

Capítulo 7

Enfermedades en postcosecha y su manejo preventivo

Rafael Galdames G.

Ingeniero Agrónomo, Dr.

Bruno Defilippi B.

Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

La fruta es el producto final de la cadena del proceso productivo del arándano. Las actuales exigencias en la calidad de la fruta en los mercados internacionales, particularmente aquellos muy lejanos (Asia), donde la fruta debe mantener una buena condición por al menos 45 días antes de llegar al consumidor, exige implementar diversas medidas que minimicen el deterioro de las características deseables, las cuales de manera natural se van perdiendo progresivamente a través del tiempo.

Las pudriciones de postcosecha ocasionadas por hongos, representan uno de los principales factores en el deterioro de la calidad visible de la fruta. Sin embargo, varios de los hongos responsables y/o asociados a pudriciones pueden iniciar la infección en el huerto durante la floración y continuar hasta la madurez del fruto, y otros infectan o colonizan la fruta durante las labores de cosecha y/o almacenaje (**Cuadro 7.1**).

La participación de cada uno de estos hongos es variable a través de los años, y está condicionada tanto a factores ambientales (precipitaciones, humedad relativa, agua libre) así como al manejo particular del huerto (sanitario, variedades, densidad de plantación, fertilización, etc.) y de todas las etapas posteriores a la cosecha (manipulación de la fruta, cadena de frío, etc). Independiente de lo anterior, la pudrición gris causada por *Botrytis cinerea* sigue siendo lejos, tanto en pre como en postcosecha, el hongo más frecuente y el que causa los daños más severos en la fruta y en consecuencia representa la principal causa de rechazo.

Cuadro 7.1. Hongos asociados a pudriciones de fruto en arándano, su participación y/o importancia durante la pre y postcosecha.

Agente infeccioso ¹	Enfermedad/ Principales síntomas	Importancia ²	
		Precosecha	Postcosecha
<i>Alternaria alternata</i> , <i>Alternaria sp.</i>	Pudrición negra/ Moho verde oscuro	•	•
<i>Aspergillus sp.</i>	Aspergilosis		•
<i>Botrytis cinerea</i>	Tizón de la flor /Pudrición gris	• • •	• • •
<i>Cladosporium herbarum</i> , <i>Cladosporium sp.</i>	Pudrición verde olivácea		• •
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>C. fiorinae</i>	Antracnosis	•	•
<i>Epicoccum nigrum</i> , <i>Epicoccum sp.</i>			•
<i>Fusarium sp.</i>	Pudrición		•
<i>Hainesia lytri</i>	Deshidratados de frutos		•
<i>Penicillium spp.</i>	Pudrición verde /Moho azul verdoso		•
<i>Phomopsis vaccinii</i>	Deshidratados de frutos	•	•
<i>Stemphylium botryosum</i>	Pudrición oliva		•
<i>Rhizopus stolonifer</i>	Pudrición blanda/ Pudrición café		• •
<i>Mucor hiemallis</i> , <i>Mucor sp.</i>	Pudrición blanda		•
Levaduras	Pudrición blanda		•

¹ Fuente: (Acuña, 2021; France, 2012 y Castro, 2022).

² Importancia relativa. • • • =Alta; • • = Media; • = Baja

7.1. *Botrytis cinerea*: características generales, ciclo de vida y sintomatología

7.1.1. Características generales

Varias características de este hongo explican su éxito como patógeno y en consecuencia su importancia económica. (i) tiene la capacidad de infectar un amplio rango de hospederos, dentro de los que se incluyen numerosas especies cultivables (frutales, hortalizas, ornamentales y cultivos anuales), silvestres y malezas. (ii) es un hongo necrotrófico, es decir después de infectar y matar el tejido de la planta huésped puede sobrevivir y esporular como saprófito sobre el tejido necrosado, incluso producir estructuras de sobrevivencia (esclerocios) y (iii) lo anterior determina su alta capacidad de dispersión, colonización, persistencia en diferentes sustratos (tejidos verdes, en descomposición y residuos de cosecha) y adaptabilidad a un amplio rango de condiciones ambientales.

