



MANUAL DE GESTIÓN DE COSECHA Y POSTCOSECHA EN ARÁNDANOS

TÉCNICAS DE MANEJO DE COSECHA Y
POSTCOSECHA QUE PERMITEN UN MEJOR
RESULTADO EN LA MANTENCIÓN DE LA
CALIDAD Y CONDICIÓN DE LA FRUTA



Referencias:

- Comité de Arándanos de Chile
- Luis Luchsinger, Universidad de Chile
- Víctor Escalona, Universidad de Chile
- Bruno Defilippi, INIA
- Marcela Esterio, Universidad de Chile

Diseño: Alejandro Rademacher G.

Diciembre de 2018

MANUAL DE GESTIÓN DE COSECHA Y POSTCOSECHA EN ARÁNDANOS

INTRODUCCIÓN

El Comité de Arándanos de Chile, organización ligada a la Asociación de Exportadores de Frutas de Chile, A.G. (ASOEX), e integrada por las principales exportadoras de arándanos del país, tiene como misión incrementar la competitividad a largo plazo de la industria y desarrollar los mercados internacionales para los arándanos de Chile.



Foto: Comité de Arándanos

Una de las principales tareas del Comité es trabajar por una mejor calidad y condición de los arándanos frescos de exportación, lo que es fundamental para mantener y mejorar nuestra posición competitiva en los mercados externos.

Por esta razón, se ha trabajado en conjunto con diferentes actores de la industria, como centros de investigación, universidades, académicos y asesores, en diversas actividades tendientes a mejorar la calidad y condición de nuestra fruta, desde los huertos hasta la llegada de la fruta a los mercados de destino, que incluye la realización de talleres para productores y exportadores orientados a divulgar las mejores técnicas de manejo, así como la preparación de materiales impresos y disponibles en nuestro sitio web www.comitedearandanos.cl, que estamos seguros serán de su interés y utilidad.

Como resultado de lo anterior, hemos desarrollado este manual para apoyar a productores y exportadores en la ejecución de labores de cosecha y postcosecha que permitan mejorar la condición de los arándanos destinados a exportación, mediante la realización de una adecuada gestión de cosecha y postcosecha descrita en el mismo.

Índice:

1. Gestión de cosecha	3
1.1. Calidad y condición	3
1.2. Fisiología del fruto	3
1.3. Formas de cosecha	5
1.4. Inicio de cosecha	5
1.5. Durante la cosecha	7
1.6. Envases de cosecha	8
2. Gestión de postcosecha	9
2.1. Transporte intrapedrial	9
2.2. Centros de acopio pedrial	10
2.3. Técnicas de higiene y sanitización	10
2.4. Control de plagas	12
2.5. Expresión de carga fúngica	12
3. Manejo de frío	13
3.1. Los diez pasos de un túnel de aire forzado	13
3.2. Cámaras de mantención	13
3.3. Carga de camiones o contenedores refrigerados	14
4. Uso de tecnologías de postcosecha	15
4.1. Uso del dióxido de azufre (SO ₂)	15
4.3. Embalaje, uso de bolsas	19
4.4. Uso de atmósfera controlada (AC)	21
4.5. Fumigación con bromuro de metilo	23

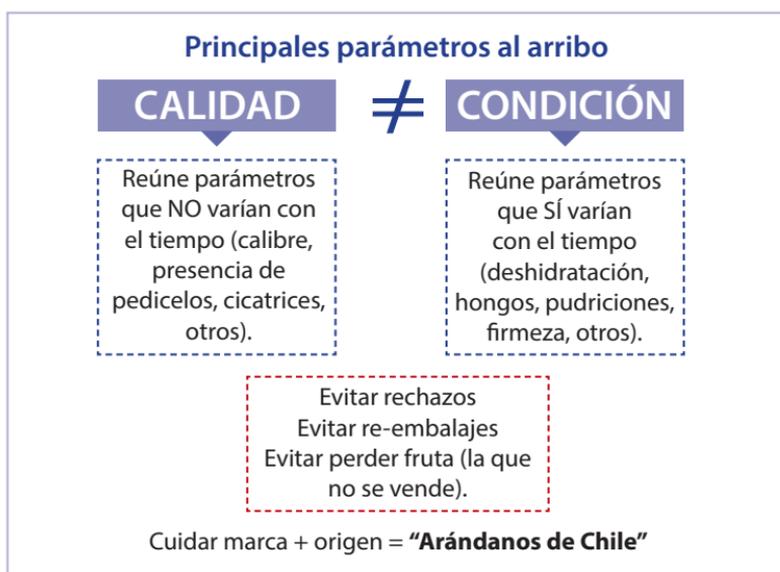
1. GESTIÓN DE COSECHA

1.1. Calidad y condición

La calidad se define como el conjunto de aquellas características que diferencian las unidades individuales de un producto y determinan el grado de aceptabilidad del comprador. En otras palabras, es un término genérico que agrupa una serie de atributos o características del producto que permiten su clasificación en categorías.

Al evaluar la calidad, se deben diferenciar los defectos de calidad de los defectos de condición. Ambos se refieren a aquellos atributos del producto que afectan su presentación diferenciándose en que los de calidad no evolucionan con el tiempo, como el calibre, la forma, etc., y los de condición si evolucionan con el tiempo, como la firmeza, deshidratación, etc.

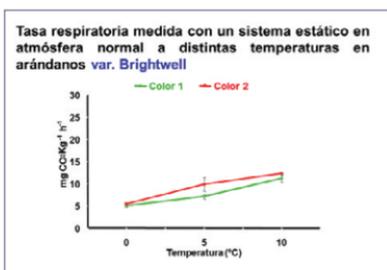
La cosecha es un punto crítico para la condición de la fruta y su aceptación en el mercado.



