



# **Estrategias de conservación poscosecha de la Pera Europea (*Pyrus communis* L.)**

## **Desafíos, factores determinantes y avances tecnológicos**

Gemma Echeverria, Clara Isabel Mata y Camilo López-Cristoffanini

*Postharvest Programme, IRTA*



[www.bibliotecahorticultura.com](http://www.bibliotecahorticultura.com)

# Estrategias de conservación poscosecha de la Pera Europea (*Pyrus communis* L.)

## Desafíos, factores determinantes y avances tecnológicos

Gemma Echeverria\*, Clara Isabel Mata y Camilo López-Cristoffanini

[\\*gemma.echeverria@irta.cat](mailto:gemma.echeverria@irta.cat)

*IRTA, Postharvest Programme, Fruitcentre, 25003 Lleida, Catalonia, Spain*

### Índice

1. Introducción.....	1
2. Principales desafíos de almacenamiento .....	2
3. Factores determinantes de la conservación.....	3
3.1. Factores precosecha.....	3
3.2. Estado de maduración en cosecha.....	3
3.3. Variedad y genética .....	5
4. Técnicas de conservación poscosecha .....	7
4.1. Regulación del etileno .....	7
4.2. Almacenamiento en frío, CA y DCA.....	8
4.3. Tratamientos químicos y biológicos.....	8
4.4. Tratamientos físicos no térmicos.....	9
4.5. Monitoreo en tiempo real y gestión de la maduración.....	9
5. Investigación actual y perspectivas de futuro .....	9
6. Conclusiones .....	9
PATROCINADORES .....	13
ABSOGER .....	14
AGRICOAT NATURESEAL.....	15



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional \(CC BY-NC-ND 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

## 1. Introducción

La pera (*Pyrus* spp.) es una de las especies frutales más antiguas y extendidas en las regiones templadas del mundo, con una gran importancia económica y nutricional (Híc *et al.*, 2023; Bielsa *et al.*, 2021). Dentro de las frutas de pepita, se sitúa solo por detrás de la manzana en términos de producción y consumo. Su demanda ha crecido de forma constante a lo largo de los años, impulsada por su popularidad, tanto como producto fresco como en su forma procesada (Basit *et al.*, 2024). Este crecimiento se refleja en su producción mundial, que ha aumentado progresivamente hasta alcanzar, en 2024/2025, los 25,85 millones de toneladas anuales, consolidándose como uno de los cultivos frutales más importantes del mundo (FAO, 2025; U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 2025).

Además, se prevé que el valor del mercado de peras aumente de 32.350 millones de dólares en 2024 a 34.460 millones en 2025, y a 44,060 millones en 2029. China es el principal productor mundial de peras, con un 78% de la producción total, seguida por la Unión Europea, que representa un 7%, con Italia y España como sus productores más destacados. Esta fruta es un producto esencial en muchos países, contribuyendo no solo a las economías locales, sino también al comercio global.

Existen dos tipos principales de peras cultivadas: la pera asiática y la pera europea (*Pyrus communis* L.). A pesar de la gran variabilidad genética de esta última, con más de 3,000 variedades documentadas, solo ocho ('Conferencia', 'Williams' o 'Bartlett', 'Abaté Fetel' o 'Abbé Fétel', 'Blanquilla' o 'Spadona', 'Doyenne du Comice', 'Beurré Bosc' o 'Mantecosa Bosc', 'Dr Jules Guyot' o 'Limonera' y 'Coscia' o 'Ercolini') representan el 80% de la producción mundial de peras europeas (Figura 1). En España, la producción se concentra en cinco variedades principales: 'Conferencia', 'Blanquilla', 'Decana', 'Dr Jules Guyot' y 'Williams' (Bielsa *et al.*, 2021).

