



# El corazón pardo en pera 'Conferencia' de La Rioja.

## Factores determinantes y sistemas de control

**C. LARRIGAUDIÈRE<sup>1</sup>, J. GINÉ-BORDONABA<sup>1</sup>, G. ECHEVERRIA<sup>1</sup>, C. BALENCIAGA<sup>1</sup>, S. ARGAIZ<sup>2</sup>, M. DÍEZ-FORCADA<sup>3</sup>, S. CABEZÓN<sup>3</sup>**

(1) IRTA, Edifici Fruitcentre, Programa de Postcosecha, Lleida; Catalunya.

(2) FER (Federación de Empresas de La Rioja), Logroño; La Rioja.

(3) D.O.P. PERAS DE RINCÓN DE SOTO, Rincón de Soto, La Rioja.

## RESUMEN

Como resultado del incremento en la incidencia de corazón pardo (CP) observado en 'La Rioja' en los últimos años, se constituyó un grupo operativo (GOP 2P/17, 'Peras de Rincón de Soto') para profundizar en el conocimiento de la etiología de esta alteración y optimizar sistemas para su control. En este estudio se presentan los resultados más relevantes de esta acción. Se destaca en primer lugar, y de dos maneras distintas, la importancia que juega la madurez inicial en cosecha sobre la incidencia de corazón pardo. Seguidamente, se muestra el interés de dos técnicas de control que se han sido optimizadas para las condiciones de producción locales: la técnica de preenfriamiento y la de retraso de la puesta en atmósfera controlada. El preenfriamiento permitió reducir de forma importante la incidencia en CP, si bien la efectividad del mismo depende de la procedencia inicial del fruto. Por su parte la técnica de retraso de la puesta en atmósfera controlada controló de forma muy satisfactoria el CP, sin modificar la calidad de los frutos.

**Palabras claves:** Corazón pardo, 'Conference', Pre-enfriamiento, Retraso CA, Madurez.

## ABSTRACT

**The brown heart disorder in 'La Rioja' Conference pear: Determining factors and control systems.** In order to fight against the increased brown heart (BH) disorder incidence observed in Spain in the recent years, a collaborative group (GOP 2P/17, 'Peras de Rincón de Soto') was set up to deepen the knowledge of this disorder and optimise control systems. This report presents the most relevant results of this action. Our results firstly show that harvest maturity plays a major role in BH development and that logistical problems (delayed cooling) were more damaging than delayed harvest. In a second part of the work, the interests of two control techniques, optimised for local productive conditions, are presented. Fruit pre-cooling significantly reduced the incidence of BH, although its effectiveness depends on fruit origin. Delayed CA (fruit were kept 30 days in cold air before establishing CA storage) significantly decreased the disorder incidence. A 67–90% decrease in disorder incidence was found depending on orchard and always without alteration of fruit quality.

**Key words:** Brown heart, 'Conference', Precooling, Delayed CA, Maturity.

El corazón pardo (CP) es un desorden fisiológico que aparece en pera y manzana después de periodos de almacenamiento relativamente cortos de 2 a 4 meses. El desorden se caracteriza por la aparición en el interior de los frutos de zonas pardas que se van extendiendo progresivamente desde el corazón hasta la periferia del fruto (Foto 1). Se puede observar también en estados avanzados, la aparición de cavernas huecas, secas que en casos extremos pueden afectar gran parte de la pulpa (Foto 2).

El problema en pera afecta principalmente a variedades como la 'Conference', 'Alejandrina', 'Blanquilla' y 'Rocha' y generalmente de forma más severa en países del norte de Europa como Holanda o Bélgica. De hecho, los primeros trabajos que se llevaron a cabo para determinar las causas de esta alteración y definir sistemas de control se realizaron en colaboración con dichos países, estableciendo los parámetros pre-cosecha y postcosecha que determinan el desarrollo de la alteración. En la fase pre-cosecha, se ha mostrado (LARRIGAUDIÈRE *et al.*, 2004) que intervienen factores tan diversos como la fertilización mineral (un exceso de nitrógeno y/o carencia en Boro favorecen la alteración), la carga del árbol (los frutos de gran calibre son más sensibles), un exceso de riego cerca de la fecha de recolección y la misma fecha de recolección. En cuanto a postcosecha resulta muy importante almacenar los frutos rápidamente después de la cosecha y evitar conservar los frutos a concentraciones de CO<sub>2</sub> demasiadas altas (> 1,5%) que pueden inducir el desorden (LARRIGAUDIÈRE *et al.*, 2004).