7.1.2 Ciclo de vida

El hongo sobrevive el invierno como esclerocios y posiblemente como micelio. Al germinar los esclerocios en primavera se producen abundantes esporas (conidias), las que constituyen la principal fuente de inóculo y que puede provenir de restos vegetales y/o tejido en descomposición de las mismas plantas dentro del huerto o de su alrededor. Las conidias son diseminadas principalmente por el viento, y secundariamente por el golpeteo producido por las gotas de lluvia e insectos. Las infecciones se inician en las flores y posteriormente los restos florales esporulados diseminarán las esporas a otras flores y/o frutos recién cuajados y hasta aquellos maduros (**Figura 7.1**). Temperaturas de 0-30 °C y lluvias (alta humedad y agua libre) permiten la germinación de las conidias y favorece el proceso de infección. Si las condiciones ambientales no son favorables, las conidias depositadas en las flores y frutos permanecen latentes o quiescentes. Durante el invierno el micelio del hongo se agrega, compacta y melaniza, dando origen a nuevos esclerocios los que se pueden desarrollar en los frutos o en las cañas de las plantas.

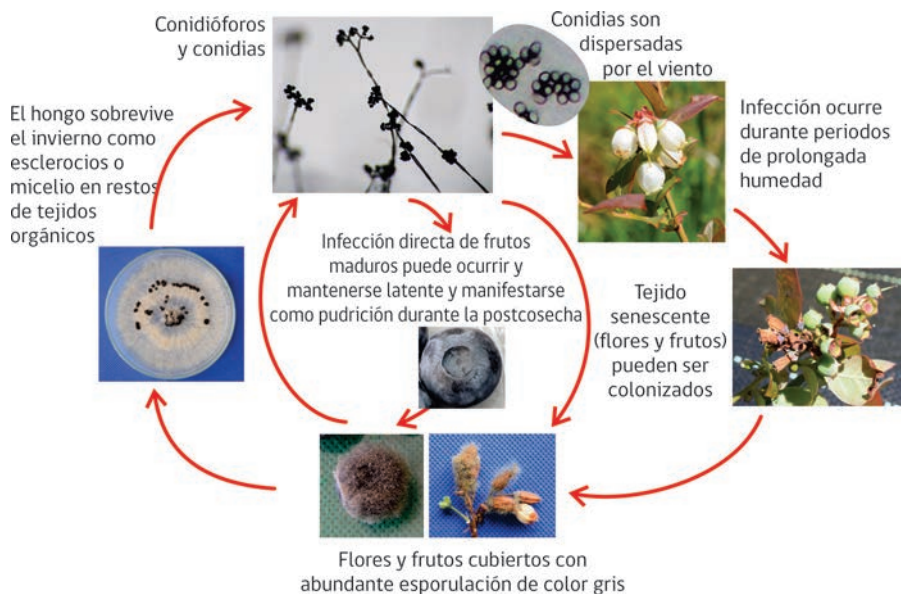


Figura 7.1. Ciclo de vida de *Botrytis cinerea*, agente causal de la pudrición gris en arándano.

7.1.3. Sintomatología

En el huerto los síntomas se pueden observar en flores, ramillas, brotes, hojas y ocasionalmente en frutos (**Figura 7.2**). En las flores el hongo produce típicamente un atizonamiento o lesiones necróticas, inicialmente parciales o localizadas y en la medida que avanzan pueden comprometer todo el racimo floral. En frutos,



Figura 7.2. La infección por *Botrytis* en precosecha se puede observar tempranamente en el huerto durante la floración, causando atizonamiento de la flor, esporulación del hongo en flores individuales o llegando a comprometer parcial o completamente el racimo floral.

se puede detectar necrosis cuando quedan restos florales adheridos. En frutos maduros y posterior a la cosecha los síntomas alcanzan su máxima expresión, y van desde ablandamiento, opacidad, liberación de jugo, deshidratación y desarrollo de micelio (**Figura 7.3**).



