



ESPAÑA



**Resistencia a fungicidas de acción específica en
Botrytis cinerea en fresa**

Introducción

La **botritis o podredumbre gris** causada por el hongo *Botrytis cinerea*, es una enfermedad que se presenta comúnmente en los fresales españoles. Este hongo se desarrolla óptimamente en condiciones de alta humedad relativa (95%) y temperaturas entre 17-25°C, recubriendo rápidamente las zonas afectadas con un polvillo grisáceo. Aunque principalmente se encuentran atacados los frutos, también pueden verse afectadas otras partes aéreas de la planta (Figura 1). Esta enfermedad conlleva **importantes pérdidas económicas** durante el periodo de cultivo, la cosecha y poscosecha.

La principal estrategia de control de la enfermedad reside en el **control químico**, requiriéndose múltiples aplicaciones de fungicidas a lo largo de la campaña de cultivo; sin embargo, *B. cinerea* tiene la capacidad de ser resistente (no sensible) a los fungicidas al poco tiempo de ser autorizados para su uso. Esto es debido a su alta variabilidad genética, sus múltiples ciclos de vida con abundante producción de esporas, y el alto número de tratamientos fungicidas para su control. A nivel mundial, se han detectado cepas de Botritis en fresa resistentes a diversos fungicidas, especialmente a aquellos con modos de acción de sitio-único o específicos.



Figura 1. Estadio avanzado de la infección por *B. cinerea* en flor, hoja y fruto de fresa.

Ingredientes activos autorizados en España frente a Botritis en fresa

Modo de acción	Código FRAC	Grupo FRAC	Familia	Ingrediente activo	Nivel Resistencia
Específicos					
Síntesis de aminoácidos y proteínas	D1	9	Anilino pirimidinas (AP)	ciprodinil; mepanipirim; pirimetanil	Medio
Transducción de señal	E3	2	Dicarboximidaz (DC)	iprodiona	Medio-Alto
Biosíntesis de membrana	G3	17	Inhibidores ceto reductasa (CRI)	fenhexamida y fenpirazamina	Bajo a medio
Transducción de señal	E2	12	Fenilpirroles	fludioxonil	Bajo a medio
Respiración	C3	11	Inhibidores de la quinona (QoI)	piraclostrobin y trifloxistrobin	Alto
Respiración	C2	7	Inhibidores de la succinato deshidrogenasa (SDHI)	boscalida , fluopyram y pentiopirad	Medio-Alto
Múltiples					
		M 03	Ditiocarbamatos	tiram	Bajo
		M 05	Cloronitrilos	clortalonil	Bajo
		M 04	Ftalimidas	captan y folpet	Bajo
Biológicos					
	F6	44	<i>Bacillus</i> sp. y lipopéptidos con actividad fungicida	cepa QST 713	Bajo
			<i>Aerobasidium pullulans</i>	cepas DSM 14940+DSM 14941	Bajo

Mecanismo molecular de resistencia a fungicidas

Se entiende como **resistencia a un fungicida** a la habilidad de algunos individuos dentro de una población de un hongo, que les permite sobrevivir a la aplicación de un fungicida que, en condiciones normales, resultaría eficaz contra ese hongo. El desarrollo de la resistencia viene facilitada cuando se siguen prácticas inadecuadas de aplicación del fungicida, especialmente aquellos con mecanismos de acción específicos.

El mecanismo más común que confiere resistencia a fungicidas es mediante **cambios aminoacídicos en la proteína diana** del fungicida por lo que se modifica la afinidad de éste por la misma, resultando en una pérdida importante de la eficacia. En el ejemplo de la figura 2, se puede apreciar como al modificarse la diana de los fungicidas QoI (estrobilurinas), a través de los cambios F129L y G143A, el fungicida no puede unirse a ella y el hongo es capaz de producir energía, en forma de ATP, sobreviviendo.