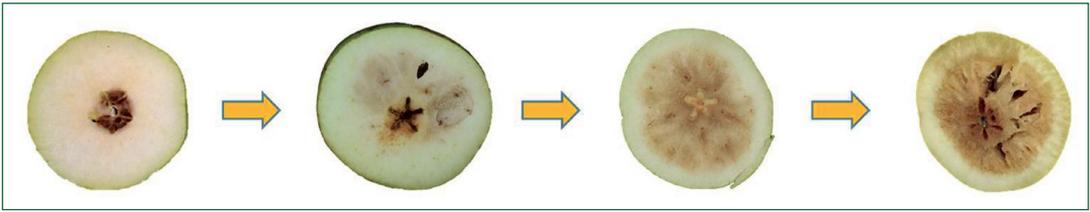


Foto 1. Visualización del problema de corazón pardo en pera 'Conference' y de su evolución.



Foto 2. Problema de corazón pardo con presencia de cavernas de gran tamaño en pera 'Blanquilla'.



Foto 3. Caracterización de la regresión del almidón en pera 'Conference'. Izquierda: alta regresión de almidón = fruto maduro; Derecha: leve regresión de almidón = fruto inmaduro.

Hay que destacar que los estudios presentados anteriormente se llevaron a cabo hace ya más de veinte años en pera 'Conference' y, considerando las especificidades edafoclimáticas de Holanda y Bélgica. No cabe duda de que dichos resultados no son totalmente extrapolables a lo que ocurre en otros países como España y para otras variedades.

Teniendo en cuenta estas consideraciones y como resultado de la fuerte incidencia de este desorden observado en pera 'Conference' en 'La Rioja', se decidió retomar el estudio en esta temática. En 2017, se formó un grupo operativo constituido de las principales empresas de la DOP 'Peras de Rincón de Soto' y el IRTA para resolver el problema del corazón pardo en dicha área. Se definieron distintas tareas con el objetivo principal de establecer un sistema de predicción o al menos un índice de madurez en cosecha que se relacionará con la sensibilidad al desorden. Se estableció también el interés de diferentes sistemas de control optimizando los protocolos previamente definidos en los países

del norte para adaptarlos a las condiciones climáticas locales y logística de las centrales de la zona de producción.

### La madurez inicial en cosecha, un factor determinante en la incidencia de CP

Para establecer la relación entre la madurez en cosecha y la incidencia de CP, se trabajó de dos formas distintas y complementarias. En primer lugar, se utilizaron todos los datos generados durante los dos años de estudio para definir, mediante análisis estadístico (análisis multivariante), el o los índices de madurez en cosecha correlacionados con el corazón pardo. En segundo lugar, se comparó la sensibilidad al CP de diferentes lotes cosechados en diferentes fechas y/o pre-madurados en la central.

### *El índice de almidón como mejor marcador de la madurez fisiológica del fruto y su posterior sensibilidad al CP*

Se ha podido establecer mediante análisis estadístico, que el índice de almidón, un índice directamente ligado con la madurez inicial de fru-



