores en algunos casos.



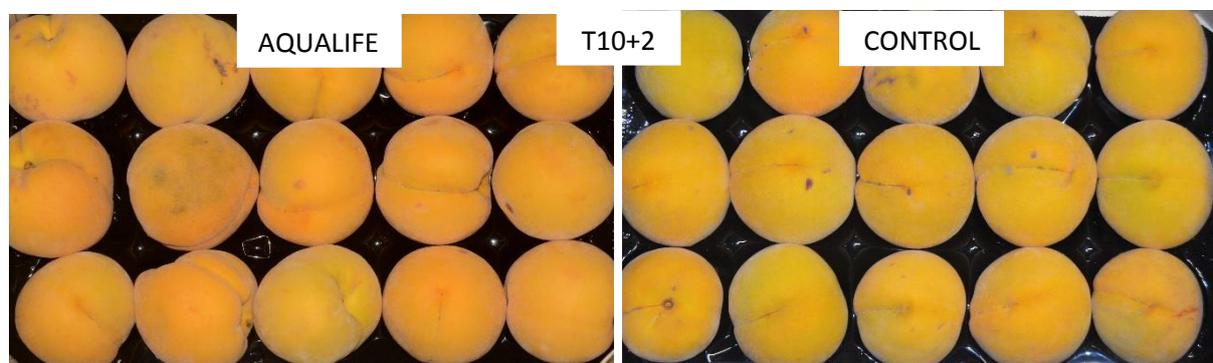
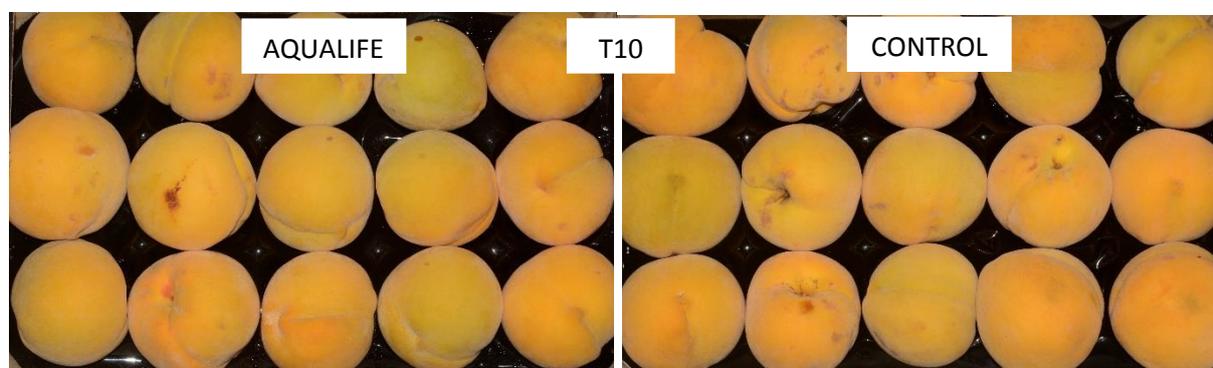
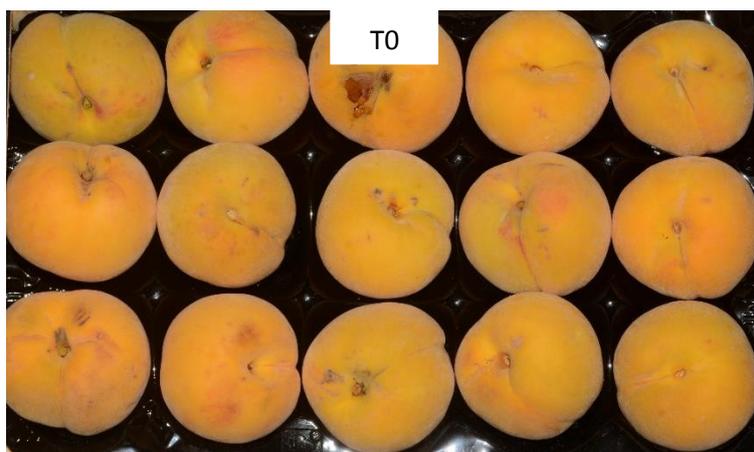
**Figura 38.** Evolución de la firmeza al tacto y la preferencia visual analizados en el análisis sensorial durante la conservación. \*Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