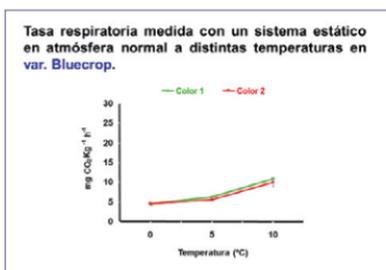
1.2. Fisiología del fruto

El arándano, corresponde a una fruta perteneciente a la especie *Vaccinium corymbosum* L. (Highbush blueberry) y a *Vaccinium virgatum* (ex *ashei* Reade) (Rabbiteye blueberry), y todos sus cultivares híbridos (con *V. darrowii*, *V. angustifolium* y otros) familia Ericáceas. Es un fruto de respiración climatérica, caracterizada por un alza respiratoria durante el periodo de maduración. Sin embargo, a diferencia de otros frutos climatéricos, los arándanos deben cosecharse cercanos a su madurez de consumo ya que sus características internas de calidad, como el sabor, no mejoran después de cosecha.

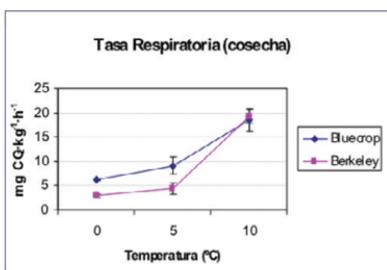
La tasa respiratoria y producción de etileno puede variar dependiendo de la variedad y de la temperatura en la cual se encuentre el fruto lo cual nos indica que debemos realizar un manejo eficiente en el enfriamiento, almacenaje y transporte de arándanos de exportación.



Fuente: Dr. Luis Luchsinger, U. de Chile



Fuente: Dr. Luis Luchsinger, U. de Chile



Fuente: Dr. Luis Luchsinger, U. de Chile

“Calor de la respiración”

Tasa respiratoria (TR) medida a 3 temperaturas en distintas variedades de arándano:

Variedad	Temperatura (°C)					
	0		5		10	
Blue Jay	M1: 7,8	M2: 8,2	M1: 10,7	M2: 11,7	M1: 18,9	M2: 20,0
O'Neill	M1: 6,3	M2: 12,6	M1: 7,1	M2: 9,1	M1: 18,2	M2: 21,1
Choice	M1: 5,8	M2: 7,1	M1: 9,4	M2: 10,5	M1: 16,0	M2: 18,8
Brightwell	M1: 5,0	M2: 5,4	M1: 7,0	M2: 9,8	M1: 11,2	M2: 12,2
Bluecrop	M1: 4,4	M2: 4,5	M1: 6,1	M2: 5,5	M1: 10,9	M2: 9,9
Elliot	M1: 4,5	M2: 4,9	M1: 8,4	M2: 6,8	M1: 10,9	M2: 10,6

Valores en mg CO₂ x kg⁻¹ x h⁻¹

Fuente: Dr. Luis Luchsinger, U. de Chile

Esto, además, porque todas las variedades de arándano se caracterizan por ser muy perecibles después de cosecha, encontrándose entre las principales causas de deterioro las pudriciones, deshidratación, pérdida de firmeza, pérdida de apariencia, y calidad sensorial.

Todo lo anterior implica que, para los arándanos chilenos, el desafío de mantener su condición hasta el consumidor final es aún mayor, ya que estamos hablando de periodos prolongados debido a la lejanía de los mercados de destino.

Tiempos de tránsito vía marítima desde Chile a los principales mercados

Destino	Tránsito (días)
Philadelphia, USA	12 - 13
Rotterdam, Holanda	20 - 28
Jeddah, Middle East	25 - 45
Hong Kong, Singapore	25 - 35 - 42
Japón	30 - 32

Dr. Luis Luchsinger, U. de Chile

1.3. Formas de cosecha

Cualquiera sea su modelo de cosecha:

1. Cosecha a granel y embalaje mecanizado.
2. Cosecha a granel y embalaje automatizado.
3. Cosecha a granel y embalaje manual.
4. Cosecha directa a clamshell.

Los manipuladores de arándanos deben conocer y aplicar los principales y más fundamentales manejos desde la cosecha a centros de acopio, para la mantención de la calidad y condición.



Recomendaciones básicas:

- Se debe seleccionar personal adecuado para la faena de cosecha.
- Se debe capacitar a los cosecheros (as).
- Se debe seleccionar los materiales de cosecha (bandejas, potes, etc.) de acuerdo a la realidad predial.
- Se debe tener supervisores: 1 cada 15, o menos.

1.4. Inicio de cosecha

Debido a la alta perecibilidad del fruto del arándano, el cosechar en el momento oportuno y el manejo adecuado de la temperatura durante la cosecha es fundamental para mantener la condición de la fruta. Para cumplir satisfactoriamente con estos requerimientos se recomienda considerar lo siguiente:

- Se debe dar inicio de cosecha por variedad.
- Se sugiere dar inicio a la cosecha con 5% de fruta madura (sobre 90% de color de cubrimiento del fruto).
- Se debe dar frecuencia de cosecha por variedad de acuerdo a las condiciones climáticas, específicamente temperatura. La frecuencia debe ser a lo menos de 5 días, como máximo.
- Se debe limpiar el huerto: fruta apta para cosecha no debe quedar en la planta.
- Horario preferente de cosecha: temprano.
- Se recomienda no cosechar sobre 30 °C.
- Trasladar la fruta al packing en el menor tiempo posible.

El efecto de la temperatura en cosecha se ilustra en la siguiente figura:



- NO se puede cosechar con lluvia ni con rocío.
- Para manejo post lluvia, preguntar a su asesor y siempre confirmar con su exportadora sobre manejo y potenciales productos a aplicar.
- Usted debe saber:

RECUERDE SIEMPRE, **LAVARSE LAS MANOS**
DE ACUERDO AL PROCEDIMIENTO CORRECTO
(DURACIÓN 20 SEGUNDOS):

1 AL COMENZAR, HUMEDECER LAS MANOS CON AGUA Y JABÓN



- Para la manipulación de la fruta las uñas deben estar cortas y limpias.

1.5. Durante la cosecha

- Se debe enseñar al cosechero/a cómo sacar la fruta de la planta:

- Tomar suavemente el fruto e individualmente entre el pulgar y el resto de los dedos al momento de sacarlo del arbusto.
- No debe sacarse más de un fruto a la vez.
- Deben transferirse inmediatamente a la bandeja o pote.
- Evitar que se aprieten con la mano.
- Evitar que el fruto se desgarre.



