

*Desde los años 20, se han llevado a cabo muchos trabajos de investigación sobre conservación de frutos en atmósfera controlada que han aportado nuevos conocimientos sobre dicha tecnología*

## Recomendaciones para almacenamiento en Atmósfera Controlada

J. GRAELL, A. ORTIZ  
Área de Poscosecha, CeRTA,  
UdL-IRTA (Lleida)



La tecnología de la Atmósfera Controlada (AC) consiste en almacenar frutos en un recinto frigorífico en el que se sustituye su atmósfera inicial, caracterizada por una concentración de  $O_2=21\%$ , y una concentración de  $CO_2=0,03\%$ , por una atmósfera más pobre en oxígeno y más rica en anhídrido carbónico, manteniéndose un control preciso de las concentraciones de dichos gases durante el almacenamiento. En caso de aplicarse una modificación de la composición gaseosa en la atmósfera pero no existir control y regulación precisos de concentraciones de gases, se habla de Atmósfera Modificada (AM).

Los primeros estudios científicos sobre almacenamiento de frutos en atmósfera controlada fueron realizados por dos investigadores

**Manzanas y peras son productos que se adaptan especialmente bien a las condiciones de almacenamiento en atmósfera controlada.**

ingleses (Franklin Kidd y Charles West) del Ditton Laboratory en East Malling, hacia los años 20 del siglo pasado; ellos denominaron "gas storage" a este nuevo sistema que permitía prolongar la conservación de las manzanas.

Desde entonces se han llevado a cabo muchos trabajos de investigación que han aportado nue-

vos conocimientos sobre dicha tecnología. Así, Fidler y cols. demostraron a principio de los 70 que, para una temperatura de  $0-1\text{ }^\circ\text{C}$ , el nivel de  $O_2$  debe ser reducido por debajo del  $10\%$  para obtener un efecto reductor de la respiración del fruto; el nivel de  $CO_2$  debe ser incrementado de  $0$  a  $10\%$  para que se frene la respiración con el mismo grado que el conseguido por efecto de las bajas temperaturas.

La industria ha ido desarrollando innovaciones en los equipos destinados a generar y mantener concentraciones de  $O$  y  $CO_2$ .

Generalmente se acepta que las bases bioquímicas y fisiológicas que permiten explicar los efectos beneficiosos que la AC tiene sobre los productos vegetales consisten principalmente en la disminución de la intensidad respiratoria en dichos productos almacenados en condiciones de bajo  $O_2$  y/o alto  $CO_2$ . De todos modos, no deja de ser una simplificación del tema, puesto que dichas condiciones tienen una marcada influencia sobre otros parámetros o procesos relacionados con el deterioro de productos frescos en su etapa poscosecha, como son (de acuerdo con Kader, 1986): procesos metabólicos; de crecimiento y desarrollo; daños físicos; pérdida de agua; alteraciones fisiológicas o patológicas.

La AC permite obtener mejoras en conservación y calidad de diversos productos vegetales, pero a escala comercial se limita mayoritariamente a la conservación de manzanas y peras por la especial adaptación de estos productos a las condiciones de almacenamiento en

**Es especialmente necesaria una adecuada hermeticidad de las cámaras que limite la entrada de aire externo por debajo de los niveles de consumo de oxígeno respiratorio que la fruta es capaz de tolerar. Para ello se utilizan materiales que aseguran una capa hermética en todo el perímetro de la cámara**

**Cuadro 1:**

**Condiciones recomendables para la conservación en atmósfera controlada de las principales variedades de manzanas y peras\***