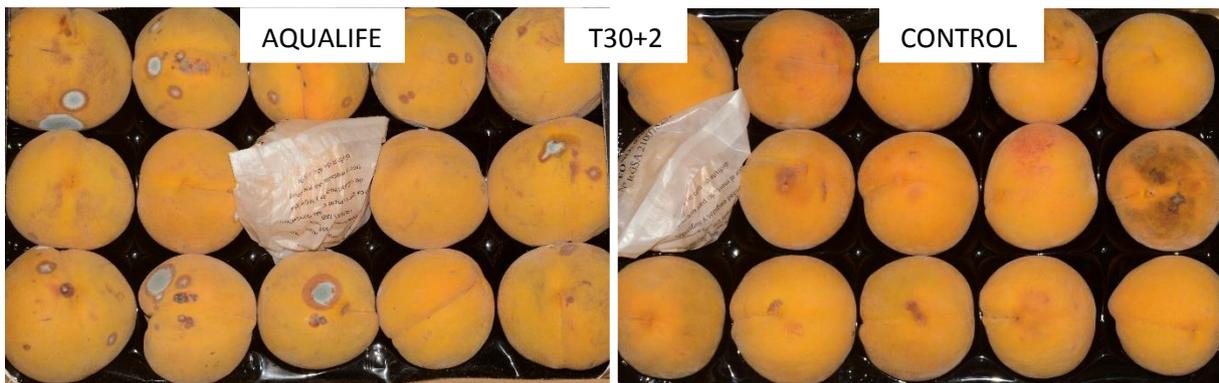
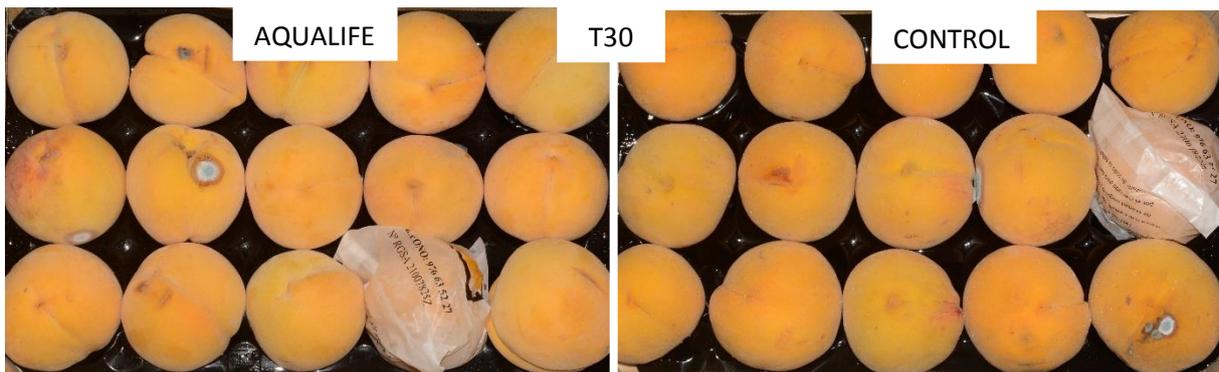
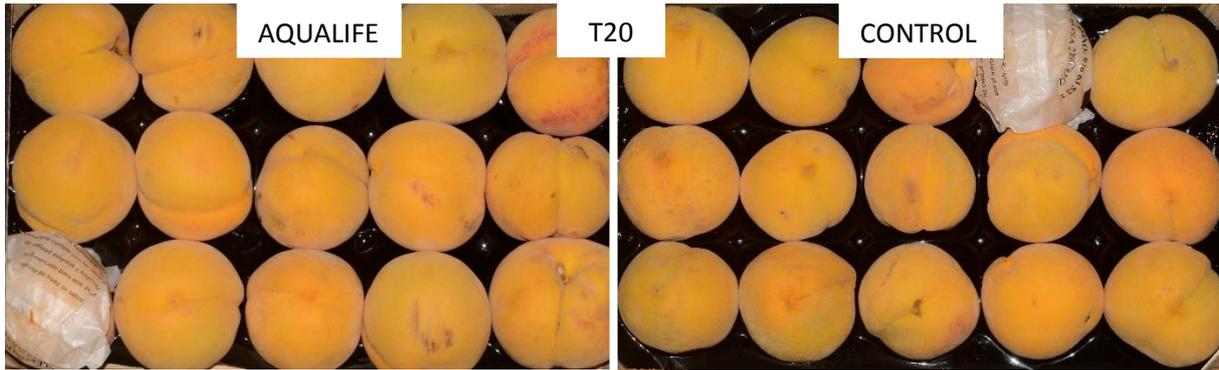
Comportamiento muy similar al descrito anteriormente fue observado para los parámetros en boca de textura y crocancez (Figura 39). En todos los casos, las valoraciones fueron superior en los frutos conservados con el sistema Aqualife (por encima de 5), alcanzando por tanto texturas más duras y una mayor crocancez que los frutos control y con diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) en los días T10, T20 y T20+2.