- Se debe usar envase de descarte para la fruta con problemas.
- No permitir que la fruta quede expuesta al sol. Debe trasladarse frecuentemente del huerto al centro de acopio (máximo cada 30 minutos).
- Los atriles y todos los materiales de cosecha, de embalaje, bandejas y pots deben estar protegidos del sol mediante el uso de sombreaderos.



CUIDADOS:

- Descartar fruta golpeada o en malas condiciones.



- Descartar fruta con heridas.



- Evitar mezclar fruta de diferentes sectores o lotes.



- Descartar fruta que esté sobre madura.



- Descartar fruta con falta de Bloom (pruina).



- Se debe capacitar al personal de packing y cosecha sobre los insectos cuarentenarios.
- No se permite la presencia de insectos en los clamshell.
- Manejar materiales de embalaje y/o cosecha siempre paletizados, no dejar sobre el suelo, lugares sucios o con malezas.

1.6. Envases de cosecha



- Todo material o equipo que entra en la zona de cosecha, tenga o no contacto directo con la fruta, puede convertirse en una fuente de contaminación para la misma, se debe tener un programa de limpieza.
- El diseño y las dimensiones de envases para cosecha a granel deben elegirse considerando favorecer el enfriado del producto y minimizar daños por presión a la fruta. El uso de éstos durante la cosecha debe hacerse respetando los volúmenes o pesos máximos recomendados.
- Evitar el uso de materiales de cosecha en actividades ajenas a la cosecha.
- El lavado y desinfección de materiales de cosecha se debe realizar todos los días, al finalizar la faena de cosecha.

• Procedimiento:

- Humedecer el contenedor con agua limpia.
- Agregar jabón.
- Frotar con una fibra o cepillo hasta remover la materia orgánica adherida.
- Enjuagar el contenedor con agua limpia.



- Sumergir el contenedor en una solución clorada de 200 ppm (en el caso de los campos orgánicos ver opciones), durante 1 minuto como mínimo.
- Dejar escurrir el contenedor.
- Guardar los contenedores en un lugar seguro donde se prevenga la contaminación.

NOTA: Si usted cuenta con un sistema de lavado automático de bandejas, asegúrese de que esté en buenas condiciones de funcionamiento.

2. GESTIÓN DE POSTCOSECHA

Una vez cosechada la fruta, controlar la cadena de frío y dar trazabilidad a los puntos críticos en postcosecha es fundamental para mantener su condición.

2.1. Transporte intrapredial



El transporte también influye en la condición de la fruta, y puede convertirse en fuente de contaminación para ésta al acumular bacterias y hongos por el uso.

Precauciones:

- El transporte debe ser suave, evitando golpes y resguardando la fruta del sol, viento y polvo.
- El carro de arrastre u otro medio de transporte que sea destinado a transportar la fruta desde la cosecha al packing o centro de acopio intrapredial, sólo debe usarse para tal fin.
- Si el vehículo se usa para transportar otro material, debe lavarse y desinfectarse antes de volver a transportar fruta.
- En ningún caso puede ser usado para transporte de animales o pesticidas.
- Utilice para el lavado sólo la fuente de agua de calidad potable.
- Evite mezclar el jabón con el cloro.
- Utilice jabones para remover grasas.
- Frecuencia: al menos una vez a la semana, o antes si las condiciones de limpieza son cuestionables.

Procedimiento:

- Barrer el polvo y basura del piso del transporte.
- Con una escoba o cepillo (designado sólo para esto) y la solución de jabón, escobille el piso del transporte.
- Enjuague con agua limpia.
- Aplique en el piso una solución de cloro.

NOTA: Prefiera productos biodegradables.

2.2. Centros de acopio predial

Deben conocer y aplicar los principales y más fundamentales manejos de postcosecha para la mantención y calidad del arándano.

- Si el predio no cuenta con cámaras de frío
 - La fruta debe mantenerse en un ambiente sombrío y fresco, tanto fruta a granel como embalada.
 - La fruta debe ser despachada al menos dos veces al día a centro de acopio refrigerado.
- Si el predio cuenta con cámara de frío, esta debe estar a una temperatura de $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$.
 - La fruta debe entrar lo más pronto posible al frío, y debe mantenerse a una temperatura donde sea equivalente a la de los camiones con los que es retirada.
 - La cadena de frío se debe controlar y dar trazabilidad a los puntos críticos.
 - Es altamente recomendable el uso de pre-frío (túnel de aire forzado) para bajar rápidamente la temperatura de campo, antes del ingreso a la cámara de frío.
- Se debe evitar la contaminación en cámara:
 - Evitar cámaras llenas.
 - Evitar quiebres en cadena de frío.
 - Tener programa de limpieza que debe considerar:
 1. Frecuencia: se debe realizar a principios de temporada y por lo menos a mediados de temporada.
 2. Usar productos sanitizantes autorizados y en las dosis adecuadas.
 3. Limpiar paredes, puertas y pisos.
 4. Toma de muestras y chequeos continuos.
- Debe haber un manejo de la carga en la cámara, evitar mezclar fruta IQF o congelado con fruta a proceso o embalada.
- Evitar apertura de puertas.

2.3. Técnicas de higiene y sanitización

Al igual que los contenedores de cosecha, en el transporte intrapredial y centros de acopio, al momento de embalar se deben tener en cuenta técnicas de higiene y sanitización en el packing, superficies de embalaje, material de embalaje y pocillos de exportación.

En el packing

- Deben mantenerse limpios y ordenados:
 - Mesones, equipos y líneas de selección en forma diaria, al final de cada turno o cada vez que exista cambio de lote a procesar.
 - Piso en forma diaria al final de cada turno.
 - Equipos de refrigeración, ventiladores, evaporadores, bandeja del evaporador, techos y paredes, al menos al inicio de la cosecha y luego repetir, a mediados de la temporada, cuando el packing no esté trabajando.

- Recuerde hacer un buen lavado de manos al manipular la fruta.

Superficies de embalaje

Las superficies deben ser lavables, no porosas e impermeables.