	Hasta los años 80				Después de los años 80				
	T (°C)	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Período (meses)	T (°C)	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Período (meses)	
<b>Manzanas</b>									<b>Principales fisiopatías en cámara</b>
Golden Delicious	0,5-2	3	2-4	8-9	0.5-2	1-1.5	2-3	9	Marchitamiento, escaldado común
Starking Delicious	1	3	2-4	7-9	0	1.5-2	1.8-2.2	7-8	Harinosidad, escaldado común
Belleza de Roma	1-3	3	1-2	7-8	0	1-2	2-3	6-8	Escaldado común
Granny Smith	0-2	3	2-3	8-9	0-2	0.8-1.2	0.8-1	8	Escaldado común, pardeam. interno
Gala	0-1	-	-	4-5	1-2	1.5-2	2	5-6	Corazón rosado, pardeam. interno
Jonagold	2-3	3	2-3	6	1-2	1.5-2	1.5-2	6-8	Pardeam. int., esc. de senescencia
Reineta	2-4	3	2-3	3-6	0-0.5	2-3	2-3	7	Marchit., escaldado de senescencia
Fuji	-	-	-	-	0-1	2-2.5	1-2	8	Pardeamiento interno, vitrescencia
Elstar	0-1.5	2	1	5-6	1-2	1.5	1-2	6-7	Pardeamiento interno
<b>Peras</b>									
Blanquilla	-0.5/+0.5	3-4	3-5	7-9	-0.5	2.5	1.5-2	8-9	Escaldado mecánico, pard. interno
Conference	-0.5/+0.5	3-4	1-2	6-8	-1/0	2	<2	7-8	Corazón pardo, descomp. interna
Buena Luisa	-0.5/+0.5	3	3	4	-0.5/0	2	2	7	Corazón pardo, descomp. interna
Passa Crassana	0/0.5	3	5	7-8	0/0.5	3	5	7-8	Pardeamiento interno
Doyenne du Comice	0	3	5	4-6	-0.5/0	2-3	2-3	5-6	Pardeamiento interno
Limonera	-1/0	15	5	2	-0.5/0	3	3	2	Esc. mecánico, pard. de senesc.
General Leclerc	0/0.5	3	5	3-4	0	2-3	2-3	5-6	Pardeam. interno, sabores extraños
Williams	0	3	5	4-5	-1/0	1-2	2-3	4-5	Escaldado de senescencia

Durán (1983), Herrero y Guardia (1992), Meheriuk (1993), Schwarz (1994), Chapon y Westercamp (1996), Kupferman (1997)

\* Estas condiciones se recomiendan a nivel general, y pueden variar (dentro de los intervalos señalados) en función de diversos factores (localidad, año, madurez en recolección, tipo de atmósfera y período de almacenamiento).

AC. Ello posibilita su almacenamiento durante períodos de hasta 9 meses en algunas variedades para retrasar su comercialización y obtener mejores precios.

Los beneficios derivados de la aplicación AC en almacenamiento de manzanas y peras son esencialmente: períodos de almacenamiento más largos, menores pérdidas de peso en el producto, incidencia de alteraciones por frío e incidencia de podredumbres, mejor retención de atributos de calidad: textura, contenido de ácidos y azúcares, color de epidermis, etc, y mayor período de comercialización a la salida de cámara.

Sin embargo, también se pueden presentar inconvenientes derivados de una mala aplicación de dicha tecnología: alteraciones en el sabor, pardeamiento externo o interno, involución de coloración de epidermis y del desarrollo del aroma del fruto a la salida de cámara. En resumen, con la técnica AC se

amplían los objetivos comerciales del almacenamiento frigorífico convencional. Por otra parte, a la hora de determinar la conveniencia de dicha técnica, habrá que evaluar el coste económico adicional que supone, y la consiguiente rentabilidad de la inversión.

**Condiciones de AC recomendadas tradicionalmente**

La atmósfera a utilizar para determinado producto se basa en las recomendaciones derivadas de investigaciones realizadas por mul-

titud de centros de investigación frutícola en todo el mundo; es necesario contrastar estas recomendaciones en cada zona concreta dada la influencia de factores ambientales sobre el comportamiento de las especies y/o variedades. En España, los trabajos pioneros de R. Alique y J.L. de la Plaza (Instituto del Frío, en Madrid) permitieron establecer recomendaciones para algunas de la principales variedades de manzanas y peras cultivadas en Aragón y Cataluña.

Hasta los años 70 y 80, la mayoría de manuales técnicos recogían los siguientes tipos de atmósferas controladas para el almacenamiento de manzanas y peras:

- **Tipo I** (AC biológica). Atmósfera con contenido de O<sub>2</sub> alto y un nivel enriquecido de CO<sub>2</sub>, la cual se genera mediante la propia respiración del producto. Prácticamente no se utiliza hoy día, pues los resultados no son muy satisfactorios ya que el porcentaje

**■ La tecnología denominada "atmósfera controlada" consiste en almacenar los frutos en un recinto frigorífico en el que se ha sustituido su atmósfera inicial por una atmósfera más pobre en oxígeno y más rica en anhídrido carbónico**

