

Resistencia de los hongos a los fungicidas

Un tema central en la estrategia del control químico e integrado

● Ings. Agrs. Sergio Garrán, Gisela Montangie y Ricardo Mika
INTA Concordia, Entre Ríos

La utilización periódica de fungicidas de acción específica como estrategia de control químico de enfermedades en la producción frutícola, genera inexorablemente la aparición de resistencia en poblaciones con hongos fitopatógenos. Implementar estrategias de control que contribuyan a reducir la tasa de incremento de la frecuencia o proporción de los individuos resistentes, es una alternativa posible

- La pérdida de eficacia en el control químico de enfermedades vegetales debido a la aparición de biotipos resistentes no tuvo lugar sino a partir del momento en que aparecieron en el mercado los fungicidas con modo de acción específico tales como los bencimidazoles. Al poco tiempo de su utilización comercial, se registraron los primeros casos de pérdida de efectividad debido al incremento en la frecuencia de los individuos resistentes. La aparición de nuevos casos de resistencia ha ido acompañando a la intensificación en el uso de este tipo de fungicidas.

Se presenta a continuación, con fines más bien didácticos, un modelo simplificado de la realidad acerca de como ocurre en la región citrícola del río Uruguay, la evolución de la resistencia a los bencimidazoles en un lote comercial de una variedad de mandarina Satsuma (*Citrus unshiu Markowitz*) muy susceptible, y en el caso particular del hongo causal de la sarna de los cítricos (*Elsinoe* spp., forma asexual: *Sphaceloma* spp).

El modelo en cuestión, $p = C_0 \cdot r^n \cdot x$, responde a una ecuación de tipo exponencial y consta, como todo modelo, de una

serie de parámetros y variables. El parámetro clave r (gráficos N° 1 y 2), es la tasa de incremento (promedio) de la frecuencia o proporción de individuos resistentes correspondiente a cada aplicación de carbendazim (el fungicida bencimidazol más utilizado en la región) y se le ha asignado un valor de 10, en base a mediciones experimentales realizadas y a otras evidencias prácticas. Los dos restantes parámetros son C_0 , la frecuencia inicial de individuos resistentes y a la que se le asigna un valor de 10^{-8} ; mientras n es el número de aplicaciones anuales de carbendazim. La variable independiente x es el número de años agrícolas sucesivos a partir del comienzo del uso de los bencimidazoles. Finalmente, la variable dependiente p es la frecuencia o proporción de individuos resistentes al cabo de x años sucesivos a partir del comienzo del uso de estos fungicidas.

Si a la ecuación obtenida, donde $p = 10^{-(8+n \cdot x)}$ (Gráfico N° 1), se le aplican logaritmos, entonces ésta puede "linearizarse" de la siguiente manera: $\log(p) = n \cdot x - 8$ (Gráfico N° 2). La ecuación queda, de esta manera, reducida a una ecuación lineal, donde la tasa de incremento o pendiente

de la recta está dada directamente por la frecuencia anual de tratamientos con bencimidazoles.

Anualmente se realizan en esta variedad 1-5 pulverizaciones anuales para el control de esta enfermedad, las que son realizadas durante los estados fenológicos de inicio de brotación, caída de pétalos y cuaje. Otra condición o supuesto del modelo es que si no se realizan aplicaciones de bencimidazoles, no se modifican las frecuencias de los individuos resistentes.

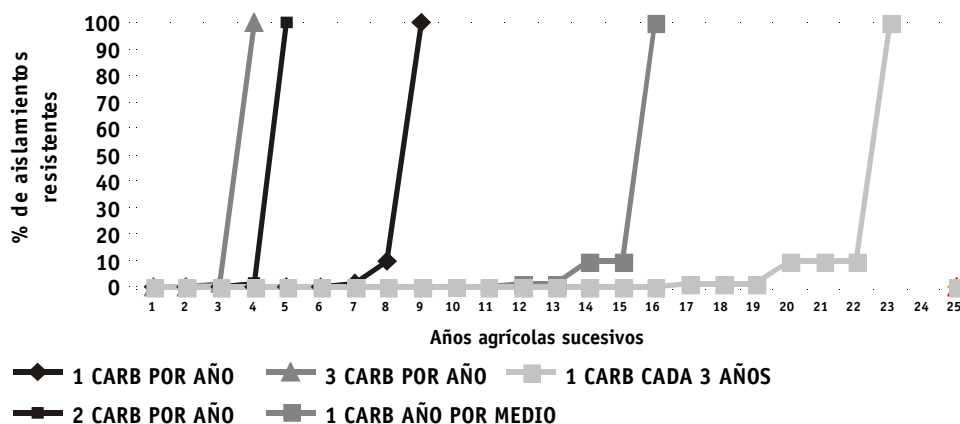
Como evidencias prácticas del modelo se indican las siguientes:

- En diversos lotes de la zona, la aparición de resistencia práctica se ha manifestado al cabo de 3-4 años sucesivos de uso intensivo de bencimidazoles a razón de 2-3 curas anuales. Similares observaciones fueron realizadas por Whiteside en la región citrícola de Florida, EE.UU.
- Luego de 15 años de introducción de los bencimidazoles en la región, se comprueban altos niveles de resistencia en la mayoría de los lotes analizados.
- En quintas donde el uso del carbendazim se ha limitado a una sola aplicación anual y en mezcla con un protector, aún no se observan disminuciones en la efectividad de los tratamientos.