Figura 7.3. Frutos donde se rompió la cadena de frío después de 30 días de almacenamiento, lográndose observar el deterioro progresivo de la fruta asociado a hongos (*Botrytis* y otros) responsables de causar pudriciones, donde se aprecia abundante desarrollo de micelio, ablandamiento de la fruta y liberación de jugo.

7.2. Estrategias de control y prevención: prácticas culturales, empleo de fungicidas y opciones alternativas de control

La estrategia para el control de *Botrytis* debe integrar varias medidas, algunas de las cuales se deben tomar incluso durante la plantación y otras fundamentalmente orientadas a minimizar su incidencia durante los periodos más críticos en precosecha y posteriormente durante la cosecha, almacenaje y transporte.

7.2.1. Prácticas culturales

Durante la plantación, idealmente seleccionar variedades menos susceptibles, y posteriormente emplear buenas prácticas culturales, como: evitar el exceso de fertilización nitrogenada, altas densidades de plantas, y variedades de floración prolongada. Es muy recomendado podar para eliminar las ramas muertas, dañadas o enfermas, lo que además ayudara a una mejor penetración de la luz y mojamiento al aplicar pesticidas. Medidas adicionales como el empleo de cortinas cortavientos, control de heladas y adecuado manejo del riego, también contribuyen o minimizan el riesgo de infección.

7.2.2. Estrategias químicas y/o biológicas de control durante la precosecha

En general, siempre es recomendado previo al uso de productos de acción fungicida, confirmar o identificar la enfermedad presente, de tal forma de emplear el producto adecuado de acuerdo a lo indicado en su etiqueta. Particularmente para *Botrytis* al tratarse de una enfermedad endémica, la decisión del momento de aplicación se basa o combina dos criterios: (i) los periodos críticos o de mayor susceptibilidad a la infección, los cuales se extienden desde la floración hasta la maduración de frutos y (ii) las condiciones ambientales que más predisponen a la infección, siendo la temperatura óptima cercana a 20 °C con presencia de agua libre.

En Chile existen numerosos productos comerciales (~ 60) de acción botriticida para arándanos con registro vigente (SAG, 2022); siendo mayoritariamente fungicidas de síntesis química y, de más reciente incorporación, productos biológicos y otros derivados de extractos de plantas. Por su efectividad los fungicidas tradicionales siguen siendo los más empleados, sin embargo, al tratarse de mercados internacionales las opciones se reducen significativamente. Por otra parte, la elección del fungicida y su adecuado uso dentro del programas de aplicaciones, es crítico para que esta estrategia siga siendo efectiva en consideración a que *Botrytis* como patógeno presenta alto riesgo a desarrollar resistencia a ciertos fungicidas con la consecuente pérdida de vida útil o de efectividad de los tratamientos químicos (**Cuadros 7.2 y 7.3**). Para reducir el riesgo de desarrollo de resistencia tres medidas son recomendadas: (i) No realizar más de dos aplicaciones de moléculas con el mismo código FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) por temporada, (ii) no hacer dos aplicaciones consecutivas de un fungicida con el mismo código FRAC y, (iii) rotar con fungicidas de distintos códigos FRAC.

Cuadro 7.2. Características (modo de acción, efectividad relativa, días de protección, residualidad) y oportunidad de uso de algunos bottriticidas con registro vigente en Chile.

Ingrediente activo	Sistémico (S) o Contacto (C)	Efectividad	Protección		Epoca aplicación		Código FRAC	Riesgo de Resistencia
			(días)	Residualidad				
Extractos cítricos	C	•	5 a 7	•		M F	BM 01	?
Extractos de plantas	C	•	5 a 7	•		M F	BM 01	?
Cítricos + Cobre	C	•	5 a 7	•		M F	M 01	Bajo
Oxido cuproso	C	•	7	•	I		M 01	Bajo
Hidróxido de cobre	C	•	7	•	I		M 01	Bajo
Sulfato de cobre	C	•	7	••	I M		M 01	Bajo
Hongos (<i>Trichoderma</i>)	C	•(•)	3 a 7	•		M	BM 02	?
Bacteria (<i>Bacillus</i>)	C	•(•)	3 a 7	•		M	BM 02	?
Captan	C	••	7	•	I M F		M 04	Bajo
Fenbuconazole	S	••	12 a 14	•••	I		3	Media
Fludioxonil	C	••	7 a 10	••		M F	12	Bajo-Medio
Fenhexamid	C	•••	12 a 14	•		F	17	Bajo-Medio
Iprodione	S	•••	12 a 14	•••	I		2	Medio-Alto
Pyraclostrobin	S	•••	12 a 14	•	I M		11	Alto
Boscalid	S	•••	12 a 14	••	I M F		7	Medio-Alto
Cyprodinil	S	•••	12 a 14	••		M F	9	Media