# Invernaderos y Climatización

No nos preocupan las estaciones  
Nos ocupan las cosechas

Estructuras de invernadero



Calefacción por agua



Pantallas térmicas



Pol. Ind. Oeste • C/. Ecuador, parc. 4/10  
30820 ALCANTARILLA • MURCIA  
Tel.: 968 807 368 • Fax: 968 807 533  
email: info@jhuete.com  
Web: www.jhuete.com

J. HUETE



## Hortisval, s.l.

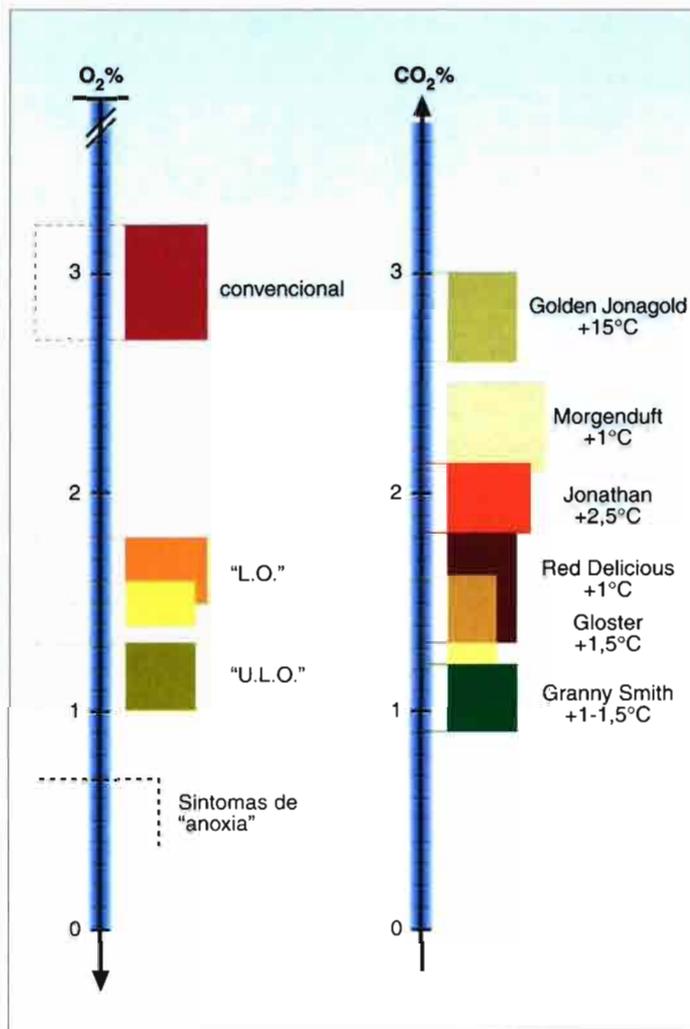
- Macetas, contenedores
- Cubetas, maceteros
- Jardineras
- Multipots
- Cañas bamboo
- Tutores musgo
- Mallas antihierbas, sombreo
- Maquinas atar, ataduras
- Etiquetas
- Protectores
- Pintura invernadero
- Otros complementos horticultura



Hortisval S.L. Calle Paiporta, 10 • 46469 Beniparell (Valencia)  
Tel. 96 120 18 40 • Fax 96 120 36 77 • E-mail: hortisval@arrakis.es

Figura 1:

Evolución del porcentaje de  $\text{CO}_2$  adoptado en las atmósferas controladas para manzanas (Nardin, 1991)



de  $\text{O}_2$  es demasiado alto y puede causar daños en la mayoría de variedades.

- **Tipo II** (AC estándar). Atmósfera con contenido de  $\text{O}_2$  entre 2 y 3% y un nivel de  $\text{CO}_2$  entre 3 y 5%. Se recomienda para la mayoría de variedades pues permite frenar eficazmente el metabolismo del fruto. La mayor concentración de  $\text{CO}_2$  ayuda a obtener una mejor conservación en general y evitar el escaldado superficial, en particular.

- **Tipo III** (AC pobre en  $\text{CO}_2$ ). Con nivel de  $\text{CO}_2$  muy bajo, manteniéndose el nivel de  $\text{O}_2$  entre 2-3%. No es tan

buen conservador como el anterior, pero es adecuado para productos sensibles al anhídrido carbónico: peras y algunas variedades de manzana.