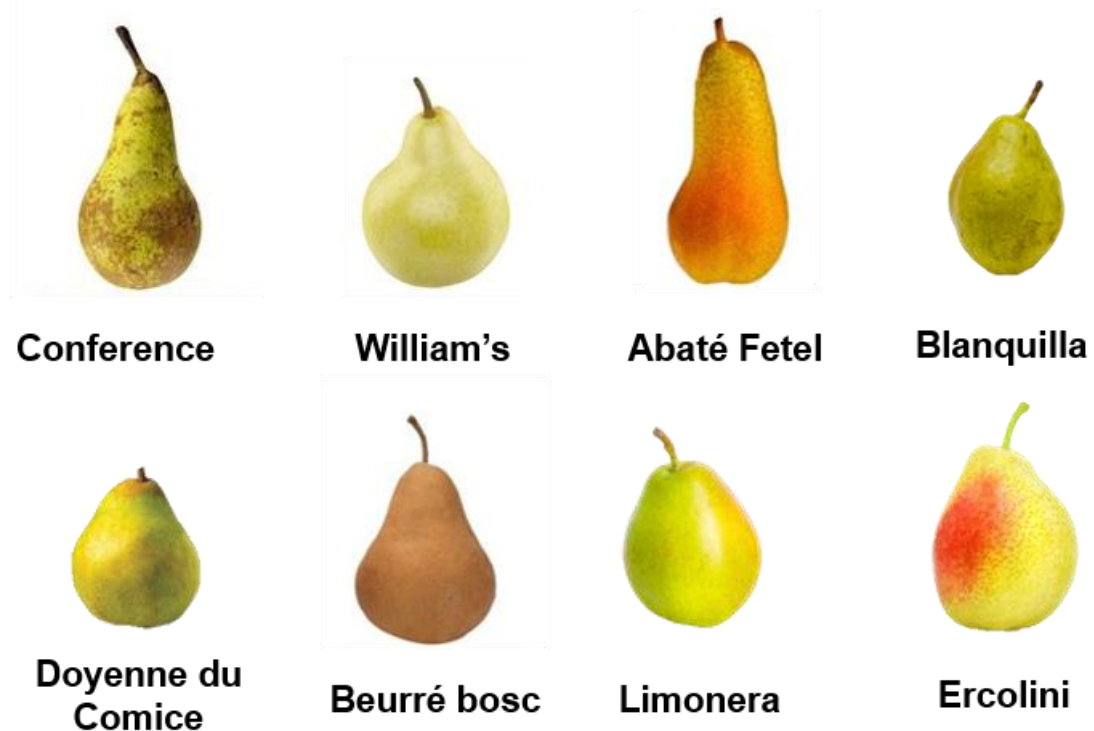


Figura 1. Principales peras cultivadas en Europa

Las peras europeas, cultivadas principalmente en Europa y América, requieren exposición al etileno y/o un período de frío para su maduración (Híc *et al.*, 2023). Esto se debe a que son frutos climatéricos, es decir, durante su maduración experimentan un incremento en la producción de etileno, hormona vegetal que juega un papel central en la maduración de las frutas climatéricas, y en la tasa de respiración (Híc *et al.*, 2023; Brandes y Zude-Sasse, 2019). Al igual que en otras frutas, este proceso conlleva una disminución en el contenido total de ácidos orgánicos y un aumento en el nivel de azúcares.

A nivel sensorial, las peras se caracterizan por su textura mantecosa y jugosa, su sabor pleno, la coloración amarillenta de la piel y una equilibrada relación azúcar-acidez. La cantidad de azúcares y ácidos varía según la variedad, pero en general, la fructosa es el azúcar predominante (54-63%), seguida por el sorbitol (22-31%) y la glucosa (11-15%). En cuanto a los ácidos, el más abundante es el ácido málico (Zerbini, 2002). Además, los compuestos volátiles, como los ésteres de ácido decadienoico, desempeñan un papel clave en el aroma de la pera, aportándole su sabor característico (Zerbini, 2002).

Sin embargo, en la actualidad los consumidores no solo buscan frutas con buenas características organolépticas, sino también productos que sean seguros y beneficiosos para la salud. Desde un punto de vista nutricional, la pera es una excelente fuente de vitaminas, como la vitamina C y las del grupo B, además de contener diversos minerales esenciales para el organismo (Caracciolo *et al.*, 2021; Zheng *et al.*, 2022; Saquet *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2014). Asimismo, aporta compuestos fenólicos, sustancias bioactivas con un alto poder antioxidante. Estudios recientes han identificado la presencia de arbutina, ácido oleanólico, ácido ursólico, ácido clorogénico, rutina y epicatequina (Caracciolo *et al.*, 2021; Zheng *et al.*, 2022; Saquet *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2014). Estos compuestos bioactivos pueden ejercer efectos antioxidantes, antiinflamatorios y antimicrobianos, lo que refuerza el valor de la pera como un alimento con potencial para aplicaciones nutraceuticas (Basit *et al.*, 2024).

## 2. Principales desafíos de almacenamiento

Dado que la pera es un cultivo de gran importancia económica y nutricional, su adecuada conservación tras la cosecha es fundamental para mantener su calidad y disponibilidad en el mercado. Una práctica usual para lograrlo es el almacenamiento en frío, el cual se aplica a la gran mayoría de las peras y ofrece múltiples beneficios: (i) retrasa el envejecimiento, (ii) extiende la vida útil, (iii) controla la maduración, (iv) preserva la calidad, (v) previene enfermedades, (vi) proporciona flexibilidad en el mercado y (vii) reduce las pérdidas.

Sin embargo, el almacenamiento en frío no está exento de desafíos. Después de la cosecha, las peras, al ser organismos biológicos vivos, mantienen un metabolismo activo dependiente de sus reservas energéticas. Entre la recolección y el consumo, experimentan numerosos cambios fisiológicos y bioquímicos. Algunos de estos son deseables, como el desarrollo del aroma y el sabor, la conversión del almidón en azúcares simples y la reducción del contenido de ácidos orgánicos. No obstante, otros cambios, como una excesiva transpiración y una alta tasa de respiración, pueden generar pérdidas significativas y deterioro postcosecha (Lindo-García *et al.*, 2019). Estos desafíos en la conservación de la pera se resumen en la Tabla 1 y serán abordados en detalle en las próximas secciones.