- Lavado de la mesa:
 - Al menos una vez al iniciar la jornada de trabajo y cada vez que sea necesario a lo largo del día de trabajo.
 - Humedezca la superficie con agua limpia.
 - Agregue una solución de jabón (evite usar jabón alcalino).
 - Frote la superficie con una fibra.
 - Enjuague con agua limpia.
- Usted debe saber:
 - Lavar la mesa no ayuda a remover materia orgánica y suciedad.
- Desinfección de mesa (después de lavar la mesa):
 - Prepare una solución de cloro de 200 ppm. Para campos orgánicos o en transición debe desinfectar la mesa con una solución alternativa.
 - Aplique con un atomizador sobre toda la superficie a tratar.
 - Deje actuar el cloro por un periodo de tiempo de 60 segundos como mínimo.
 - Limpie la mesa con una toalla de papel desechable. Evite usar franelas.
 - Registre el lavado y la desinfección.
- Usted debe saber:
 - Desinfectar nos ayuda a matar las bacterias y hongos que quedaron después del lavado. Sin lavar previamente, no sirve de nada.

Material de embalaje:

- Usted debe saber:
 - El material de empaque puede contaminarse y contaminar a su vez la fruta si el manejo no es adecuado.
- Evite poner las cajas y clamshell sobre el suelo. Siempre utilice tarimas y/o carros de cosecha.
- Evite usar material de empaque para poner en ellos otros productos u objetos.
- Deseche todo material de empaque que se haya utilizado para poner en ellos otros productos u objetos o con presencia de materia extraña (polvo, líquidos, etc.).

Pocillos de exportación:

- Usted debe saber:
 - Limpiar cualquier material. Si no lo hacemos adecuadamente podemos, en lugar de limpiarlo, ensuciarlo más.
 - Separe los clamshell manchados con jugo de fruta en una caja.
 - Evite dejarlos sobre la tierra o cualquier otra superficie sucia.
 - Coloque los clamshells dentro de una caja limpia.

2.4. Control de plagas

En packing, centros de acopio, bodegas de materiales, se debe tener un programa de manejo y control de plagas:

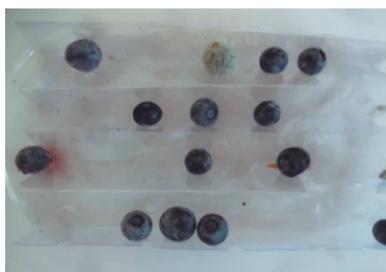
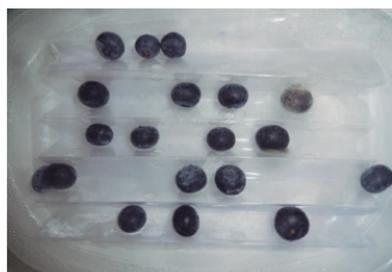
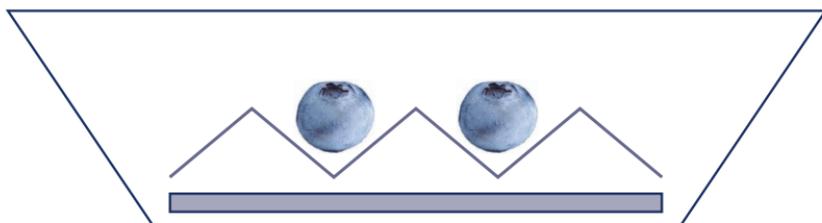
1. Uso de productos con registros.
 - Cumplir con las carencias.
 - Cumplir con LMR permitidos.
 - Está prohibido usar productos no autorizados.
 - Está prohibido usar productos sin registros.
2. Efecto residual + aplicaciones periódicas = cubrimiento adecuado.
3. Trampas y monitoreos en las periferias.
4. Atención a cumplir normas (BPA/BPM, GLOBAL-GAP/HACCP/BRC/Otras).
5. Se debe elegir una empresa que esté autorizada por el MINSAL.

2.5. Expresión de carga fúngica

Esta se logra por medio de la **metodología de cámara húmeda**.

Materiales para una cámara húmeda:

- Potes plásticos cerrados.
- Papel absorbente humedecido.
- Lámina de plástico con orificios, que separe el papel absorbente humedecido de la fruta.



Fotos: Comité de Arándanos

Pasos para el montaje de una cámara húmeda:

- 1) Lavado de manos.
- 2) Uso de guantes.
- 3) Sanitización (limpiar con papel desechable mesones y superficies con alcohol 96%) del lugar donde se montará y guardará la cámara húmeda.
- 4) Sanitización de potes y láminas de plástico: lavarlos con cloro y posteriormente limpiar con algodón con alcohol al 96%.

- 5) Papel absorbente de uso exclusivo (idealmente estéril), guardarlo y manipularlo con guantes.
- 6) Agua estéril (en su defecto agua hervida por 5 minutos).

Condiciones de incubación

- Temperatura ideal de incubación $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Temperaturas superiores pueden provocar el desarrollo de bacterias en desmedro del hongo que se busca.
- La fruta no debe tocar la humedad, para evitar maceración de la piel.

Evaluaciones:

- El tiempo de incubación depende del microorganismo que se busque.
- Evaluación: al día siguiente, 3 y 7 días hasta 14 días para *Botrytis*.
- Siempre revisar para que no haya desarrollo excesivo de otros patógenos que no permita identificar lo que se busca.

3. MANEJO DE FRÍO

3.1. Los diez pasos de un túnel de aire forzado

Se debe enfriar lo más rápido posible, para lo cual entregamos los pasos más importante para este proceso.

Los diez pasos de un túnel de aire forzado:

1. Limpieza general + verificar deshielos evaporadores.
2. De ser necesario incorporar agua al ambiente.
3. Cargar túnel en forma ordenada y homogénea (pallets lentos de enfriar van en la zona de los ventiladores).
4. Evite ciclos cortos sellando bien entre los pallets y en su base (usar esponjas), en ambos lados del pallet.
5. Llenar planillas de control del proceso de enfriamiento.
6. Colocar sensores de termometría (pulpa y aire).
7. Iniciar túnel (verificar cada 1 hora la temperatura del aire a la salida del evaporador).
8. Se debe utilizar y seguir un protocolo de enfriamiento.
9. De ser necesario realizar re-direccionamiento del aire o la inversión de los pallets.
10. ¿Problemas?, llame al supervisor!