Las mezclas gaseosas que se utilizaban en estos años eran múltiples combinaciones intermedias a las expuestas, ya que las necesidades son diferentes según especie, variedad, plantación, temperatura de conservación, estado de madurez del fruto, sensibilidad al  $\text{CO}_2$ , etc. De todos modos, hay unos límites a partir de los cuales se producen fitotoxicidades en el fruto; en este sentido, la concentración de

O<sub>2</sub> no debía ser nunca inferior al 2%, y la concentración del CO<sub>2</sub> no debía superar el 5 %.

#### Recomendaciones:

##### Atmósferas bajas en O<sub>2</sub>

La principal recomendación a partir de los años 90 ha consistido el uso de niveles de O<sub>2</sub> más bajos que en décadas anteriores, dando lugar a las "atmósferas con bajo oxígeno". En sentido estricto, hoy día se suelen distinguir las siguientes tipologías de AC:

. **AC Estándar:** 5,0% > O<sub>2</sub> > 3,0%, **Bajo Oxígeno:** 3,0% > O<sub>2</sub> > 2,0%, **Muy Bajo Oxígeno:** 1,9% > O<sub>2</sub> > 1,2%

■ **Las atmósferas controladas permiten obtener mejoras en la conservación y calidad de diversos productos vegetales. Sin embargo, su aplicación a escala comercial se limita a la conservación de manzanas y peras**

El nivel de CO<sub>2</sub> va en función de la tolerancia del producto, aunque, en general, las concentraciones utilizadas son más bajas que en las recomendaciones de años precedentes. Hay que seleccionar un nivel de CO<sub>2</sub> lo más alto posible para lograr un efecto positivo del alto CO<sub>2</sub> en la reducción del metabolismo del fruto y una reducción de costes de absorción del anhídrido carbónico, que aumenta cuando queremos mantener niveles muy bajos de este gas. En la Figura 1 se observan las recomendaciones de C. Nardin y cols., para el Alto Adige (Italia).

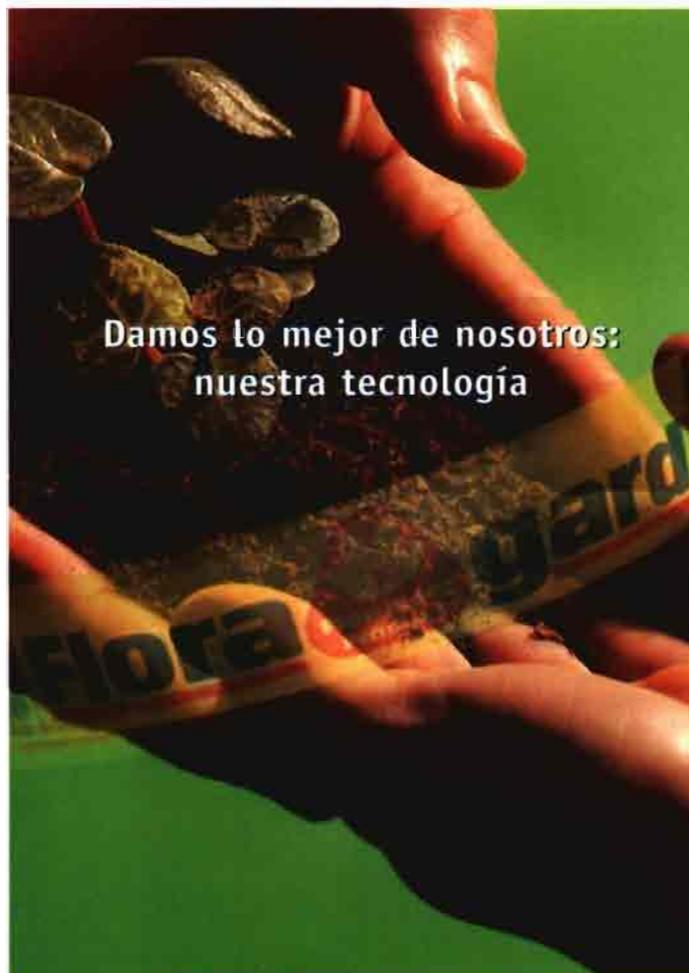
Si bien se siguen utilizando masivamente las atmósferas estándar (Cuadro 1), se

van introduciendo nuevas fórmulas gaseosas bajas en oxígeno por sus ventajas en la calidad del producto almacenado y la puesta a punto en relación a la tecnología y equipos para su correcta aplicación industrial.