**Tabla 1.** Desafíos, estrategias y factores limitantes durante el almacenamiento de la pera

Desafío	Estrategia	Factores limitantes
<b>Maduración correcta de la fruta</b>	Cosechar en el punto óptimo de maduración; evitar cosecha prematura o tardía para equilibrar tamaño, sabor y tiempo de almacenamiento.	Cosecha prematura puede causar escaldado superficial, producción deficiente de volátiles aromáticos o imposibilidad de maduración ('evergreen'). Cosecha tardía reduce el tiempo de almacenamiento y aumenta el riesgo de trastornos internos.
<b>Evitar fisiopatías y patologías (pardeamiento interno, escaldado, pudriciones)</b>	Almacenar a la temperatura más baja aceptable, ajustando según el cultivar; usar acondicionamiento a baja temperatura si es necesario.	Temperaturas incorrectas pueden causar senescencia, pudrición fúngica o trastornos por frío. Algunas variedades son más propensas a daños como el pardeamiento interno.
<b>Tiempo de almacenamiento prolongado</b>	Utilizar almacenamiento en frío adecuado; reducir la temperatura correctamente durante el almacenamiento; ajustar según variedad (verano vs. invierno).	Variedades de verano tienen baja capacidad de almacenamiento debido a alta actividad metabólica y rápida senescencia. Temperaturas incorrectas aceleran el deterioro.

### 3. Factores determinantes de la conservación

#### 3.1. Factores precosecha

Los factores precosecha tienen un impacto crucial en la calidad y la conservación de las peras después de la cosecha. Entre los más importantes se encuentran la frecuencia de riego, la nutrición de la planta, el control de plagas y las condiciones ambientales (Bonora *et al.*, 2021). Por ejemplo, la alta insolación puede causar quemaduras en la piel de la fruta, mientras que la temperatura influye en la acumulación de azúcares y la firmeza del fruto. La nutrición, especialmente el calcio, es esencial para evitar alteraciones como el "russetting" y el pardeamiento interno y mantener la firmeza. La aplicación de nutrientes adecuados durante la fase de crecimiento contribuye a la resistencia de las peras frente a daños postcosecha, lo que facilita su almacenamiento prolongado.

Asimismo, el patrón de injerto y la edad del árbol afectan tanto el crecimiento de los frutos como su capacidad de conservación. Los árboles más jóvenes tienden a producir frutos de mejor calibre, mientras que los árboles viejos son más susceptibles a las podredumbres. Un adecuado manejo de la densidad de plantación y una correcta poda mejoran la iluminación y la calidad de la fruta. Al eliminar flores o frutos en etapas tempranas mediante prácticas como la poda y el aclareo, se mejora la distribución de los recursos, favoreciendo una mayor firmeza, mejor concentración de azúcares y un desarrollo más homogéneo de los frutos restantes. Además, el control fitosanitario influye directamente en la calidad, ya que los fitofármacos pueden modificar tanto las características externas como la maduración de los frutos.

#### 3.2. Estado de maduración en cosecha

El estado de madurez de las peras en el momento de la cosecha constituye un factor crítico que condiciona tanto su aceptabilidad sensorial por parte del consumidor como su comportamiento durante la conservación postcosecha, afectando directamente su vida útil y calidad comercial. Es crucial identificar el momento adecuado para la recolección, ya que una cosecha demasiado

temprana puede resultar en peras con menor calidad organoléptica y problemas de maduración durante el almacenamiento (De Belie *et al.*, 2020). Por otro lado, si se cosechan demasiado tarde, las peras pueden presentar una mayor propensión al ablandamiento y a la aparición de trastornos internos, además de que el tiempo de almacenado será más corto (Streif *et al.*, 2023). Para asegurar una larga vida útil y mantener la calidad en el almacenamiento, es esencial evaluar la madurez de la fruta utilizando diversos índices de madurez. En la Tabla 2, se describen los principales indicadores utilizados para determinar el momento óptimo de cosecha de las peras.

**Tabla 2.** Indicadores de madurez en pera y sus características

Indicador	Descripción	Ventajas	Limitaciones
<b>Prueba de almidón y yodo</b>	Evalúa la conversión de almidón en azúcares simples mediante tinción con yodo (color azul oscuro).	No depende del etileno. Útil en variedades como 'Conference' y 'Rocha'.	Puede ser imprecisa en condiciones de campo.
<b>Firmeza de la pulpa</b>	Se puede medir con un penetrómetro portátil o fijo. Indicador clave para determinar madurez y calidad postcosecha.	Altamente confiable. Determina el momento óptimo de cosecha.	Cosechas tardías provocan mayor pérdida de firmeza y peso durante el almacenamiento.
<b>Sólidos solubles (°Brix)</b>	Representan azúcares como glucosa, fructosa y sorbitol. Se miden por refractometría.	Útil para evaluar dulzor. Mínimo de 10% necesario para calidad y prevención de congelamiento.	Afectado por lluvias o la posición del fruto en el árbol.
<b>Acidez titulable</b>	Mide el contenido de ácidos (principalmente málico). Disminuye con la maduración y afecta el sabor.	Útil para caracterizar la madurez y el perfil organoléptico.	Poco utilizada en campo por su complejidad.
<b>Color de la piel</b>	Se observa la degradación de clorofila. Evaluado visualmente o con colorímetros portátiles.	Método rápido y no destructivo. Alta precisión con instrumentos.	Evaluación visual puede ser subjetiva.
<b>Índice I<sub>AD</sub></b>	Mide la diferencia de absorción entre 670 y 720 nm. Estima el contenido de clorofila, útil para monitorear la madurez.	Método no destructivo. Preciso con dispositivos como el medidor DA.	Requiere equipos específicos.
<b>Tamaño del fruto</b>	Aunque no indica madurez directamente, ayuda a anticipar el desarrollo final del fruto.	Útil para descartar frutos que no alcanzarán calibre comercial.	No siempre se relaciona con la madurez fisiológica.
<b>Índice Streif</b>	Combina firmeza, sólidos solubles y almidón para predecir la madurez óptima.	Método integrado y validado en 'Conference'.	Requiere múltiples mediciones.
<b>Método T</b>	Evalúa el ángulo promedio del pedúnculo mediante impresión de la mitad del fruto.	Correlación comprobada con madurez en estudios en Países Bajos.	Poco utilizado y requiere técnica específica.