3.2. Cámaras de mantención

- Chequee constantemente la calibración y el funcionamiento de sensores y termómetros.
- El sensor del termostato debe estar a la salida del evaporador, no en el retorno.
- No colocar pallets bajo los evaporadores, y dejar un espacio entre ellos.
- Instruya a su personal sobre condiciones óptimas de almacenaje refrigerado según temperatura mínima aceptable.
- Mantenga alta humedad relativa (85-95% HR).
- Controle diariamente (mañana y tarde) y lleve registro de T° y HR.
- Programe los deshielos.



3.3. Carga de camiones o contenedores refrigerados

- Verifique set point de temperatura y apertura de lampa solicitada (contenedores).
- Los camiones deben contar con manga de distribución del aire.
- Chequee la temperatura de cada pallet al cargar.
- Utilice plano de estiba y siga protocolo para cargar contenedores.
- Coloque termógrafos para monitorear temperatura de tránsito (2 para contenedores).
- Instruya al personal a cargo: estiba, temperatura en tránsito, apertura de lampa y registro de cadena de frío.

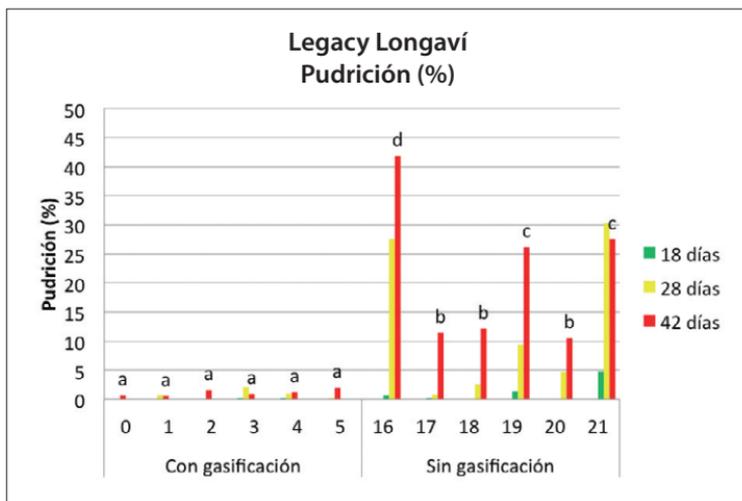
4. USO DE TECNOLOGÍAS DE POSTCOSECHA

4.1. Uso del dióxido de azufre (SO₂)

El dióxido de azufre (SO₂) es un gas incoloro, que bajo presión es un líquido y a presión atmosférica se gasifica. Se disuelve fácilmente en agua. Una vez disuelto en agua, el dióxido de azufre puede formar ácido sulfuroso.

Para aquellos mercados donde está permitido, el SO₂ se utiliza como fungicida y fungistático.

A modo de ejemplo, mostramos en el siguiente gráfico, el efecto del Anhídrido sulfuroso sobre las pudriciones, el cual es relevante y significativo sobre las pudriciones a los 18, 28 y 42 días a 0 °C (+ 1 día a 20 °C).



Existen dos formas de uso de SO₂ en postcosecha:

- Aplicación de anhídrido sulfuroso en cámara de gasificación.
- Uso de generadores de anhídrido sulfuroso.

3.1.1. Metodología de aplicación de dióxido de azufre en cámara de gasificación:

Bajo condiciones normales de aplicación, el dióxido de azufre no debería blanquear fruta sana; blanquea por las fisuras o heridas, y también blanquea cuando hay agua libre, ya que con el SO₂ se genera ácido sulfúrico y se puede partir la piel, por lo tanto, con rocío no se puede gasificar.

Cada variedad debe ser evaluada a pequeña escala antes de realizar aplicaciones comerciales.

Características recomendadas de la cámara de aplicación de SO₂

<p>A</p>	<p>Se requieren ventiladores potentes, ya que es necesario que el gas llegue a toda la fruta en el menor tiempo posible. En términos generales se recomiendan ventiladores que tengan un caudal de aire total de 350 a 400 m³/hora por cada m³ de cámara.</p>	
<p>B</p>	<p>La cámara no podrá estar ubicada a una distancia inferior a 10 m de cualquier instalación de la empresa en la cual permanezcan trabajadores ajenos al proceso de fumigación, ni a menos de 30 metros de distancia de los muros medianeros. El extremo del tubo de evacuación debe estar mínimo a 10 m del suelo ó 2 m sobre la cumbrera. El diámetro del tubo de evacuación debe tener el mismo diámetro del ventilador. El extremo del tubo de evacuación no debe tener barreras que impidan la libre evacuación. Se recomienda usar codo circular en la salida.</p>	
<p>C</p>	<p>La cámara no puede estar a pleno sol. Debe estar con sombra en una zona con malla rachell, para no afectar la condición de la fruta.</p>	
<p>D</p>	<p>Las cañerías del gas no deben quedar sobre la fruta y previo a la inyección, el SO₂ líquido debe pasar por un calefactor (40 a 45 °C) para facilitar su gasificación.</p>	

Fuente: Comité de Arándanos, Fundación para el Desarrollo Frutícola y Luis Luchsinger, Ing. Agrónomo, Ph.D. CEPOC, Fac. de Cs. Agronómicas, Universidad de Chile.

Etapas del proceso de gasificación

1. Inyección: procedimiento mediante el cual se inyecta el SO₂ por las tuberías con el fin de realizar la gasificación. Se utiliza un sulfodosificador.
2. Gasificación: proceso en el cual el SO₂ entra en contacto con toda la fruta, en el menor tiempo posible.
3. Ventilación: proceso mediante el cual se extrae el gas para remover eficientemente todo el gas que está en la cámara de gasificación.

El tiempo del proceso de aplicación de SO₂ dependerá del diseño y tamaño de la cámara, además de la dosificación.