Las principales ventajas de las atmósferas bajas en oxígeno, en comparación con la estándar, son una mayor duración del almacenamiento y posterior vida útil del fruto, y una mejor retención de la calidad. Los principales beneficios se refieren a atributos de aspecto externo, textura y sabor, medidos tanto con métodos instrumentales como sensoriales. Otra ventaja es la reducción de alteraciones fisiológicas de frutos almacenados en cámara frigorífica, especialmente interesante dada la creciente restricción legislativa en el uso de productos químicos poscosecha. En el caso de las podredumbres, también hay una acción beneficiosa de estas atmósferas, aunque con efectos menos marcados.

Una aplicación inadecuada puede suponer inconvenientes como el desarrollo de fenómenos de hipoxia en tejidos vegetales, que se traduce en un metabolismo anaerobio produciendo una acumulación de acetaldehído y etanol. Ello puede derivar en daños en epidermis, pulpa y corazón, con las consiguientes pérdidas de cantidad y calidad. La sintomatología de estos daños por bajo O<sub>2</sub> o por alto CO<sub>2</sub> puede visualizarse en fotografías recogidas en manuales como "Postharvest Disorders of Apples and Pears", de Meheriuk, Prange, Lidster y Porritt.

En algún caso, dichas atmósferas pueden suponer una menor síntesis de componentes volátiles y cambios en el perfil aromático de los frutos, lo cual tiene transcendencia comercial importante por el aroma que el consumidor espera de una especie y variedad determinada.



Damos lo mejor de nosotros:  
nuestra tecnología

### Asesoramiento profesional competente – la base para un cultivo con éxito

- Los asesores técnicos de Floragard disponen de altos conocimientos técnicos en horticultura.
- Nuestra red de asesores cualificados asegura un contacto permanente.

**Flora  gard**

Floragard Vertriebs GmbH für Gartenbau  
D-26138 Oldenburg

Tel (+49)4 41/20 92-167 • Fax (+49)4 41/20 92-103

Sr. Juan Galindo • E-41011 Sevilla • Tfno. 954/22 54 63  
Sr. Georg Heinz • E-18620 Alhendín (Granada) • Tfno. 958/55 82 88  
Sr. Raúl Montoro • E-46182 Paterna (Valencia) • Tfno. 961/32 30 33  
www.floragard.de/espanol • e-mail: info@floragard.de

**Equilibrio entre T, O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>**

La acción del bajo O<sub>2</sub> y del alto CO<sub>2</sub>, parámetros específicos de la AC, se fundamenta en las siguientes acciones fisiológicas:

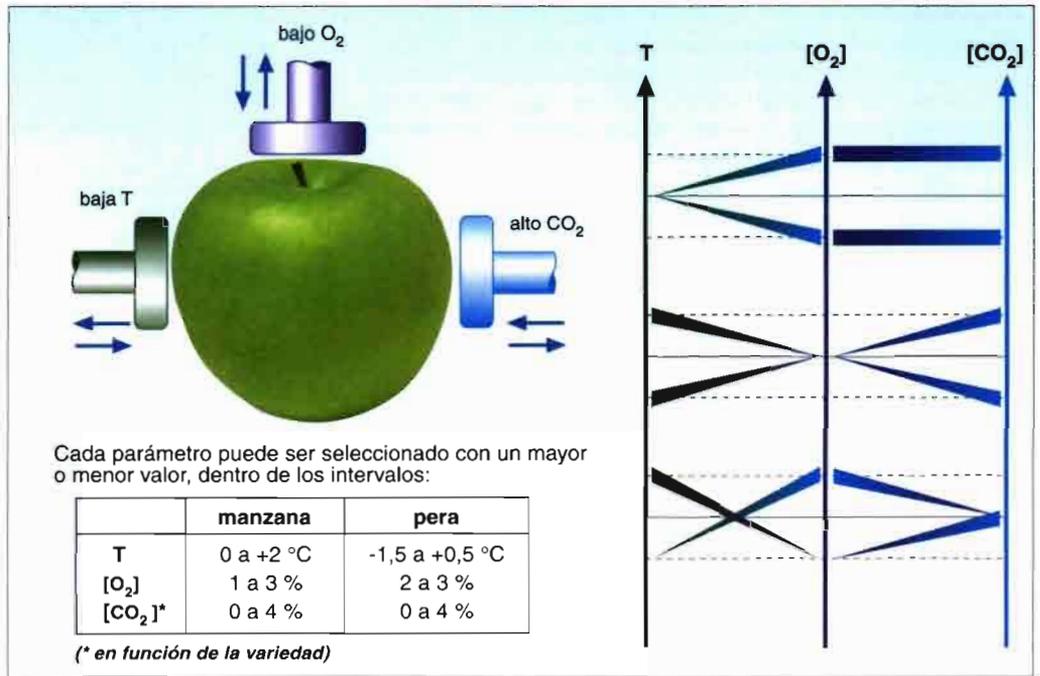
a) **Acción del bajo O<sub>2</sub>**. El descenso del nivel de O<sub>2</sub> produce una disminución de la intensidad respiratoria y menor biosíntesis del etileno. Los límites mínimos para evitar fenómenos de hipoxia en manzanas y peras se sitúan alrededor de concentraciones del 0,8-1%.