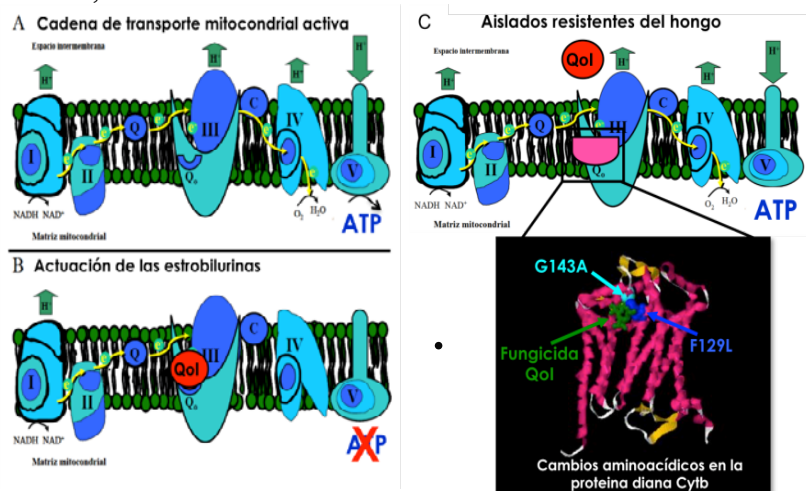


Figura 2. (A) Cadena de transporte electrónico mitocondrial activa. (B) Cuando las estrobilurinas están actuando sobre su diana (centro Qo del complejo III), se bloquea el transporte de electrones y protones a través de los complejos vecinos y por tanto la síntesis de ATP en el complejo V o ATP sintasa. (C) Modificación del centro Qo debido a los cambios F129L y G143A en aislados resistentes.

Sensibilidad a fungicidas en aislados españoles de *B. cinerea* en fresa

Para conocer la situación de sensibilidad a las seis familias de fungicidas con mecanismos de acción específico registradas en nuestro país, se analizaron 367 aislados de *B. cinerea* tomados desde fincas freseras en Huelva durante 2014 y 2015. Los resultados obtenidos mostraron las siguientes **frecuencias de resistencia**:



ALTA: Piraclostrobin (Pi) y Boscalida (Bo)

MEDIA: Ciprodinil (Ci) y Fenhexamida (Fe)

BAJA: Iprodiona (Ip) y Fludioxonil (Flu)

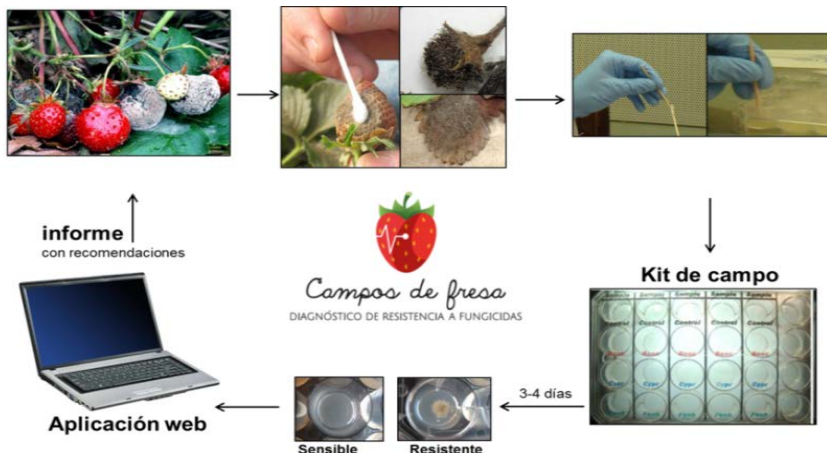
Alrededor del 30% de los aislados de *B. cinerea* analizados, acumularon **resistencia a 3 familias de fungicidas (piraclostrobin+boscalida+ciprodinil/fenhexamida)**, dificultando el control de la enfermedad.

Distintos **cambios aminoacídicos, en las diferentes proteínas diana**, confirieron resistencia a boscalida, fenhexamida, iprodiona y piraclostrobin en los aislados de *B. cinerea* analizados. La siguiente tabla detalla cual es el gen involucrado y el cambio que se produce para que empiece a ser no sensible.