Proceso de aplicación de SO₂

A	El tiempo de gasificado debe ser el mínimo. El arándano es extremadamente sensible a la deshidratación. Es importante que la temperatura de la fruta no suba más que la temperatura a la que viene de campo.																																						
B	Se debe tener precaución en no realizar la gasificación a primera hora del día, debido al posible rocío de la mañana. El agua libre sobre la fruta con SO ₂ puede generar microfisuras en la piel, lo que se traduce en blanqueamiento del fruto.																																						
C	Al momento de la evacuación, se deben abrir escotillas, ó levemente una de las puertas (5 cm), para permitir un adecuado flujo de evacuación del gas.																																						
D	Se debe registrar el proceso en una planilla de control, identificando:																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Cámara</th> <th rowspan="2">Nº vale</th> <th rowspan="2">Sector</th> <th rowspan="2">Variedad</th> <th rowspan="2">Nº cajas</th> <th rowspan="2">Dosis (g SO₂)</th> <th colspan="4">Datos de proceso (tiempo)</th> </tr> <tr> <th>Inicio inyección</th> <th>Inicio gasificación</th> <th>Inicio ventilación</th> <th>Apertura de puerta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> </tr> </tbody> </table>		Cámara	Nº vale	Sector	Variedad	Nº cajas	Dosis (g SO ₂)	Datos de proceso (tiempo)				Inicio inyección	Inicio gasificación	Inicio ventilación	Apertura de puerta																								
Cámara	Nº vale							Sector	Variedad	Nº cajas	Dosis (g SO ₂)	Datos de proceso (tiempo)																											
		Inicio inyección	Inicio gasificación	Inicio ventilación	Apertura de puerta																																		

Fuente: Comité de Arándanos, Fundación para el Desarrollo Frutícola y Luis Luchsinger, Ing. Agrónomo, Ph.D. CEPOC, Fac. de Cs. Agronómicas, Universidad de Chile.

Dosis de SO₂ a utilizar

El valor mínimo de concentración por tiempo (CT) para una adecuada gasificación con dióxido de azufre, son 100 ppm-hora, esta dosis destruye sólo las esporas y micelio de Botrytis. Sin embargo, Penicilium se controla con 200 ppm-hora.

CT = concentración SO₂ promedio (ppm) x tiempo de gasificación (hora)

La CT debe ser monitoreada mediante tubos de medición pasiva de SO₂. Para esto es necesario poner un tubo al lado de la puerta de la cámara (cuando está vacía) justo antes del proceso, para poder extraerlo con facilidad al inicio de la ventilación. Otra medición se realiza cuando la cámara está llena; se debe ubicar un tubo al centro de un pallet y caja, para verificar la correcta distribución del gas en la cámara. Este tubo se extrae inmediatamente al final del proceso.

Para dosificar (gr de SO₂ a aplicar en la cámara) se debe inyectar X cantidad de SO₂ por un tiempo Z para lograr el CT deseado.

Ejemplo específico: en una cámara de 41 m³ se inyectan 400 g de SO₂ por 1 minuto y se gasifica por 5 minutos. Al sacar el tubo dosímetro, ubicado en la puerta de la cámara, debería registrar 200 ppm-hora. Posteriormente, se evacua hasta no presentar olor característico o sea molesto para el operario.



Tubo dosímetro, para la determinación de ppm-hora de SO₂ (Fuente: Comité de Arándanos)

3.1.2. Uso de generadores de dióxido de azufre

El uso de generadores de anhídrido sulfuroso ayuda a disminuir el porcentaje de pudriciones, tanto en fruta no gasificada como gasificada en cámara.

Dependiendo del generador, presentan fase lenta y/o fase rápida.

- **Fase rápida (fungicida):**

Tiene como objetivo eliminar esporas de Botrytis presentes al momento de empacar la fruta. Durante esta fase las concentraciones de SO₂ son muy altas. Esta acción se produce en las primeras horas de instalado el dispositivo en la caja.

- **Fase lenta (fungistático):**

Tiene como objetivo inhibir y prevenir la germinación de esporas de Botrytis que aun permanezcan en la fruta. Esta acción ocurre en toda la duración del dispositivo, y se busca obtener bajas concentraciones de SO₂, pero estables.

Verificar que el generador sea colocado de manera correcta según lo indicado por el proveedor, considerando además el mercado de destino (registro de uso y tiempo de viaje).

4.3. Embalaje, uso de bolsas

El arándano pierde aproximadamente entre 6 y 7% de su peso fresco desde la cosecha hasta el final del almacenamiento, cuando no existen estrategias de protección ante la pérdida de agua desde el fruto. Bajo este escenario, se han podido observar importantes síntomas de deshidratación visual y el consecuente aumento del ablandamiento del fruto al final del periodo de almacenaje.

La utilización de bolsas permite evitar la deshidratación de la fruta, ya que funcionan como una barrera al paso del aire, manteniendo una humedad relativa alta al interior de la bolsa.

En el mercado se encuentran bolsas de Atmósfera Modificada (AM) de diferentes polímeros plásticos, los que se diferencian en su permeabilidad a los gases (O_2 y CO_2) y al vapor de agua:

Permeabilidad de diferentes polímeros plásticos (25 μ m, p atm, 0°C)				
Material	Permeabilidad (P)			P_{CO_2}/P_{O_2} (β)
	O_2 ($mL\ d^{-1}\ m^{-2}$)	CO_2 ($mL\ d^{-1}\ m^{-2}$)	Vapor de H_2O ($g\ d^{-1}\ m^{-2}$)	
Polietileno baja densidad	6.000 – 7.920	30.000 – 40.800	14,4 – 19,2	5,0 – 5,2
Polietileno alta densidad	480 – 1.920	6.960 – 7.920	4,8 – 6,0	4,1 – 14,5
Polipropileno	1.920	7.920 – 12.000	7,2 – 9,6	4,1 – 6,3
Copolímero acetato vinil etileno (EVA)	9.000 – 12.000	SI	19,2 – 48,0	SI
PVC	192 - 960	3.000 – 6.000	24 - 48	6,3 - 15,6
Poliestireno	4.560 – 5.040	12.960	139,2 – 148,8	2,8 – 2,6
Nylon 6	48 - 144	144 - 288	240	2,0 - 3,0
Nylon 11	280 - 480	1920	60 - 96	4,0 - 6,9
Polycarbonato	1.440 – 4.080	SI	96	SI
Acetato de celulosa	1.920 – 3.000	9.600 – 48.000	1.440	5,0 – 16,0
Celulosa regenerada MS	9,6 – 12,0	48 - 60	9,6 – 12,0	5,0

Fuente: Reid y Serek (1999), adaptada

Las bolsas que se encuentran en el mercado, además del tipo de polímero plástico, presentan diferentes espesores (micrones de espesor), porcentaje de ventilación (0,1; 0,3; 0,6 y 0,9%), tamaño de perforaciones, tipos de sellado.