b) **Acción del alto CO<sub>2</sub>**. El aumento de nivel de CO<sub>2</sub> disminuye la intensidad respiratoria e inhibición de la acción del etileno. El nivel máximo de seguridad recomendado para manzanas y peras es de 5%, aunque algunas variedades toleran valores cercanos al 10%.

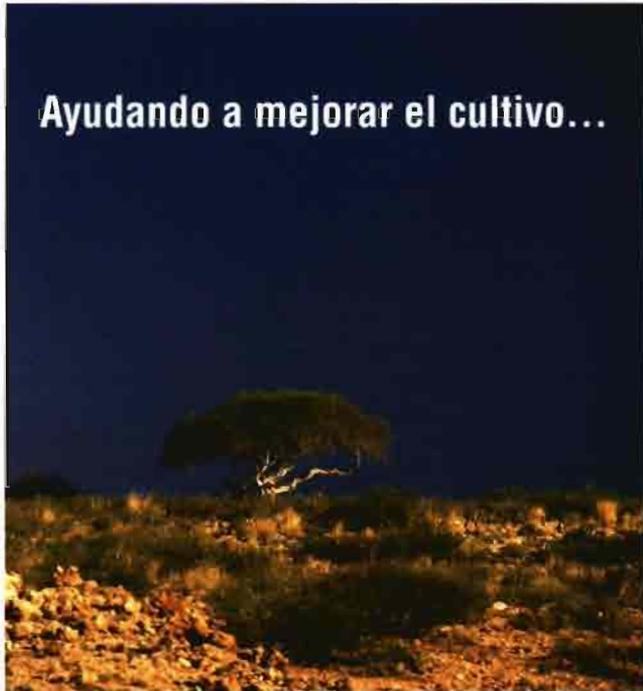
c) **Acción combinada de bajo O<sub>2</sub>, alto CO<sub>2</sub> y baja temperatura**. Los efectos combinados de estos parámetros se traducen en una acusada disminución y ralentización de la crisis climatérica y del

**Figura 2:**

**Equilibrio entre valores de T, O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> a seleccionar en los regímenes de conservación de manzanas y peras en AC**



**Ayudando a mejorar el cultivo...**



**Munters Spain S.A.**

Europa Empresarial,  
C/ Playa de Liencres Nº 2  
28290 Las Matas - Madrid  
Tfno.: 91 640 09 02  
Fax.: 91 640 11 32  
www.munters.com  
Email.: marketing@munters.es

Los sistemas CELdek de Munters maximizan la productividad de los invernaderos creando y manteniendo un clima adecuado para un crecimiento óptimo. El panel evaporativo CELdek, la amplia gama de ventiladores y sistemas de calefacción de Munters-Euroemme y los sistemas de control completan la gama de productos que forman el Concepto Munters para la Industria Hortofrutícola



proceso de maduración. La Figura 2 representa la acción conjunta de estas tres acciones en forma de tres émbolos o pistones que presionan sobre el fruto simulando mayor o menor estrés fisiológico. El equilibrio entre los tres parámetros se ha de conseguir teniendo en cuenta que la temperatura debe ser lo más baja posible, la concentración de O<sub>2</sub> debe ser lo más baja posible y la concentración de CO<sub>2</sub> debe ser lo más alta posible

Si estas tres acciones actúan reduciendo drásticamente el metabolismo del fruto, se pueden producir daños irreversibles: si se actúa presionando con dos émbolos, hay que prever cierto desahogo del producto no presionando con el tercer émbolo.