Las técnicas más empleadas en pera para determinar el momento óptimo de cosecha en pera son la firmeza de pulpa y el contenido de almidón debido a su simplicidad y eficacia, pero su uso combinado con otros indicadores mejora la exactitud del proceso (Híc *et al.*, 2023).

Desde el Laboratorio de Fisiología y Tecnología del Programa de Postcosecha de IRTA, recomendamos el uso del índice IAD para la evaluación no destructiva de la madurez de la fruta. En su estudio, Lindo *et al.* (2019) (Lindo-García *et al.*, 2019), demostraron que el índice IAD

reflejaba de manera confiable el progreso de la maduración y resultó útil para determinar la fecha óptima de cosecha en peras 'Blanquilla'.

Por tanto, dada la variabilidad entre variedades, es importante utilizar varios índices de madurez. De hecho, los autores recomendamos la combinación de estos para aumentar la precisión en la determinación del momento óptimo de cosecha.

### **3.3. Variedad y genética**

La capacidad de almacenamiento de las peras depende en gran medida de la variedad, ya que distintos cultivares presentan diferencias en su tiempo de conservación y resistencia a desordenes fisiológicos como el escaldado superficial y la descomposición interna (Tabla 3) (Dondoni y Sansavini, 2012). Las peras de temporada temprana, como 'Ercolini', 'Blanquilla', 'Limonera' y 'Butirra Precoce Morettini,' suelen tener períodos de almacenamiento más cortos y son más susceptibles al deterioro de calidad. En contraste, los cultivares de media temporada o verano medio, como 'William's', 'Clapp's Favourite' y 'Santa Maria,' tienen un mayor potencial de almacenamiento, con algunas variedades adecuadas para conservarse durante meses y para el comercio internacional. Otras variedades de peras de media temporada, como 'Conference,' 'Abbè Fétel', 'Rocha', 'Doyenne du Comice' y 'Beurré Bosc' se encuentran entre las mejores para el almacenamiento a largo plazo, con una duración de 4 a 7 meses, manteniendo su calidad y resistencia a la descomposición interna. Finalmente, las variedades de invierno, como 'Passe Crassane,' han sido históricamente valoradas por su capacidad de almacenamiento, aunque algunas, como 'Doyenne d'Hiver' y 'Alexandre Lucas,' han perdido popularidad debido a la competencia con cultivares de otoño que se conservan mejor. Esta diversidad en la capacidad de almacenamiento resalta el papel crucial de la variedad de pera en la determinación de su durabilidad postcosecha.

Asimismo, cada variedad de pera requiere condiciones específicas de almacenamiento, tanto en términos de temperatura como, en caso de almacenarse en atmósfera controlada (CA), en los niveles de oxígeno ( $O_2$ ) y dióxido de carbono ( $CO_2$ ), debido a que presentan distintos niveles de tolerancia a bajas concentraciones de  $O_2$  y altas de  $CO_2$  (Tabla 3). En función de esta tolerancia, las variedades se clasifican como susceptibles, moderadamente susceptibles o tolerantes (Saquet, 2019). Entre las variedades susceptibles, 'Bristol Cross', 'Alexander Lucas' y 'Conference' requieren condiciones específicas para evitar problemas de almacenamiento, ya que son altamente sensibles a bajos niveles de  $O_2$  y altas concentraciones de  $CO_2$ . Estas peras deben almacenarse con concentraciones de  $CO_2$  inferiores al 1% (1 kPa) y  $O_2$  superiores al 2% (2 kPa) para minimizar el riesgo de descomposición interna. En el grupo de moderada susceptibilidad, se encuentran variedades como 'William's', 'Doyenné du Comice' y 'Bosc', que pueden conservarse entre 4 y 6 meses en atmósfera controlada si se mantienen dentro de rangos adecuados de  $O_2$  y  $CO_2$ , aunque siguen presentando ciertas limitaciones. Finalmente, las variedades tolerantes, como 'd'Anjou', 'Abate Fetel' y 'Rocha', destacan por su capacidad de almacenamiento prolongado, soportando  $pO_2$  tan bajas como 0.5 kPa sin desarrollar trastornos internos, lo que permite su conservación con buena calidad. Estas diferencias muestran la importancia de la selección varietal para optimizar la vida útil de las peras en almacenamiento.

Además del periodo de frigoconservación y la tolerancia a niveles de  $O_2$  y  $CO_2$ , la sensibilidad a desórdenes fisiológicos, la resistencia al manipuleo y la sensibilidad o resistencia a enfermedades, son todas características dependientes de la genética del producto. El

mejoramiento genético en peras busca desarrollar nuevas variedades con una mayor capacidad de almacenamiento postcosecha, reduciendo la senescencia temprana y mejorando la resistencia a condiciones de frío y bajos niveles de O<sub>2</sub>. Además, mediante la selección de cultivares con menor susceptibilidad a podredumbres y desórdenes fisiológicos, se pretende garantizar una conservación prolongada sin pérdida de calidad. Este enfoque permite optimizar la cadena de suministro, asegurando que las peras mantengan su textura, sabor y frescura durante más tiempo, favoreciendo tanto a productores como a consumidores.