# Las mejores variedades de hueso, pepita y almendro

## SUBLIM

Melocotón plano

Fruit Futur ▶▶



## PERLA

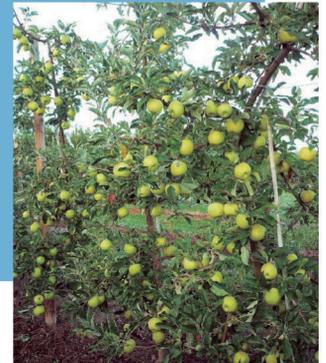
Nectarina plana

Fruit Futur ▶▶



## SMERALDA

Manzana



\* Resistente al moteado

## ELLIOT

Pera



\* Tolerante al fuego bacteriano

## MAKAKO®

Almendra



\* Novedad

## GENEVA®

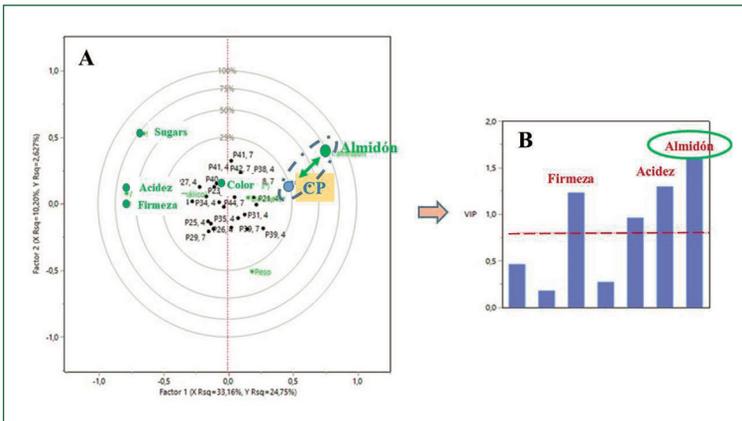
Portainjertos



Variedades bajo licencia y autorización de Eurosemillas, Domaine de Castang, CIV, FruitFutur, Europa Fruit Tree, Rootstocks y CBAS-CSIC

Ctra. el Palau, km 1,  
25243, El Palau d'Anglesola,  
Lérida, España

973 71 14 00  
certiplant.com  
info@certiplant.com



**Figura 1.** Análisis estadístico de los datos y caracterización del índice de almidón como mejor predictor del CP en 'Conference'.

to, es el índice de cosecha que mejor se relaciona con la incidencia en CP.

Para definir la/las variables de interés para predecir la sensibilidad de los lotes de fruta al CP, se trabajó durante 2 años con diferentes parcelas de la zona baja, media y alta de la DOP, representativas de la variabilidad de la zona de producción. En cada parcela, los frutos se recolectaron en el momento de madurez comercial específico de cada zona, y se analizaron los índices de madurez iniciales: color, SSC (azúcares), firmeza, acidez e índice de almidón. Parte de los frutos se almacenaron en cámara de atmósfera controlada (AC) a 0°C y 90% HR y en condiciones gaseosas que favorecieran la aparición del CP (1,5% O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub>).

Para analizar los datos se utilizaron técnicas de análisis estadístico multivariante cuyos resultados están presentados en la *Figura 1*. Según este análisis, el índice en cosecha más próximo en el gráfico de la variable CP, es el que se relaciona mejor, dentro del modelo, con la incidencia de la alteración. El modelo de predicción del corazón pardo incluyó las variables color, SSC (azúcares), firmeza, acidez e índice de almidón. Aunque todas estas variables intervienen para definir el modelo y su capacidad de predicción, se puede notar que las variables firmeza, acidez y, sobre todo, índice de almidón (*Figura 1B*) son las que tienen más peso en la definición del modelo. El índice de almidón mostró una relación positiva con la incidencia de CP, mientras que la firmeza y la acidez presentaron una relación ne-