Para una segura conservación de los frutos, reduciendo el riesgo de aparición de daños por frío, por bajo O<sub>2</sub> o por alto CO<sub>2</sub>, es preciso un compromiso entre los tres parámetros. Es lógico si conside-

ramos que el nivel de oxígeno a partir del cual ocurren daños por bajo O<sub>2</sub> es dependiente tanto del nivel de CO<sub>2</sub> como de la temperatura de almacenamiento. Los daños por frío se agravan en caso de atmósferas con nivel de CO<sub>2</sub> elevado o nivel de O<sub>2</sub> excesivamente bajo.

### Instalaciones y equipos

Para aplicar con éxito dichas atmósferas bajas en O<sub>2</sub>, se impone la implementación de instalación de AC con los equipos y elementos señalados en la Figura 3, lo cual ha de asegurar la consecución

■ **A partir de los años 90, las condiciones recomendadas en AC han ido variando. La principal modificación ha consistido en recomendar niveles de O<sub>2</sub> más bajos, dando lugar a una nueva tecnología denominada "atmósferas con bajo oxígeno"**

de tres aspectos básicos:

- **Hermeticidad de cámaras frigoríficas** que limite la entrada de aire en el interior de la cámara. Se utilizan materiales que aseguran una capa hermética en el perímetro de la cámara: telas plásticas, poliéster, poliuretano, revestimientos metálicos y paneles sandwich.

Es obligado realizar periódicamente pruebas de hermeticidad para diagnosticar y corregir cualquier problema. También es necesario colocar pulmones compensatorios y válvulas equilibradoras de presión.

- **Barridos de la atmósfera:** Para obtener tiempos cortos de puesta a régimen y alcanzar niveles bajos de O<sub>2</sub>, El N puede ser suministrado en forma de gas o líquido a presión, o a partir de equipos separadores de aire.

Estos sistemas presentan, como principal ventaja técnica, una rápida capacidad de eliminación del oxígeno de la cámara, lo cual se consigue con una acción de ba-