Tipos de bolsas

Microperforada	Macroperforada	Atmósfera modificada (AM)
		

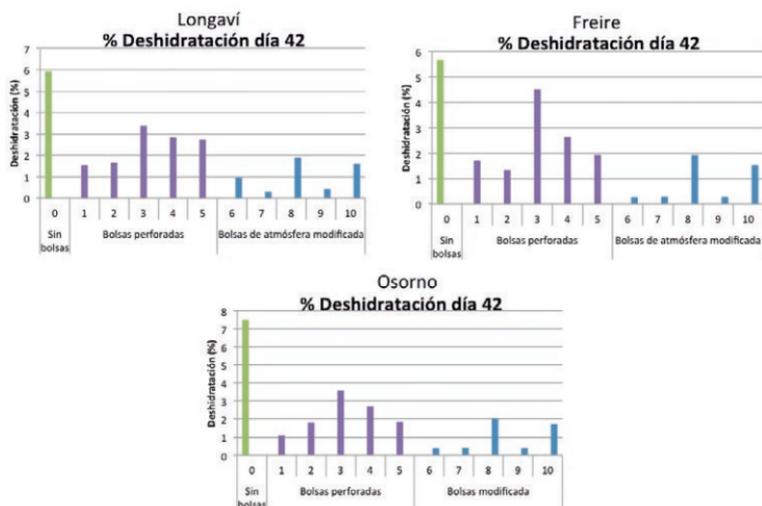
Fotos: Comité de Arándanos

Tipos de sellado de bolsas

Nudo	Traslapada	Slider	Termosellado
			

Fotos: Comité de Arándanos

Legacy - Deshidratación (%) – 42 Días



Fuente: Comité de Arándanos de Chile, 2016

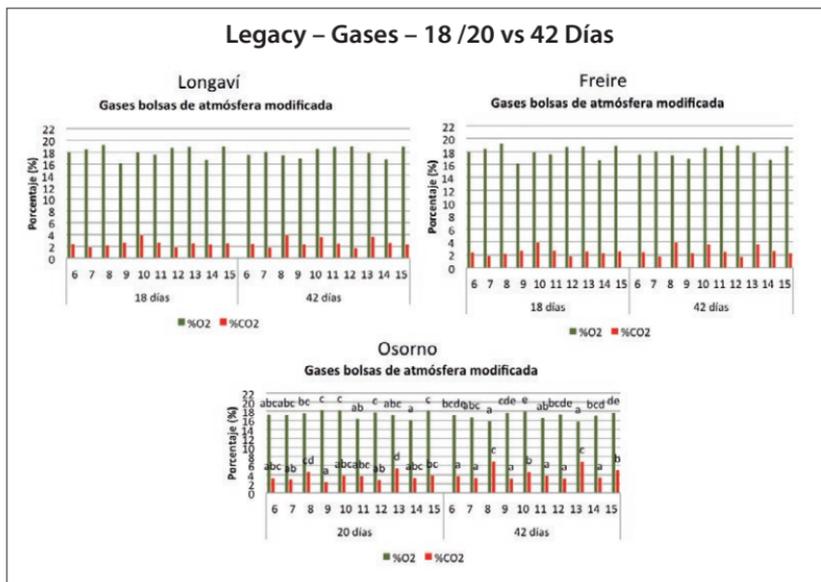
Al utilizar esta tecnología es importante considerar:

- El uso de bolsas obstaculiza el proceso de enfriamiento de la fruta, lo que obliga a tener procesos de pre frío más prolongados y contar con túneles de mayor capacidad de enfriado.
- Verificar que la fruta almacenada con esta tecnología tenga una temperatura de pulpa de 0 °C o menor, para evitar condensaciones y posteriores pudriciones.
- Capacitar y verificar que el uso sea el correcto, según la pauta de embalaje.
- Incluir dentro de las operaciones del packing, la colocación de las bolsas.

La implementación y uso de tecnologías de bolsas o tipos de bolsas (bolsa perforada o AM) dependerá de la capacidad de infraestructura y operación de las empresas exportadoras. Para ello, deben seleccionar el sistema que sea más fácil de implementar y manejar durante toda la cadena, entendiendo los beneficios, limitaciones y riesgos de los diferentes tipos de bolsas ofrecidas en el mercado.

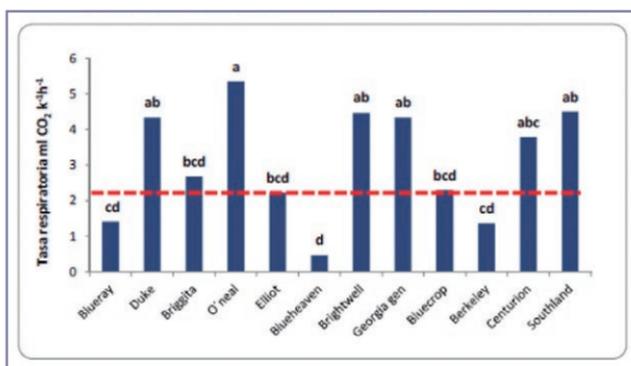
Es importante seguir las recomendaciones del proveedor de las bolsas y, además, solicitar los niveles de gases de CO₂ y O₂ que se pueden alcanzar. Puede solicitarse información al Comité sobre los niveles de gases obtenidos en diferentes tipos de bolsas de AM, en ensayo realizado el 2016.