Ambas ecuaciones pueden representarse gráficamente; tal como están expresadas en los gráficos N° 1 y 2, respectivamente. En ellas, a modo de ejemplo se han representado las curvas de evolución en la proporción de los individuos resistentes para cinco frecuencias anuales de aplicación de carbendazim ($n = 1, 2, 3, 0,5$ y $0,33$, respectivamente). El gráfico N° 2, al estar expresados en forma logarítmica los valores de las frecuencias de los aislamientos resistentes, permite visualizar mucho más claramente el crecimiento explosivo, de tipo exponencial, de los individuos resistentes que tiene lugar ya a partir de la primera aplicación de bencimidazoles. En cambio, en el gráfico N° 1, debido al tipo de escala utilizada, las grandes diferencias que existen desde un comienzo entre las cinco curvas distintas, permanecen "escondidas" hasta que el porcentaje de individuos resistentes alcanza valores muy altos, de 1 - 10 %, respecto de la frecuencia inicial. Observando la evolución de las cinco curvas, resulta evidente el aumento en la "vida útil" del fungicida carbendazim a medida que se reduce la frecuencia de su uso. La experiencia indica que comienzan a percibirse disminuciones en la efectividad del control cuando la frecuencia de aislamientos resistentes alcanza valores del 1 - 10 %.

Por lo tanto, en base a la experiencia práctica de estos últimos años, y a la fundamentación teórica propuesta en el modelo, resulta evidente que las estrategias de control deben apuntar, entre sus

● Gráfico N° 1: Sama de los cítricos: Evolución de la resistencia a carbendazim según el número de curas anuales.



objetivos, a reducir la tasa de incremento de la frecuencia o proporción de los individuos resistentes. La reducción en el número de aplicaciones anuales, su uso alternado y/o en mezclas con otros fungicidas de distinto modo de acción, son todos aspectos que contribuyen a reducir la tasa mencionada y a prolongar la "vida útil" de estos fungicidas (gráficos 1 y 2, figura 1). Además, la utilización del control químico como elemento no exclusivo sino complementario dentro de una estrategia de manejo integrado del cultivo, basado en medidas biológicas y culturales, tiene que ser el objetivo a seguir si se quieren obtener mejoras perdurables en el control de las enfermedades. Ello es especialmente importante en cultivos intensivos, como los frutales y hortícolas, con una alta frecuencia de uso de plaguicidas. La lección aprendida con los bencimidazoles, convendrá ser tomada en cuenta en el futuro, para fungicidas con similar riesgo de desarrollo de resistencia.

A fin de poder realizar una mejor interpretación de los temas relacionados con la resistencia de los hongos a los fungicidas, serán de utilidad los siguientes tres conceptos aclaratorios:

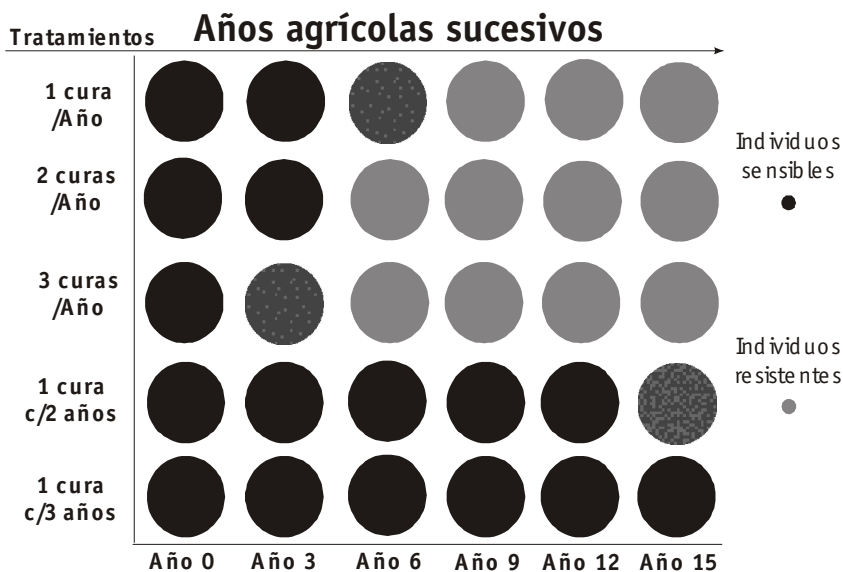
Resistencia en el laboratorio ("lab resistance"): Es la detección *in vitro* de

aislamientos, obtenidos en el laboratorio, que se comportan como menos sensibles a las concentraciones estándares del fungicida ensayado. Generalmente, estos aislamientos son obtenidos con fines experimentales durante la fase de desarrollo de los fungicidas mediante diversas técnicas, entre ellas la inducción de mutaciones, con el objeto de anticiparse a la aparición a campo de biotipos resistentes, poder estudiar los distintos aspectos de la resistencia y realizar análisis de riesgos acerca de la aparición de resistencia en estos principios activos nuevos. El hallazgo de resistencia en el laboratorio solo indica una primera evidencia experimental de su existencia, pero, generalmente no es evidencia suficiente como para poder emitir juicios acerca del riesgo de su aparición a nivel de campo ni de la durabilidad o futura "vida efectiva" del nuevo fungicida en desarrollo.