Por otra parte, el cambio climático está afectando la producción de peras en España, donde variedades tradicionales como ‘Conference’, ‘Blanquilla’, ‘Limonera’ y ‘Ercolini’ dominan el cultivo, pero no se adaptan bien al aumento de temperaturas. Para responder a esta necesidad, el IRTA, en colaboración con Plant and Food Research, inició en 2002 un programa de mejora genética enfocado en desarrollar nuevas variedades resistentes al calor (Batlle *et al.*, 2008). Este programa, que combina recursos genéticos europeos, japoneses y chinos, busca obtener peras de alta calidad con buena textura, sabor y capacidad de conservación, además de introducir cultivares de maduración temprana. Con más de 10,000 plántulas plantadas en Lleida, el proyecto avanza en la selección de variedades que garanticen una producción estable y sostenible en condiciones más cálidas.

**Tabla 3.** Características de almacenado de diferentes variedades de pera comunes en atmósfera controlada y los riesgos asociados de la conservación. Adaptado de Kupferman (2003) y Manual de recomendaciones del Servicio Técnico de postcosecha campaña 2024-25 IRTA

Variedad	Almacenamiento				Riesgos asociados
	Capacidad (meses)**	T (°C)	Oxígeno (%)	Dióxido de carbono (%)	
<b>Conference</b>	Excelente (hasta 9)	-0,90 a -0,5	0,8 a 2,0	0,6 a <1	Pardeamiento interno, amarillamiento de la piel y leve escaldado superficial por frío
<b>William's (Bartlett)</b>	Media (3 a 5)	-0,90 a -0,7	0,8 a 2,0	0,8 a 2,0	Amarillamiento de la piel, escaldado superficial por frío, pulpa harinosa, imposibilidad de maduración
<b>Abaté Fetel (Abbé Fétel)*</b>	Pobre (1 a 3)	-0,7 a -0,5	-	-	Escaldado superficial por frío
<b>Blanquilla (Spadona)</b>	Pobre (2-3)	-0,9 a -0,5	0,6 a 2	0,4 a 1	Escaldado superficial por frío, descomposición interna, deshidratación
<b>Doyenne du Comice</b>	Media (3)	-0,7 a -0,5	1,5 a 2	1 a 2	Pérdida de firmeza, amarillamiento de la piel
<b>Beurré Bosc (Mantecosa Bosc)</b>	Media (4)	-0,47 a -0,44	1,5	0,3	Disminución del tiempo de conservación
<b>Limonera (Dr. J. Guyot)</b>	Pobre (hasta 4)	-0,9 a -0,7	1,6 a 2	≤1	Pérdida del color, sobremaduración
<b>Ercolini (Coscia)</b>	Media (hasta 5)	-0,9 a -0,70	1,6 a 2	0,7 a 2	Pérdida del color, descomposición interna

\*Se desaconseja el uso de atmósferas controladas en Abaté Fetel.

\*\*Depende de las condiciones gaseosas (O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>) de la cámara de conservación

#### 4. Técnicas de conservación poscosecha

La conservación de la pera se basa en técnicas que buscan reducir la tasa de respiración y la producción de etileno, dos procesos fisiológicos clave que aceleran la maduración y la senescencia del fruto. Por ello, el control de estos mecanismos es fundamental para prolongar su vida útil. A continuación, se describen las principales técnicas de conservación utilizadas actualmente en peras, agrupadas según su principal modo de acción y los problemas que pueden ocasionar (Tabla 4).

**Tabla 4.** Resumen de problemas y tecnologías correspondientes

Problemas	Técnicas correspondientes	Mecanismo de acción
<b>Daño por Frío y Estabilidad de Membranas</b>	Tratamientos CA (Atmosfera controlada) y LTC (Acondicionado a baja temperatura); tratamientos hiperbáricos; inducción de antioxidantes	LTC aumenta etileno e hidrolasas de pared celular; tratamiento hiperbárico preserva función mitocondrial y activa el ciclo AsA-GSH (Mao <i>et al.</i> , 2022; Wang <i>et al.</i> , 2017; Song <i>et al.</i> , 2016)
<b>Regulación del Etileno y Control de Maduración</b>	Aplicación de 1-MCP (sensible a la dosis); suplementación con etileno; regulación por ERF/EIL	1-MCP retrasa la maduración; el etileno restaura la suavidad en peras bloqueadas; genes ERF/EIL regulan la biosíntesis de etileno (Chriboga <i>et al.</i> , 2011; Gago <i>et al.</i> , 2015; Zhou <i>et al.</i> , 2020)
<b>Temperatura y Atmósfera</b>	Almacenamiento CA y DCA; control preciso de temperatura	CA reduce la respiración y los trastornos; DCA mejora la adaptación (Gago <i>et al.</i> , 2015; Mao <i>et al.</i> , 2022)
<b>Recubrimientos Comestibles y Empaque</b>	Recubrimiento con CMC + irradiación gamma; recubrimientos de quitosano con CNC; MAP	Los recubrimientos mejoran la firmeza y reducen la descomposición; sinergia con irradiación (Hussain <i>et al.</i> , 2010; Deng <i>et al.</i> , 2017)
<b>Tratamientos Químicos y Biológicos</b>	Ácido salicílico; agentes de biocontrol; antimicrobianos naturales	SA reduce la actividad de PPO y el pardeamiento; los antagonistas reducen la descomposición (Adhikary <i>et al.</i> , 2020)
<b>Tratamientos Físicos No Térmicos</b>	Plasma frío; ozono; irradiación UV-C	Control microbiano efectivo y mejora de la calidad [Respuesta Preliminar]
<b>Monitoreo y Gestión de Maduración</b>	Sensores IoT; acondicionamiento con etileno y temperatura	Datos en tiempo real mejoran la gestión; el etileno revierte el bloqueo de maduración por 1-MCP (Chiriboga <i>et al.</i> , 2011)