**Figura 39.** Evolución de la textura en boca y la crocancez analizadas en el análisis sensorial durante la conservación. \*Diferentes letras en el mismo día de análisis (salida de cámara o frutero) indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los dos sistemas de conservación (Aqualife y control).

**EVALUACION VISUAL A LO LARGO DEL TIEMPO**





## 5. CONCLUSIONES MELOCOTÓN

### 5.1 MELOCOTÓN EXTREME JULY

- La conservación en cámara con sistema Aqualife permitió reducir significativamente las pérdidas de peso en todos los días de análisis, tanto en salida de cámara (días 10, 20 y 30) como tras dos días de frutero. Las diferencias son visualmente apreciables con claros signos de deshidratación a partir del día 20.
- No se observaron diferencias significativas en las coordenadas de color y absorbancia a 680 nm.
- La firmeza determinada tanto con métodos no destructivos (DUROFEL) como con métodos destructivos (Magness-Taylor) fue siempre mayor en los frutos conservados con el sistema Aqualife.
- El contenido en sólidos solubles y acidez mostrará que, en el sistema control, el índice de madurez fue mayor que en sistema Aqualife, lo que indica una mayor maduración en cámara.
- En la variedad Extreme July, el porcentaje de podredumbres fue ligeramente mayor en los frutos conservados con el sistema Aqualife con respecto al control, debido posiblemente a la mayor humedad en la cámara con sistema Aqualife. Sin embargo, estos porcentajes son relativamente bajos ya que como mucho llegan al 6% en el día 20, por lo que en esta variedad el uso del sistema Aqualife no supone una desventaja.
- El análisis sensorial permitió obtener valoraciones similares a las del día inicial en las muestras conservadas en sistema Aqualife en el día 10 y buenas calificaciones en el día 20, mientras que en el sistema control no se observó este efecto. Si tenemos en cuenta el periodo de frutero, en todos los casos las valoraciones no fueron buenas.
- Destacan las altas valoraciones en parámetros tales como firmeza al tacto, preferencia visual, textura y crocantez hasta el día 10 con la conservación con sistema Aqualife.
- En base a todos los resultados anteriores, los melocotones de la variedad Extreme July fueron capaces de permanecer en calidad comercial hasta el día 20 usando el sistema Aqualife y tan solo hasta el día 10, y con valoraciones sensoriales muy bajas en algunos parámetros, usando el sistema control. En todos los casos, tras dos días de frutero a 20°C, los frutos no presentaban unas características sensoriales adecuadas.



## 5.2 MELOCOTÓN CALANTE

- La conservación en cámara con sistema Aqualife permitió reducir significativamente las pérdidas de peso de los melocotones Calante en todas las fechas de análisis, tanto a salida de cámara (días 10, 20 y 30) como tras dos días de frutero.
- No se observaron diferencias significativas en los parámetros de calidad de coordenadas de color y absorbancia a 680 nm.
- La firmeza determinada tanto por métodos no destructivos (DUROFEL) como por métodos destructivos (Magness-Taylor) fue siempre mayor en los frutos conservados con el sistema Aqualife.
- El contenido en sólidos solubles y acidez mostró que, en el sistema control, el índice de madurez fue mayor que en sistema Aqualife a partir del día 10, lo que indica mayor maduración en cámara
- No se produjo desarrollo de podredumbres hasta el día 20, siendo mayor el porcentaje en la cámara con sistema Aqualife. A partir del día 20+2, los porcentajes de pérdidas por podredumbres se sitúan por encima del 20% en ambos casos, porcentajes que no son aceptables comercialmente, por lo que de nuevo la mayor humedad del sistema Aqualife no supone una desventaja.
- El análisis sensorial permitió obtener buenas valoraciones en las muestras conservadas en sistema Aqualife en los días 10 y 20 mientras que en el sistema control sólo se alcanzaron valoraciones aceptables hasta el día 10. Si tenemos en cuenta el periodo de frutero, el sistema Aqualife permite alcanzar los 10+2 y 20+2 días de conservación, mientras que en sistema control solo el día 10+2.
- Destacan las altas valoraciones en parámetros tales como firmeza al tacto, preferencia visual, textura y crocantez hasta el día 20+2 con la conservación con sistema Aqualife.
- En base a todos los resultados anteriores, los melocotones de la variedad Calante son comerciales hasta el día 20 y 10+2 usando el sistema Aqualife y tan solo hasta el día 10 y 10+2 en la cámara control.