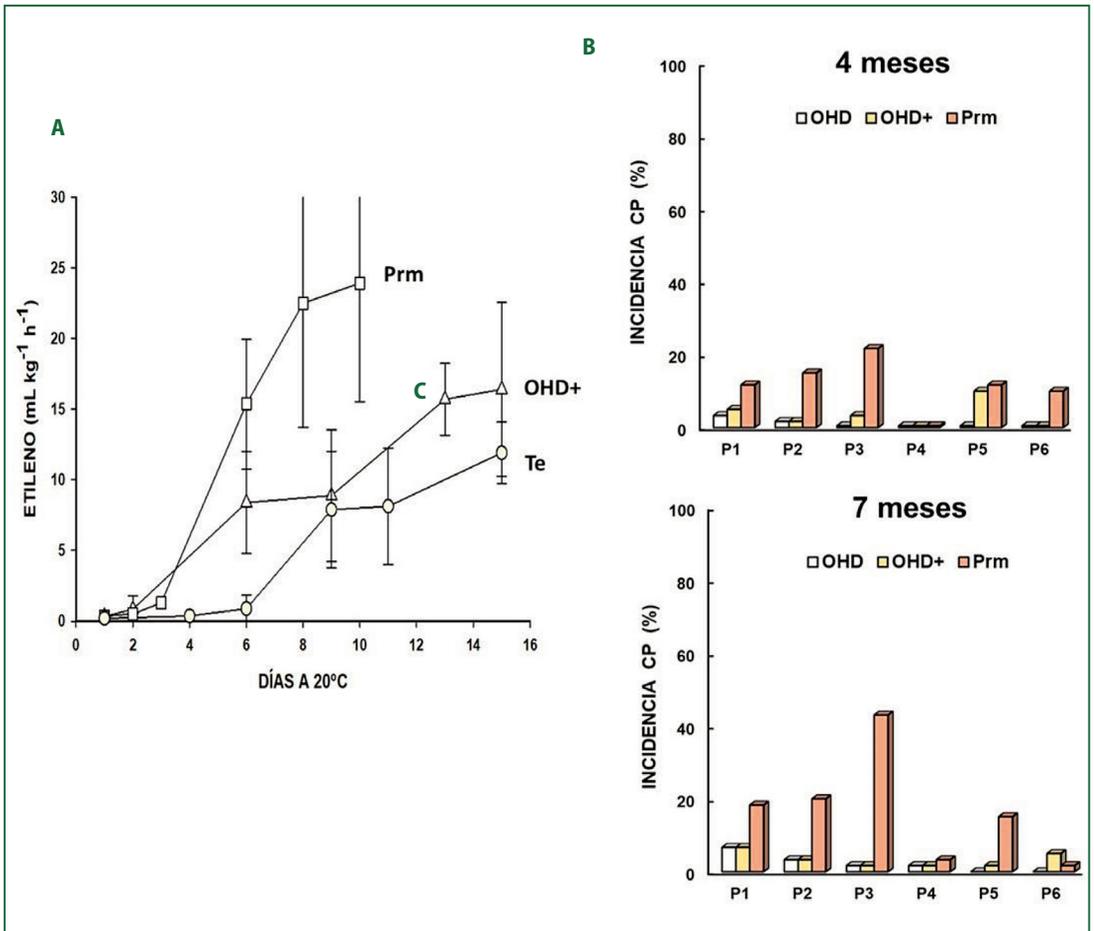
gativa. Esto significa que, a mayor firmeza y acidez, menor CP y, sin embargo, a mayor valor de índice de almidón (fruta más madura) mayor incidencia de CP.

El conjunto de estos resultados muestra que el índice de almidón, aunque no se utiliza aún con frecuencia en pera, puede ser un índice de interés para caracterizar la sensibilidad de los lotes. Sin embargo, otros estudios son necesarios para confirmar esta hipótesis y definir un valor límite que puede caracterizar los lotes sensibles en cosecha. Estos resultados son también una primera indicación que la incidencia en CP es ligada a la madurez inicial del fruto. Para confirmar esta relación se llevó a cabo otra experimentación que se describe a continuación.

### La importancia de cosechar los frutos a la fecha óptima

Los resultados obtenidos en este segundo ensayo confirman el papel fundamental que juega la madurez inicial del fruto en la sensibilidad al CP. Estos mismos resultados también muestran la importancia de almacenar los frutos rápidamente después de cosecha y eliminar todos los problemas logísticos que pueden incrementar la madurez de los frutos después de cosecha.

En este ensayo se trabajó con lotes de fruta de distinta madurez inicial, comparando un lote recolectado a madurez comercial (lote Te), un lote formado por frutos que se recolectaron 4 días después de la fecha de cosecha comercial (lote OHD.), y finalmente un lote que se dejó madu-



**Figura 2.** Caracterización del impacto de la madurez inicial sobre la madurez fisiológica (A) y la incidencia en CP (B, C) en pera ‘Conference’. P1–P6 para cada productor.

rar 4 días en el pasillo de la central después de cosecha comercial (lote Prm). En todos los lotes se analizaron las cinéticas de producción de etileno como marcador de la madurez fisiológica y la incidencia en CP después de 4 y 7 meses de almacenamiento en las condiciones de atmósfera citadas anteriormente.

Tal como se puede apreciar en la *Figura 2A*, los lotes pre-madurados (OHD, y Prm) produjeron niveles de etileno significativamente más altos que los lotes recolectados a madurez comercial. Este adelanto de la producción e incremento en los niveles de producción de etileno es representativo de un incremento de la madurez fisiológica del fruto, incremento que se asocia con una

disminución de su potencial de almacenamiento y también una mayor sensibilidad a determinados patógenos y alteraciones fisiológicas.

De acuerdo con esta idea, los lotes pre-madurados, y especialmente aquellos pre-madurados fuera del árbol (Prm), fueron también los lotes que presentaron mayor incidencia de CP después de 4 y 7 meses de almacenamiento (*Figuras 2B y 2C*). Las diferencias entre los lotes OHD y Prm fueron muy importantes, observando incidencias en CP entre 3 y 10 veces superiores en el lote Prm que en el lote OHD después de 4 o 7 meses de almacenamiento, respectivamente.