##### 4.1. Regulación del etileno

El etileno es clave en el control de la maduración de frutas climatéricas. El 1-metilciclopropeno (1-MCP), un inhibidor del receptor de etileno se usa ampliamente para retrasar la maduración de peras y extender su vida útil al bloquear la percepción de este compuesto. Sin embargo, una dosificación inapropiada o la sensibilidad del cultivar pueden causar un bloqueo irreversible de la maduración, como se ha observado en peras 'Conference' (Chiriboga *et al.*, 2011). La aplicación simultánea de 1-MCP con etileno exógeno puede restaurar la maduración normal al modular las vías de señalización del etileno (Chiriboga *et al.*, 2011).

El almacenamiento en atmósfera controlada dinámica (DCA) ajusta las concentraciones de etileno y O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> según la retroalimentación fisiológica del fruto, mejorando la sincronización de la maduración y reduciendo la incidencia de trastornos (Gago *et al.*, 2015). La combinación de

1-MCP con CA o DCA potencia los beneficios, permitiendo un almacenamiento prolongado con firmeza y calidad conservadas (Gago *et al.*, 2015).

Además de su papel en la maduración y el almacenamiento, la señalización del etileno también está implicada en la regulación de la coloración del fruto. Estudios en pera revelan que ciertos factores de transcripción ERF con motivos de represión EAR regulan negativamente la biosíntesis de antocianinas, lo que indica una interacción entre la señalización del etileno y las vías de metabolitos secundarios (Sun *et al.*, 2023).

#### **4.2. Almacenamiento en frío, CA y DCA**

El almacenamiento óptimo de peras requiere un control preciso de la temperatura y la composición atmosférica. Para ello, se emplean temperaturas cercanas a 0–1 °C con O<sub>2</sub> reducido (~1–3 kPa) y CO<sub>2</sub> aumentado (~1–3 kPa) en CA para ralentizar la respiración y mantener la firmeza [21][23]. La CA también inhibe eficazmente el escaldado superficial y el pardeamiento interno (Gago *et al.*, 2015).

El almacenamiento en DCA utiliza marcadores fisiológicos (como la fluorescencia de clorofila) para ajustar la composición gaseosa, mejorando los resultados respecto a la CA estática, aunque requiere infraestructura avanzada (Gago *et al.*, 2015).

La integridad de la cadena de frío, incluyendo enfriamiento rápido por aire forzado y refrigeración uniforme, es esencial para evitar daños por frío y crecimiento microbiano.

Además de las condiciones de temperatura y atmósfera, se han desarrollado estrategias complementarias para prolongar la vida útil y preservar la calidad del fruto durante el almacenamiento. Los recubrimientos comestibles y las modificaciones de empaque, por ejemplo, mejoran la vida útil al crear barreras semipermeables que reducen la pérdida de agua, el intercambio gaseoso, la senescencia y la descomposición.

El recubrimiento con carboximetilcelulosa (CMC) combinado con irradiación gamma de baja dosis (1.5 kGy) retrasa la descomposición y extiende la vida útil hasta 12 días después del almacenamiento refrigerado en peras Bartlett (Hussain *et al.*, 2010).

Recubrimientos de quitosano reforzados con nanocristales de celulosa (CNCs) retrasan significativamente la degradación de clorofila, reducen el pardeamiento y la senescencia, y mantienen la firmeza en peras D'Anjou y Bartlett (Deng *et al.*, 2017).

El empaque en atmósfera modificada (MAP) con películas biodegradables y componentes activos (captadores de etileno, antimicrobianos) está ganando popularidad para almacenamiento sostenible a corto plazo.

#### **4.3. Tratamientos químicos y biológicos**

Tratamientos con ácido salicílico (SA) a 2 mM reducen eficazmente el pardeamiento enzimático (inhibición de polifenol oxidasa), ralentizan la respiración y mantienen la actividad de enzimas antioxidantes durante el almacenamiento en frío de peras 'Patharnakh', mejorando la calidad y reduciendo la descomposición hasta por 60 días (Adhikary *et al.*, 2020).

Agentes de biocontrol (levaduras y bacterias) y antimicrobianos naturales (aceites esenciales) representan intervenciones no químicas prometedoras para suprimir hongos causantes de descomposición.