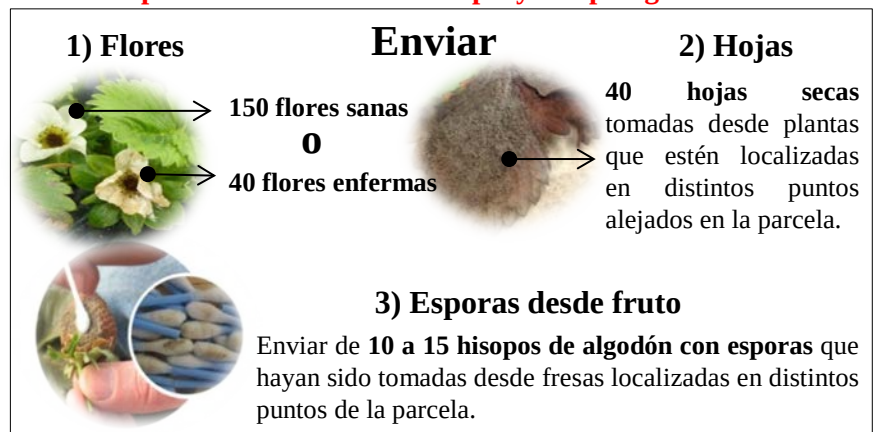
Familia (ingrediente activo)	Proteína diana	Sustitución aminoacídica
SDHI (boscalid)	SdhB	H272R/Y
CRI (fenhexamida)	Erg27	F412I/S/V
DC (iprodiona)	Bos1	I365N/S
QoI (piraclostrobin)	Cytb	G143A

Programa de monitorización de resistencia a fungicidas

Nuestros estudios han confirmado la absoluta ineficacia de ciertas familias de fungicidas en España, y justifica la implementación de programas continuos de monitorización de resistencia frente a los mismos. En el IHSM-UMA-CSIC “La Mayora” se lleva a cabo un **test rápido de resistencia** a diversos fungicidas, con mecanismos de acción específicos. Un **informe personalizado con recomendaciones** es enviado a cada agricultor tras 4-7 días de haber recibido las muestras. El informe advertirá al agricultor sobre **qué fungicidas están funcionando y cuales debe descartar en su finca**, y así **evitar costes innecesarios** desde el punto de vista económico y ambiental.



Para que **realicemos el test de sensibilidad a fungicidas**, será necesario enviarnos muestras de flores y hojas, o esporas tomadas desde frutas afectadas siguiendo las instrucciones descritas en el siguiente enlace: <http://www.ihsm.uma-csic.es/proyecto/patogenosdefresa/>



Envíen las muestras a:

Dolores Fernández Ortuño
Biología y Control de Enfermedades de Plantas
Laboratorio de Micología
IHSM-UMA-CSIC La Mayora
Avenida Dr. Wienberg s/n
29750 Algarrobo-Costa, Málaga

Recomendaciones para prevenir problemas de resistencia

- **Usar fungicidas solo cuando sea necesario**, respetando siempre las dosis y número de aplicaciones recomendadas por el fabricante.
- **Evitar el uso exclusivo y prolongado de fungicidas con un mismo mecanismo de acción.** La aplicación repetida de los mismos fungicidas aumenta la presión selectiva y fomenta el desarrollo de resistencia.
- Los programas de aplicación de fungicidas deben incluir **rotaciones y mezclas de productos con distintos modos de acción.** El Comité de Acción sobre la Resistencia de Fungicidas (FRAC) proporciona un sistema de numeración de grupos para clasificar los fungicidas según su modo de acción. Los fungicidas con actividad multi-sitio muestran significativamente menor riesgo para desarrollar la resistencia en *B. cinerea* porque tienen varias vías metabólicas en el patógeno. Una estrategia es combinar (mezclar en tanque) dos fungicidas, mientras uno sea un producto de actividad multi-sitio, especialmente en periodos de fuerte incidencia de la enfermedad.
- **Realice el monitoreo de enfermedades permanentemente.**