Estos resultados muestran la gran diferencia que puede existir entre un lote madurado en el

árbol (lote OHD,+) y un lote con una demora importante de la entrada en cámara fría. Para evitar los problemas de CP, se recomienda entonces cosechar los frutos a la fecha óptima comercial y, sobre todo evitar cualquier problema logístico en la central que pueda retrasar la entrada de los frutos en la cámara de atmósfera controlada.

## El interés de la técnica de preenfriamiento como sistema de control del CP

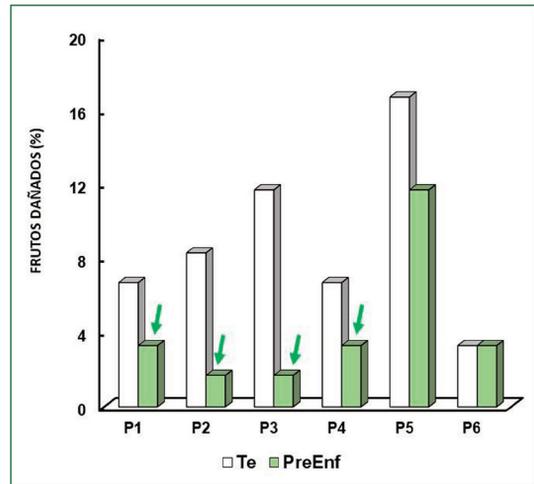
El preenfriamiento inmediatamente después de la cosecha es una operación clave para alargar la conservación y posterior vida comercial de los productos frescos. Las diferentes técnicas de preenfriamiento, por aire forzado o por agua (*hydrocooling*), permiten ralentizar las actividades metabólicas del fruto y especialmente la respiración y la producción de etileno, retrasando entonces la maduración del fruto (Ho *et al.*, 2018).

Mediante su acción sobre la respiración, el preenfriamiento permite también limitar la acumulación de CO<sub>2</sub> en el fruto, CO<sub>2</sub> que como se ha mostrado en diversos experimentos, es tóxico y puede inducir desórdenes fisiológicos como el corazón pardo en pera (DEUCHANDE *et al.*, 2017).

De acuerdo con estas ideas, en este trabajo se analizó el interés de la técnica de preenfriamiento con agua helada (*hydrocooling*) para controlar los problemas de CP en pera Conference.

Inmediatamente después de cosecha, los frutos se transportaron para llegar un día más tarde en la planta de enfriamiento. Una vez recibidos, los frutos se dividieron en 2 lotes, un lote que se enfrió con agua hasta conseguir una temperatura del corazón del fruto de 3–4°C, y otro lote (lote control) que se puso directamente en la cámara en frío sin pre-enfriamiento. Los lotes preenfriados y lotes controles sin pre-enfriar se dejaron después en cámara de AC (0°C, 90% HR, 1,5% O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub>) durante 4 meses. Después de este tiempo, la incidencia de CP se analizó para cada productor sobre una muestra de 60 frutos.

Tal como se puede apreciar en la Figura 3, la técnica de pre-enfriamiento permite reducir la incidencia de CP de forma importante en 4 de los 6 campos estudiados, de forma más limitada en otro campo y no tiene efecto en el último. Las



**Figura 3.** Interés de la técnica de preenfriamiento para el control del CP en pera ‘Conference’. P1– P6 para cada productor.

diferencias de eficacia entre campos pueden ser debidas a las diferencias existentes respecto al estado de madurez inicial del fruto y/o en intensidad respiratoria, siendo más difícil controlar la difusión del CO<sub>2</sub> en los frutos más maduros y con más intensidad respiratoria.

Se tiene que considerar que los resultados obtenidos, aunque ya de interés, se podrían seguramente mejorar reduciendo el tiempo de demora del pre-enfriamiento. En este ensayo y por razones de logística, los frutos se enfriaron un día después de cosecha. Se puede esperar resultados mejores y menos diferencias entre procedencias si los frutos se pre-enfrían inmediatamente después de cosecha.

Cabe destacar también que, para inducir una mayor incidencia de CP, los frutos fueron sometidos a niveles muy bajos de O<sub>2</sub> y muy altos de CO<sub>2</sub> (condiciones no comerciales). Por tanto, en condiciones de conservación comerciales, la incidencia esperada de CP sería mucho menor.