#### **4.4. Tratamientos físicos no térmicos**

Tecnologías emergentes como el plasma frío y el ozono gaseoso ofrecen alternativas sin químicos para el control microbiano en la superficie de las peras, minimizando la descomposición sin daño térmico. La irradiación UV-C antes del almacenamiento reduce la carga fúngica e induce metabolitos defensivos, mejorando la calidad postcosecha.

#### **4.5. Monitoreo en tiempo real y gestión de la maduración**

Sensores basados en IoT (Internet de las cosas) para temperatura, humedad, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y etileno, junto con métodos espectroscópicos (como NIR), permiten monitorear el estado fisiológico de las peras durante el almacenamiento y distribución. Esto facilita el control ambiental adaptativo, reduce el consumo energético y asegura calidad constante.

La gestión de la maduración después del almacenamiento, especialmente en peras tratadas con 1-MCP propensas al bloqueo de maduración, utiliza exposición controlada al etileno y acondicionamiento térmico (10–15 °C) para restaurar la sensibilidad al etileno y promover una maduración uniforme (Chiriboga *et al.*, 2011).

### **5. Investigación actual y perspectivas de futuro**

Desde centros como el IRTA y el Laboratorio de Fisiología y Tecnología Postcosecha, se desarrollan investigaciones sobre:

- Nuevas variedades adaptadas al cambio climático.
- Uso de tecnologías no destructivas (e.g. índice IAD).
- Evaluación del uso combinado de 1-MCP y atmósferas modificadas.
- Tecnologías de conservación naturales, seguras y sostenibles, incluyendo recubrimientos
- Tecnologías de conservación naturales, seguras y sostenibles, incluyendo recubrimientos.
- Mejora de la cadena logística mediante herramientas digitales de seguimiento

Se prevé un enfoque más interdisciplinar, integrando fisiología vegetal, ingeniería, inteligencia artificial y biotecnología para afrontar los nuevos retos de la postcosecha.

### **6. Conclusiones**

La pera es un cultivo de gran valor, pero también vulnerable a múltiples factores postcosecha. La combinación de una cosecha en el momento adecuado, el uso de variedades resistentes y la aplicación de tecnologías avanzadas permite mejorar notablemente su conservación y reducir las pérdidas.

En un contexto de cambio climático y exigencias de sostenibilidad, resulta clave seguir avanzando en innovación tecnológica y mejora genética para garantizar un suministro de peras de calidad, con mínima pérdida de valor nutricional, sensorial y comercial.

## Bibliografía

- Adhikary, T., Gill, P., Jawandha, S. K., Bhardwaj, R., & Anurag, R. (2020). Browning and quality management of pear fruit by salicylic acid treatment during low temperature storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(3), 853–862. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10692>
- Basit, A., Mueed, A., Min, L., Mingxu, N., Xin, G., Shahzad, R., Yue, W., Jia, T., & Shutian, T. (2024). Phytochemicals of nutraceutical importance from different pear cultivars in the early stage of development. *Food Chemistry: X*, 24, 102047. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.102047>
- Batlle, I., Lozano, L., Iglesias, I., Carbó, J., Bonany, J., White, A. G., Volz, R. K., & Brewer, L. R. (2008). The IRTA-HR pear scion breeding programme: Aiming for high fruit quality under warm growing conditions. In A. D. Webster & C. M. Oliveira (Eds.), *Proceedings of the Proc. Xth IS on Pear. Acta Horticulturae* (pp. 455–460). ISHS.
- Bielsa, F. J., Irisarri, P., Errea, P., & Pina, A. (2021). Genetic diversity and structure of local pear cultivars from mountainous areas from Aragon (Northeastern Spain). *Agronomy*, 11(9), 1778. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091778>
- Bonora, A., Muzzi, E., Franceschini, C., Boini, A., Bortolotti, G., Bresilla, K., Perulli, G. D., Venturi, M., Manfrini, L., & Grappadelli, L. C. (2021). Preharvest factors affecting quality on “Abate Fetel” pears: Study of superficial scald with multivariate statistical approach. *Journal of Food Quality*, 2021, 921834. <https://doi.org/10.1155/2021/921834>
- Brandes, N., & Zude-Sasse, M. (2019). Respiratory patterns of European pear (*Pyrus L.* ‘Conference’) throughout pre- and post-harvest fruit development. *Heliyon*, 5(1), e01160. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01160>
- Caracciolo, G., Maltoni, M. L., Faedi, G., Sirri, S., & Baruzzi, G. (2021). Qualitative and nutraceutical characteristics after storage of new pear selections in Emilia-Romagna region. *Agronomy*, 11(12), 2515. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122515>
- Chiriboga, M., Schotsmans, W., Larrigaudière, C., Dupille, E., & Recasens, I. (2011). How to prevent ripening blockage in 1-MCP-treated ‘Conference’ pears. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(10), 1781–1788. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4366>
- De Belie, N., Schotte, S., Lammertyn, J., Nicolai, B., & De Baerdemaeker, J. (2000). Firmness changes of pear fruit before and after harvest with the acoustic impulse response technique. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 77(2), 183–191. <https://doi.org/10.1006/jaer.2000.0579>
- Deng, Z., Jung, J., Simonsen, J., Wang, Y., & Zhao, Y. (2017). Cellulose nanocrystal reinforced chitosan coatings for improving the storability of postharvest pears under both ambient