Resistencia en el campo ("field resistance"):

Es la detección *in vitro* de aislamientos resistentes (menos sensibles a las concentraciones estándares de ensayo del fungicida en cuestión) y obtenidos a partir de muestras recogidas directamente del campo; pero sin que ello vaya necesariamente acompañado por una reducción en la eficacia del control químico. Es una evidencia experimental de la existencia de

● Figura 1



individuos resistentes en el campo. Si la efectividad del control químico con ese fungicida no se ve aún afectada, ello se debe a que los biotipos resistentes están aún en una proporción demasiado baja, insuficiente como para poder competir por los sitios de infección con el inóculo de los individuos sensibles (Gráficos N° 1 y 2, Figura N° 1).

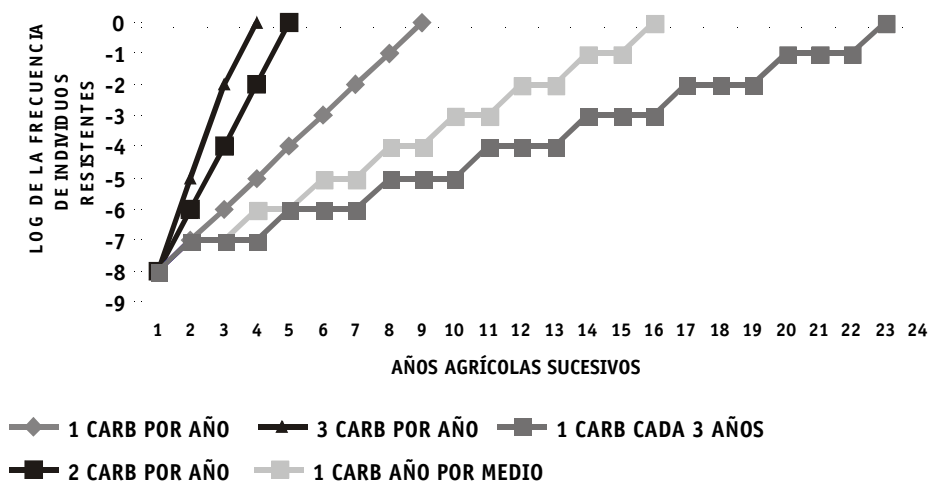
Resistencia práctica ("practical resistance"):

Es la verificación conjunta de: 1) detección *in vitro* de aislamientos resistentes obtenidos a partir de muestras recogidas directamente del campo (resistencia en el campo o "field resistance") y 2) de fallas en el control químico. Es el caso en que

los niveles de inóculo que han alcanzado los individuos resistentes es tal que ya compiten ventajosamente con los sensibles por los sitios de infección (Gráficos N° 1 y 2, Figura N° 1).

Dado que con los métodos comunes de detección de resistencia a campo se trabaja con solo 10-100 aislamientos, normalmente cuando se detecta alguno resistente ya estamos en presencia de frecuencias muy altas de individuos resistentes (1 - 100 %) y, por consiguiente, con alguna falla en el control químico (Gráficos N° 1 y 2, Figura N° 1). Si esto se confirma, entonces se está en presencia de un caso de resistencia práctica ("practical resistance"). ●

● Gráfico N° 2: Sama de los cítricos. Evolución de la resistencia al carbendazim según el número de curas anuales.



Bibliografía

1. Ameson, P. A. y K. L. Reynolds. 1997. Evolution of Fungicide Resistance. A Study of Fitness and Selection. 20:105-110. En: Exercises In Plant Disease Epidemiology. (L. J. Francl y D. A. Neker, editores). The APS Press. 233 p.
2. Brent, K. J. 1995. Fungicide Resistance in Crop Pathogens. How can it be managed?. FRAC Monograph N° 1. GCPF. 48 p.
3. Brent, K. J., y D. W. Hollomon. 1998. Fungicide Resistance.: The Assessment of Risk. FRAC Monograph N° 2. GCPF. 48 p.
4. Danós, E., Blanco, E., Garrán, S. y A. Fabiani. 1992. Detección de resistencia a benomyl en aislamientos del hongo causal de la sama de los cítricos obtenidos en quintas de Entre Ríos. E2. 2 p. En: Resúmenes XV Jornada Citrícola Nacional. Concordia. Entre Ríos. 11-12-92.
5. Garrán, S., Montangie, G., y R. Mika. 2001. Control químico de la sama de los cítricos en base al fungicida estrobilurin BAS 500F. Informe Final. Convenio Basf-EEA Concordia del INTA. 38 p.