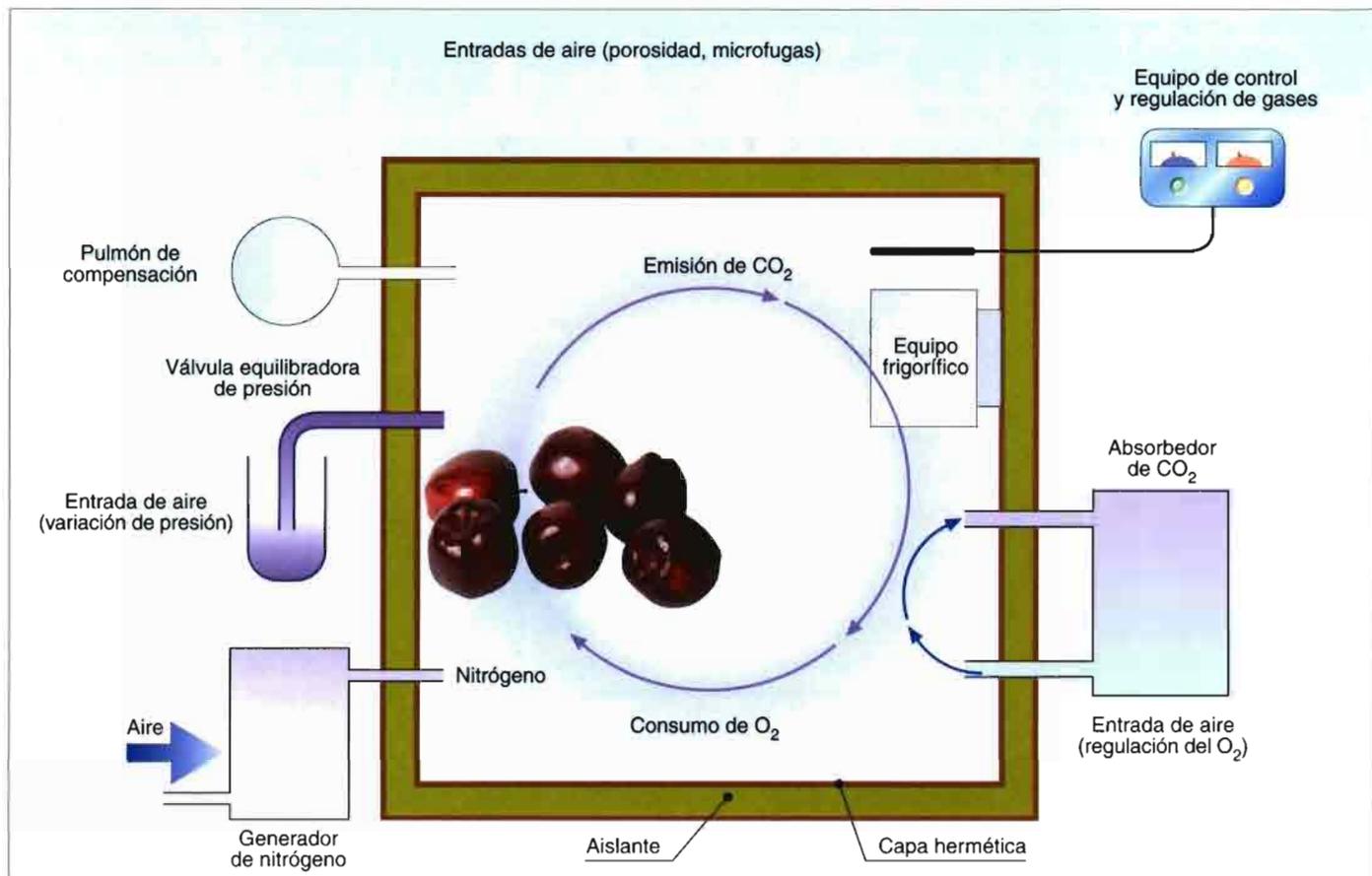


**DOSATRON**<sup>®</sup> WATER POWERED DOSING TECHNOLOGY

**DOSIFICADORES PROPORCIONALES SIN ELECTRICIDAD**

- **Números 1 en el mundo**
- **Inventores de la dosificación volumétrica sin electricidad**
- **Presente en más de 160 países (15 años en España)**
- **Más de 25 modelos**
- **Fabricación específica según necesidades**
- **Uso en control de PH, CE, fertirrigación, tratamientos fitosanitarios...**
- **Distribución en toda España**

**DOSATRON ESPADOS, S.L.**  
 Arzobispo Fuero, 46-b  
 46110 - GODELLA (Valencia)  
 Tel.: + 34 96 390 07 57 Fax. + 34 96 363 79 75  
 www.dosatron.com  
 e-mail: espados@telefonica.net

**Figura 3:****Esquema de una cámara de atmósfera controlada (Chapon y Westercamp, 1996)**

rrido que permite eliminar otros volátiles perjudiciales. Su funcionamiento puede automatizarse para que puedan entrar en funcionamiento ante cualquier variación de los niveles de gases deseados. La elección del sistema se basará en criterios técnicos y económicos, contemplando costes de inversión inicial y de explotación a lo largo de sucesivas campañas.

Los separadores de aire constituyen la última generación de equipos de AC. Permiten obtener producciones de N de decenas a centenas de Nm<sup>3</sup>/h, con purezas superiores a 95- 99%. Pueden ser tipo PSA o por membranas. Su principal inconveniente es la sensibilidad al envejecimiento de las membranas y del carbon activo, tanto más importante en cuanto que la renovación de dichos elementos supone importantes costes de explotación.

Aunque permiten eliminar el anhídrido carbónico de las cáma-

**Algunos beneficios derivados de la AC son:**  
**períodos de almacenamiento más largos,**  
**menores pérdidas de peso en el producto**  
**e incidencia de alteraciones por frío**  
**o podredumbres, mejor retención**  
**de atributos de calidad y mayor período**  
**de comercialización a la salida de cámara**

ras, es necesario contar con absorbentes de carbón activo para eliminar dicho gas; estos equipos han sufrido una gran mejora en su funcionamiento con la finalidad de mantener niveles muy bajos de CO<sub>2</sub> y no introducir oxígeno "parásito" en las cámaras.

· **Análisis y control de la composición gaseosa:** Imprescindible para evitar riesgos y daños por hipoxia, especialmente en atmósferas bajas en oxígeno. Las ins-

talaciones modernas están equipadas con analizadores electrónicos de gran precisión que permiten, con la gestión informatizada correspondiente, memorizar todos los análisis de concentraciones de gases en cámara, visualizarlos en pantalla o transcripción impresa, y actuar sobre los equipos de AC para corregir desviaciones de los valores de consigna deseados.

**Agradecimientos**

Parte de la información contenida en este trabajo ha sido obtenida a partir de los resultados de los proyectos de investigación financiados por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA): PD96-034, SC99-057 y RTA02-072.

**Para saber más**

- La Bibliografía completa de este artículo se puede consultar en [www.horticom.com?255036](http://www.horticom.com?255036)