En ese contexto, es importante destacar que la atmósfera modificada no se recomienda para envíos a Estados Unidos, debido a que ese mercado exige que se realice una fumigación en origen o destino con bromuro de metilo (CH₃Br). Cabe destacar que esta sustancia tiende a ablandar levemente los frutos.



4.4. Uso de atmósfera controlada (AC)

Es una tecnología usada principalmente en contenedores de arándanos para prolongar su vida de postcosecha. Consiste en una regulación programada de gases (O_2 y CO_2), manteniendo sus niveles en forma automática durante todo el almacenamiento de la fruta, independizándose de las características de la fruta (tasa respiratoria, temperatura; de la cubierta o film (permeabilidad principalmente) y del ambiente (temperatura), diferenciándose de la atmósfera modificada donde los niveles de los gases son dependientes de estos factores.



Tasa respiratoria en distintas variedades de arándanos.
Defilippi y Robledo, 2013. www.inia.cl/postcosecha

El principal efecto de ambas técnicas, atmósfera controlada y modificada, sobre la fisiología de la fruta es la disminución de la actividad metabólica y el control de hongos.

Para determinar qué concentración de gases utilizar para alcanzar un máximo beneficio, se debe considerar la susceptibilidad de cada variedad a bajos niveles de O_2 y altos de CO_2 . Bajos niveles de O_2 (<2%) y altos de CO_2 (25%) pueden desarrollar procesos metabólicos que resulten en el desarrollo de sabores o aromas extraños en la fruta, pardeamientos o decoloraciones y una mayor incidencia de pudriciones.

Tolerancia a las bajas concentraciones de O₂

Mín. [O ₂] (%)	Producto
0,5	Frutas y hortalizas secas
1	Algunas variedades de manzanas y peras
2	Mayoría de las manzanas, peras, duraznos, cerezas, berries , papaya, piña, etc.
3	Palta, caqui, berries
5	Cítricos

Fuente: Kader, 2002.

Tolerancia a las bajas concentraciones de CO₂

Mín. [CO ₂] (%)	Producto
2	Manzana (GD), pera, damasco, aceituna, pimienta dulce, lechuga, apio, alcachofa
5	Mayoría de las manzanas, nectarinas, duraznos, ciruela, naranja, palta, plátano
10	Limón, lima, piña, pepino, brócoli, cebolla, ajo, papa
15	Berries , cereza, higo, cantapoupe, champiñón, espinaca

Fuente: Kader, 2002.

La efectividad en la reducción del desarrollo de hongos mejora y se estabiliza cuando la concentración de CO₂ supera el 8%. Sin embargo, trabajar con niveles muy altos de CO₂ (mayores a 15%) produce efectos negativos sobre la firmeza del fruto, aumentando la proporción de frutos blandos luego del almacenaje, en algunas variedades.

El daño potencial por altos niveles de CO₂ estará condicionado por el nivel alcanzado, el tiempo de exposición a este nivel y la variedad utilizada. Se ha visto este efecto negativo en algunas variedades cuando se alcanzan niveles de CO₂ superiores al 10%, mientras que otras toleran hasta 15%.

Asimismo, estabilizar la concentración de oxígeno en niveles muy bajos, es riesgoso para el desarrollo de problemas de fermentación o sabores extraños en el fruto, sobre todo cuando no se tiene un completo control de la temperatura en postcosecha.

En la actualidad, existe una amplia oferta de combinatorias de gases en atmósfera controlada para la industria. No obstante, se debe tener siempre en cuenta que existe una sensibilidad varietal al desarrollo de efectos negativos, que se asocia a concentraciones altas de CO₂. Dentro de este ámbito, ante el no conocimiento del completo comportamiento, según variedad y edad del fruto, se recomienda utilizar niveles cercanos al 12% de CO₂ y 5% de O₂. Mayor investigación varietal se debe realizar en este ámbito.

Cabe destacar que la atmósfera puede ser utilizada para transporte, pero no para comercialización.

Condiciones de conservación para frutas

Fruta	Temperatura (°C)	AC		Aplicación
		% O ₂	% CO ₂	
Mora	0 - 5	5 - 10	15 - 20	Pallet en transporte
Arándano	0 - 5	2 - 5	12 - 20	Uso limitado en transporte
Cereza dulce	0 - 5	3-10	10 - 15	Pallet o contenedores en transporte
Higo	0 - 5	5 - 10	15 - 20	Transporte
Uva	0 - 5	2 - 5 5 - 10	1 - 3 10 - 15	Incompatible con SO ₂ Control Botrytis (reemplazo CO ₂)

Fuente: Kader, 2002.

4.5. Fumigación con bromuro de metilo

La exportación de arándanos frescos a Estados Unidos tiene como condición de ingreso la inspección conjunta SAG/USDA o el tratamiento cuarentenario que corresponde a la fumigación con bromuro de metilo. La fumigación es obligatoria para los arándanos de las regiones de O'Higgins, Maule, Ñuble y Biobío, definida para *Lobesia botrana* ("Polilla del racimo de la vid"). De todas las otras regiones se puede exportar sin fumigar, realizando la inspección conjunta SAG/USDA, cuyo nivel de muestreo dependerá del tamaño del lote.

Existen 4 alternativas de tratamientos de fumigación para los lotes de arándanos que contengan productores de las regiones de O'Higgins, del Maule, Ñuble y Biobío. Actualmente la fumigación se puede realizar en origen o en el puerto de destino.

Los lotes de arándanos que contengan productores de las regiones de Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos, podrán optar por un tratamiento alternativo de fumigación con bromuro de metilo definido para insectos de hábito de alimentación superficial.

La descripción de cada tratamiento se encuentra en la página web del SAG: Requisitos fitosanitarios para exportaciones de productos agrícolas y forestales: https://www2.sag.gob.cl/reqmercado/consulta_usda.asp?t_x=1



El resultado de la aplicación de las buenas prácticas desde la cosecha en adelante, depende directamente de la calidad y condición inicial de la fruta, por lo tanto, una fruta que presenta características de calidad y condición deficientes, no obtendrá resultados favorables.





www.comitedearandanos.cl