² Efectividad / Residualidad relativa aproximada . •••= Alta; ••= Media; •= Baja.

Inflorescencia: I: Inicio; M: Media y F: Final.

?: Desconocida.

Cuadro 7.3. Fungicidas permitidos en arándano para 4 mercados de destino, con sus límites máximos de residuos (LMR en ppm) y carencias (días de la aplicación al consumo).

	USA		Unión Europea		China		Japón	
	ppm	días	ppm	días	ppm	días	ppm	días
AZOXYSTROBIN	5	3	5	3	5	3	5	3
BOSCALID	13	6	15	3	10	6	10	6
CAPTAN	20	5	30	3	20	5	20	5
CHLOROTHALONIL	1	18	0,01	40	ST	ND	1	18
CYPRODINIL	3	3	3	3	10	3	5	3
DIFENOCONAZOLE	4	ND	4	ND	ST	ND	4	ND
FENBUCONAZOLE	0,3	20	0,5	10	0,5	10	0,7	20
FENHEXAMID	5	3	20	3	5	3	5	3
FLUAZINAM	7	ND	3	ND	ST	ND	4	ND
FLUDIOXONIL	2	3	2	3	2	3	2	3
FLUOPYRAM	7	ND	7	ND	ST	ND	7	ND
FOSETHYL - AL	40	ND	80	ND	ST	ND	70	ND
IPRODIONE	15	5	0,01	ND	ST	ND	15	5
ISOFETAMID	5	ND	0,01	ND	ST	ND	5	ND
MEPANIPYRIM	ST	ND	0,01	ND	ST	ND	0,01	ND
METALAXYL	2	15	0,01	ND	ST	ND	2	ND
PYRACLOSTROBIN	4	3	4	3	4	3	4	3
PYRIMETHANIL	8	ND	8	ND	3	ND	5	ND

Fuente: 1. Agenda de pesticidas ASOEX 2020 (última actualización: 12/07/2020).
ST: Sin Tolerancia; ND: No Determinada

7.2.3. Control en postcosecha

En cuanto a niveles de incidencia o pérdida de producto en postcosecha, la aparición de pudriciones varía de acuerdo con la zona productiva, manejo agronómico, período de tránsito a destino, tecnología de embalaje y condiciones climáticas de la temporada. Al valorar las pérdidas, se estima que un 10 a 50% ocurre por presencia de pudriciones ocasionadas por *B. cinerea*, el resto de los rechazos son ocasionados por deshidratación y fruta blanda. Actualmente, los métodos tradicionales para el control de *Botrytis*, se dividen en dos: (i) en precosecha, de acuerdo a lo ya planteado, y (ii) en condiciones de postcosecha, donde el control es abordado mediante la gasificación y uso de generadores y film con la emisión de anhídrido sulfuroso (SO_2), y con el efecto fungistático que genera el uso de atmósferas controladas durante tránsito, ya comentado este último punto en el Capítulo 6. Aunque el SO_2 posee un buen sistema de control, en el último tiempo ha surgido la necesidad en buscar nuevas estrategias de control de pudriciones, mediante técnicas más naturales, inocuas y amigables con el medio ambiente.