## El interés de la técnica de retraso de la puesta en atmósfera como sistema de control

La técnica de retraso de entrada de la fruta en atmósfera controlada, permaneciendo previamente 30 días en frío normal, permite redu-

# EXPANDO

INCREMENTA EL TAMAÑO DE TU FRUTA



- Incrementa el tamaño y la uniformidad de los frutos
- Aumenta los calibres de mayor valor comercial
- Reduce la pérdida y la caída de la fruta

## ETAPAS DE APLICACIÓN

INICIO DEL TRATAMIENTO



cir de forma significativa la incidencia de CP sin alteración de la madurez y calidad final del producto.

Esta técnica ya lleva más de 20 años utilizándose en países nórdicos como Bélgica y Holanda. Estas técnicas se utilizan para reducir la incidencia en CP en pera 'Conference' y consisten en dejar los frutos, inmediatamente después de cosecha, en una cámara de frío normal sin modificar su composición gaseosa durante un periodo variable que va desde los 20 hasta los 45 días en frutos sin tratar con 1-MCP y hasta 9 semanas en frutos tratados. Después de este tiempo, se genera la atmósfera controlada en la cámara hasta su apertura.

Este protocolo, muy específico para la pera de estos países, ha dado muy buenos resultados para reducir la incidencia de CP. Sin embargo, la extrapolación directa del protocolo a nuestras condiciones edafoclimáticas y de producción de 'La Rioja' no es posible, ya que la fisiología de los frutos de ambas zonas es muy distinta. De acuerdo con esta idea, en un primer estudio se optimizó el protocolo.

Para ello, una vez recolectados los frutos en la fecha de cosecha comercial, estos se enviaron inmediatamente a la planta de ensayo para formar para cada uno de los productores estudiados los 4 lotes siguientes:

- Lote 0d: lote testigo que se almacenó inmediatamente tras la recepción de los frutos en la cámara de atmósfera (0°C, 90% HR, 1,5% O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub>).
- Lote 15d: lote que se almacenó inmediatamente después de cosecha en una cámara de frío normal (0°C, 90% HR y en el aire) durante 15 días y después se transfirió en otra cámara de AC con las condiciones de atmósfera del lote anterior.
- Lote 21 y 30d: Lotes idénticos al lote 15d, pero con frutos que se dejaron 21 y 30 días respectivamente en la cámara de frío normal antes de su traslado en la cámara de atmósfera controlada para su conservación.

Todos los lotes se almacenaron durante 4 meses y la incidencia en CP, así como la firmeza de los diferentes lotes, se determinó después de este tiempo en una muestra de 60 frutos por lote.

**Cuadro 1.** Incidencia de CP en relación al retraso en la entrada de la fruta en AC. P1, P2 y P3 para cada productor.

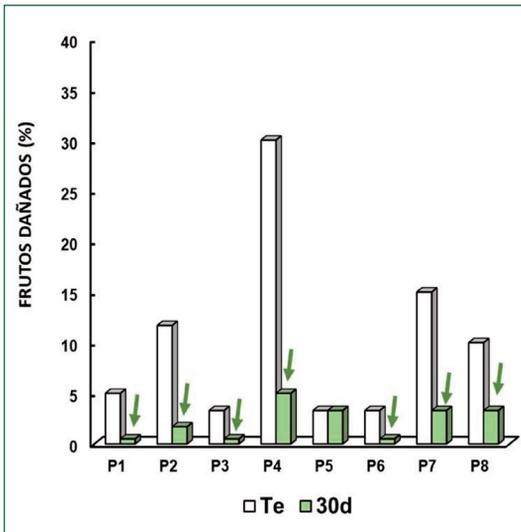
Tiempo	Campo		
	P1	P2	P3
0d	5,0	11,7	3,3
15d	0,0	3,3	0,0
21d	3,3	5,0	1,7
30d	0,0	1,7	0,0

Los resultados presentados en el Cuadro 1, aunque representando el efecto del tratamiento en campos pocos sensibles al CP, muestran claramente que a medida que se retrasa la entrada de la fruta a atmósfera controlada se reduce la incidencia de CP. Los mejores resultados se obtuvieron retrasando 30 días el inicio de la AC. Dicho tiempo fue el elegido para el ensayo de validación que se define a continuación.

Ya definido el tiempo de retraso óptimo, el segundo año se llevó a cabo un ensayo de validación con frutos de 8 productores diferentes representativos de la zona de producción de la D.O.P.