- and cold storages. *Journal of Food Science*, 82(2), 453–462. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13620>
- Dondini, L., & Sansavini, S. (2012). European pear. In M. L. Badenes & D. H. Byrne (Eds.), *Fruit breeding* (pp. 369–413). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0763-9\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0763-9_12)
- FAO. (2025). FAOSTAT: Crops and livestock products. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Gago, C., Miguel, M., Cavaco, A., Almeida, D., & Antunes, M. D. C. (2015). Combined effect of temperature and controlled atmosphere on storage and shelf-life of ‘Rocha’ pear treated with 1-methylcyclopropene. *Food Science and Technology International*, 21(2), 94–103. <https://doi.org/10.1177/1082013213511804>
- Híc, P., Kožíšková, J., Omastová, P., Balík, J., Goliáš, J., & Horák, M. (2023). Physiochemical changes of European pear cv. Conference and Asian pear cv. Yali during cold storage. *Horticulturae*, 9(3), 378. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9030378>
- Hussain, P. R., Meena, R., Dar, M. A., & Wani, A. (2010). Carboxymethyl cellulose coating and low-dose gamma irradiation improves storage quality and shelf life of pear (*Pyrus communis* L., Cv. Bartlett/William). *Journal of Food Science*, 75(9), M586–M596. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01825.x>
- Kupferman, E. (2003). Controlled atmosphere storage of apples and pears. In J. Oosterhaven & H. W. Peppelenbos (Eds.), *Proceedings of the 8th International CA Conference*, *Acta Horticulturae* 600 (pp. 729–735). ISHS.
- Lindo-García, V., Larrigaudière, C., Echeverría, G., Murayama, H., Soria, Y., & Giné-Bordonaba, J. (2019). New insights on the ripening pattern of ‘Blanquilla’ pears: A comparison between on- and off-tree ripened fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 150, 112–121. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.01.010>
- Mao, H., Lv, Y., Chen, G., & Jiang, Y. (2022). Effects of cuticular wax on the postharvest physiology in fragrant pear at different storages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(11), 4425–4434. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11789>
- Saquet, A. A. (2019). Storage of pears. *Scientia Horticulturae*, 246, 1009–1016. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.040>
- Saquet, A. A., Streif, J., & Almeida, D. P. F. (2019). Mineral composition and distribution within ‘Rocha’ pear in relation to internal storage disorders. *Postharvest Biology and Technology*, 158, 111002. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.111002>
- Silva, G. J., Souza, T. M., Barbieri, R. L., & Costa de Oliveira, A. (2014). Origin, domestication, and dispersing of pear (*Pyrus* spp.). *Advances in Agriculture*, 2014, 541097. <https://doi.org/10.1155/2014/541097>
- Song, L., Wang, J., Shafi, M., Liu, Y., Wang, J., Wu, J., & Wu, A. (2016). Hypobaric treatment effects on chilling injury, mitochondrial dysfunction, and the ascorbate-glutathione (AsA-GSH) cycle in postharvest peach fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(22), 4665–4674. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b01585>

- Streif, J., Saquet, A. A., & Xuan, H. (2003). Ca-related disorders of apples and pears. *Acta Horticulturae*, 600, 223–230. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.600.30>
- Sun, H., Hu, K., Wei, S., Yao, G., & Zhang, H. (2023). ETHYLENE RESPONSE FACTORS 4.1/4.2 with an EAR motif repress anthocyanin biosynthesis in red-skinned pears. *Plant Physiology*, 192(4), 1892–1912. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiad332>
- U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. (2025). FoodData Central. <https://fdc.nal.usda.gov>
- Wang, K., Yin, X., Zhang, B., Grierson, D., Xu, C., & Chen, K. (2017). Transcriptomic and metabolic analyses provide new insights into chilling injury in peach fruit. *Plant, Cell & Environment*, 40(8), 1531–1551. <https://doi.org/10.1111/pce.12949>
- Zerbini, P. E. (2002). The quality of pear fruit. *Acta Horticulturae*, 596, 805–810. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.596.139>
- Zheng, P., Zhang, M., Fang, X., Tang, L., Wang, Z., & Shi, F. (2022). Analysis of the fruit quality of pear (*Pyrus* spp.) using widely targeted metabolomics. *Foods*, 11, 1440. <https://doi.org/10.3390/foods11101440>
- Zhou, H., Zhao, L., Yang, Q., Amar, M., Ogutu, C., Peng, Q., Liao, L., Zhang, J., & Han, Y. (2020). Identification of EIL and ERF genes related to fruit ripening in peach. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(8), 2846. <https://doi.org/10.3390/ijms21082846> .

**PATROCINADORES**

**ABSOGER**

**AGRICOLAT NATURESEAL**



**ESPECIALISTES EN SERVEIS PER A LA PRODUCCIÓ EDITORIAL, SL**

Doctor Manuel Candela 26, 11ª

46021 VALENCIA – ESPAÑA

Tel.: +34-649 48 56 77 / [info@poscosecha.com](mailto:info@poscosecha.com)

NIF: B-43458744

[www.poscosecha.com](http://www.poscosecha.com)

[www.postharvest.biz](http://www.postharvest.biz)

[www.bibliotecahorticultura.com](http://www.bibliotecahorticultura.com)

[www.tecnologiahorticola.com](http://www.tecnologiahorticola.com)

[www.actualfruveg.com](http://www.actualfruveg.com)