El anhídrido sulfuroso es un gas incoloro, irritante y corrosivo, proveniente de la combustión del azufre y ha sido usado por más de 80 años principalmente en la industria de la uva de mesa para el control de la pudrición gris de postcosecha. En base a esto, es que en arándanos también se han considerado dos metodologías diferentes de tratamiento con SO_2 . La primera estrategia se relaciona con la efectividad de anhídrido sulfuroso para eliminar las conidias de *B. cinerea* (inóculo) presentes en la superficie del fruto por medio de una gasificación con una concentración y tiempo de exposición conocida (Cantín *et al.*, 2012; Huynh *et al.*, 2019). Normalmente esta aplicación se realiza inmediatamente después de la cosecha con fruta a granel y en condiciones de temperatura ambiente (20-25 °C), teniendo una duración en promedio de 20-30 minutos. Bajo estas condiciones Rivera *et al.* (2012) evaluó la concentración-tiempo (CT) efectividad para el control de la pudrición gris de postcosecha, estableciendo un valor de 200-300 ppm-h; permitiendo asegurar sobre un 90% de efectividad en el control. Al igual que en la uva de mesa los productores y exportadoras de arándanos, se encuentran adaptando su infraestructura y logística de operación para estandarizar y optimizar el uso de anhídrido sulfuroso en el proceso rutinario luego de cosecha. Dentro de los

principales factores que se deben poner especial atención, es la infraestructura para el proceso de gasificación. Considerando que para ser exitosos en este proceso, se hace necesario contar con una cámara hermética de volumen conocido equipada con sistema de inyección y de evacuación de SO_2 . Importante a la hora de diseñar una cámara de gasificación, no sub o sobreestimar el tamaño de estas; ya que es importante conocer los volúmenes de fruta que se gasifican de manera simultánea durante la temporada. Para el cálculo de la CT de SO_2 necesaria, se debe considerar el producto entre la concentración de SO_2 y el tiempo de exposición a dicha concentración. Por ejemplo, para poder obtener una CT de 200 ppm-h, el tratamiento puede realizarse utilizando una concentración de 200 ppm por hora o una concentración constante de 400 ppm por sólo 30 minutos. En esta línea, siempre es recomendable revisar la concentración-tiempo de SO_2 durante el proceso de gasificación, y para esto existen varios proveedores de tubos de detección pasiva de SO_2 , más la disponibilidad de nuevos equipos que entregan una mayor precisión.

Para la segunda metodología, mencionada ya en envases activos, corresponde al uso de generadores de mantención y se relaciona con el efecto que tienen bajas concentraciones constantes de SO_2 (ej. 2-10 ppm) sobre el avance de la enfermedad entre frutos enfermos y sanos durante el almacenaje postcosecha. Diversos estudios han demostrado para el caso de uva de mesa, que concentraciones pequeñas y constantes (2-3 ppm) no disminuyen considerablemente la germinación de conidias de *B. cinerea* y su posterior inicio de infección, pero sí detienen la expresión de nidos de pudrición gris por avance de la enfermedad entre frutos enfermos y sanos que (Paluo *et al.*, 2002). Para este objetivo se utilizan láminas de metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) que permiten la liberación de anhídrido sulfuroso en ambiente de alta humedad y al interior de la caja de fruta (normalmente acompañado de una bolsa perforada o de atmósfera modificada) (Saito *et al.*, 2020). El uso excesivo de anhídrido sulfuroso en arándanos puede generar sintomatologías al mal uso de SO_2 , relacionando la toxicidad a nivel de la herida pedicelar en el fruto. Estos síntomas se describen como un ensanchamiento y cambio de color de la cavidad pedicelar.

En condiciones de mayor severidad se puede percibir ablandamiento del fruto y los síntomas pueden comprometer la pulpa observándose cambio de color en las zonas adyacentes a la cavidad pedicelar. Como se comentó anteriormente la liberación de anhídrido sulfuroso se activa en función de la humedad relativa en el ambiente; por lo tanto, cambios bruscos de temperatura pueden generar condiciones de agua libre generando liberaciones excesivas de SO_2 que pueden ocasionar los síntomas descritos.