A parte del campo 5, para el cual se observó una incidencia en CP baja y ningún efecto del retraso de la puesta en atmósfera, en todas las otras procedencias dicho retraso redujo de forma muy significativa la incidencia de CP (Figura 4). Según la procedencia u origen de los frutos se obtuvo entre un 67% o un 90% de reducción de la incidencia, lo que muestra que esta técnica es muy válida para controlar este tipo de alteración en pera 'Conference'.

Para asegurarnos que el tratamiento de retraso de entrada en AC no provocó un incremento de la madurez de los frutos, se analizaron también las diferencias en firmeza existentes entre lotes tras la salida de los 4 meses de almacenamiento. Como se puede apreciar en el Cuadro 2, no se observaron diferencias significativas entre los lotes testigos (0d) y el resto de lotes (30d) para ninguna de las 5 procedencias. Se puede asumir entonces que el retraso de la puesta en atmósfera permite controlar de forma efectiva el CP en 'Conference' sin afectar negativamente la calidad de los frutos.



**Figura 4.** Interés de la técnica de retraso de la puesta en atmósfera para el control del CP en pera ‘Conference’. P1–P8 para cada productor.

### Consideraciones finales

A la vista de los resultados presentados anteriormente y de los estudios previos realizados en pera ‘Conference’, para evitar el problema de CP se recomienda:

1. Manejar adecuadamente la parcela evitando especialmente los excesos en fertilizantes nitrogenados y tratamientos hormonales que puedan incrementar la madurez del fruto.

Controlar la carga del árbol para tener frutos sin exceso de calibre y evitar riegos intensivos cercanos a la fecha de recolección.

2. Cosechar los frutos en las fechas comerciales procurando tener un compromiso entre inmadurez (que reducen el riesgo de CP) y exceso de madurez que favorecen el calibre y la calidad organoléptica del fruto, pero incrementando de forma significativa la sensibilidad del fruto al CP.

Se recomienda integrar el análisis del índice de almidón para definir el momento óptimo de cosecha y caracterizar la madurez de los lotes.

3. Siempre y cuando sea posible, preenfriar los frutos en la entrada en central especialmente en el caso de los lotes de cosecha tardía.

**Cuadro 2.** Análisis de las diferencias en firmezas entre lotes controles (0d) y lotes dónde la entrada en atmósfera se retrasó 30d para 5 productores diferentes (P1 a P5) después de un almacenamiento de 4 meses en AC.

Productor	0 d (N)	30 d (N)
P1	51,5 +/- 7,7	50,0 +/- 10,6
P2	51,2 +/- 9,0	51,0 +/- 4,6
P3	53,1 +/- 5,2	53,6 +/- 8,7
P4	52,2 +/- 5,7	49,6 +/- 11,7
P5	55,1 +/- 6,2	51,7 +/- 5,2

4. Almacenar los frutos rápidamente y en condiciones óptimas: temperatura, niveles de CO<sub>2</sub> bajos (< a 1,5%) y ajustados a los niveles de O<sub>2</sub>.

5. En caso de parcelas con un historial conflictivo y/o dudosas, especialmente en caso de recolección tardía, llevar a cabo un retraso de la puesta en atmósfera controlada de 30 días.

6. Finalmente, y en la medida de lo posible, realizar chequeos de madurez intermedios durante la conservación y ajustar la duración del almacenamiento a la madurez inicial del fruto y a la evolución de los parámetros de madurez testados. •

### Agradecimientos

Se agradece el apoyo financiero de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente de La Rioja y el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) que permitieron la realización de estos estudios. Un especial agradecimiento también a los diferentes miembros del GOP por su participación financiera y ayuda técnica y a Dolors Ubach por su ayuda técnica.

### Bibliografía

DEUCHANDE, T. *et al.*, (2017). Biochemical markers to predict internal browning disorders in ‘Rocha’ pear during storage under high CO<sub>2</sub>. *J. Sci. Food Agric.* 97: 3603–3612.

HO *et al.*, (2018). Down-regulation of respiration in pear fruit depends on temperature. *J. of Exp. Botany*, 69 (8): 2049–2060.

LARRIGAUDIÈRE *et al.*, (2004). El corazón pardo en peras. Conocimientos actuales y sistemas de prevención. *Fruticultura Profesional*, 145: 23–34.