Respecto a otras tecnologías, como ya se explicó en el Capítulo 6, el uso de altos niveles de CO₂ y bajos de O₂ durante el tránsito a destino en contenedores, es quizás una de las primeras tecnologías utilizadas para complementar la cadena de frío, y que fue desarrollada principalmente en berries para el control de pudriciones. Sus beneficios son bien conocidos e incluyen la disminución del metabolismo de la fruta, y sobre todo cuando se utiliza con los niveles adecuados, teniendo un efecto fungistático. Esta tecnología así como el uso de tecnologías emergentes para el control de pudriciones están descritas en el Capítulo 6 de este Boletín.

7.3. Referencias

- Acuña, R., 2010. Compendio de Bacterias y Hongos de Frutales y Vides. Servicio Agrícola y Ganadero. 150 pp.
- Cantin, C., Minas, I. S., Goulas, V., Jiménez, M., Manganaris, G. A., Michailides, T. Crisosto, C. H., 2012. Sulfur dioxide fumigation alone or in combination with CO₂-enriched atmosphere extends the market life of highbush blueberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 67: 84-91. DOI: 10.1016/J.Postharvbio.2011.12.006.
- Castro, J.F., Millas, P., Cisterna-Oyarce, V., Carrasco, J., Santelices, C., Muñoz-Reyes, V., Guerra, M., Barra-Bucarei, L., France, A. (2022). First report of *Colletotrichum fioriniae* causing anthracnose fruit rot on *Vaccinium corymbosum* in Chile. *Plant Disease*, 0 0: ja.
- Defilippi, B., Robledo, P. y Becerra, C. Cosecha y Postcosecha. 2017. En: Morales A., C. G. (ed.). Manual de manejo agronómico del arándano [en línea]. Villa Alegre, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias 371. (Consultado: 14 noviembre 2022).
- Elad, Y., Pertot, I., Cotes Prado, A.M., Stewart, A., 2016. Plant Hosts of *Botrytis spp.*. In: Fillinger, S., Elad, Y. (eds) *Botrytis - the fungus, the pathogen and its management in agricultural systems*. Springer, Cham.
- FRAC Code List 2022. Fungal control agents sorted by cross resistance pattern and mode of action. Fungicide Resistance Action Committee. Consultado: noviembre 2022 de <https://www.frac.info/>

- France, A., 2012. Enfermedades de post cosecha en arándanos: reconocimiento y manejo. Revista frutícola N° 3. pp: 29-34
- González, A. 2017. Adaptación de la metodología cropcheck para el cultivo de arándanos en el Sur de Chile. Temuco, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. N° 346.
- Huynh, N., Wilson, M.D., Eyles, A., Stanley, R.A., 2019. Recent advances in postharvest technologies to extend the shelf life of blueberries (*Vaccinium sp.*), raspberries (*Rubus idaeus* L.) and blackberries (*Rubus sp.*). Journal of Berry Research 9, 687-707. doi: 10.3233/JBR-200695
- Latorre, B., 2002. Efecto de la temperatura en el desarrollo de la infección producida por *Botrytis cinerea* en flores y bayas de uva de mesa. Cien. Inv. Agr. 29, 145-151.
- Latorre, B., 2002. Efecto de la temperatura y de la humedad relativa sobre la germinación de conidias de *Botrytis cinerea*. Cien. Inv. Agr. 29: 67-72.
- Palou, L., Crisosto, C., Smilanick, J., Adaskaveg, J., Zoffoli, J.P., 2002. Effects of continuous 0.3 ppm ozone exposure on decay development and physiological responses of peaches and table grapes in cold storage. Postharvest Biology and Technology 24, 39-48. doi.org/10.1016/S0925-5214(01)00118-1
- Rivera, S.A., Zoffoli, J.P., Latorre, B., 2012. Determination of optimal sulfur dioxide time and concentration product for postharvest controls of gray mold of blueberry fruit. Postharvest Biology and Technology 83, 40-46. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.03.007>
- Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), 2022. Lista de plaguicidas con autorización vigente. Consultado: 28 septiembre 2022 de <https://www.sag.cl>
- Saito, S., Obenland, D., Xiao, C.L., 2020. Influence of sulfur dioxide-emitting polyethylene packaging on blueberry decay and quality during extended storage. Postharvest Biology and Technology 160, 111045. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.111045>