

## La resistencia a fungicidas como factor determinante de las estrategias de manejo de la Sarna del Manzano

María Julia Carbone, Sandra Alaniz, Pedro Mondino

*Fitopatología, Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Agronomía. Av. Garzón 780. Sayago. Montevideo. Email: pmond@fagro.edu.uy*

Las estrategias de manejo de la sarna del manzano han ido evolucionando con el correr del tiempo integrando los conocimientos sobre la biología de *Venturia inaequalis* y el uso de diferentes fungicidas que fueron apareciendo en el mercado. Al igual que lo que ocurre con otras enfermedades fúngicas, el manejo de la sarna se realiza en forma preventiva tratando de evitar la ocurrencia de infecciones utilizando fungicidas de contacto previo a la ocurrencia de los períodos de infección. Una vez ocurridas las infecciones, y debido a que *V. inaequalis* presenta un largo período de incubación (9 a 17 días desde infección a aparición de síntomas), es posible realizar aplicaciones curativas de fungicidas que penetran al tejido vegetal, evitando la aparición de los síntomas.

La historia del control mediante fungicidas de *V. inaequalis* se remonta a fines del siglo XIX. En sus inicios, el único fungicida disponible era el caldo bordelés (una mezcla de sulfato de cobre y cal hidratada en agua) y luego aparece la mezcla sulfocálcica (polisulfuros de calcio). Ambos producen quemado de hoja y roñado en fruto por lo que su uso debió ser restringido. Posteriormente, en la década del 1940, aparecen los fungicidas orgánicos mancozeb y captan, quienes ocupan un rol central en el manejo preventivo de la sarna del manzano. Son fungicidas de contacto que actúan en múltiples sitios de acción, por lo que las poblaciones de *V. inaequalis* no han desarrollado resistencia a ellos. A su vez, no tienen efectos fitotóxicos.

Más adelante en la década del 60 al 70, la introducción de fungicidas sistémicos como el dodine y el benomyl, con 48 y entre 24 y 36 horas de efecto retroactivo, respectivamente (Rosenberger, 2011), permitieron cambiar drásticamente el manejo de *V. inaequalis*. Con estos fungicidas fue posible curar infecciones ya establecidas cuando, mediante el esquema de aplicaciones periódicas, no se lograba prevenirlas (Carbonell et al. 1975, García y Moscardi 1981, García 1998). Si bien estos fungicidas facilitaron el manejo de la sarna del manzano al permitir curar infecciones ya establecidas, presentaron el inconveniente de su alto riesgo de generar resistencia. Es así que la pérdida de su efectividad fue posteriormente comunicada (Cox, 2015).

Coincidiendo con la aparición de resistencia a benomyl y a dodine, a principios de la década del 80 aparecieron en el mercado los primeros fungicidas pertenecientes al grupo de los inhibidores de la biosíntesis del ergosterol (IBEs). Estos fungicidas desplazaron rápidamente al benomyl y al dodine, no solamente por causa de la pérdida de efectividad de éstos debida a la resistencia, sino también porque los IBE poseían un mayor efecto retroactivo (96 horas). Lamentablemente, y al tratarse de fungicidas que actúan en sitios de acción específicos, también las poblaciones de *V. inaequalis* expuestas desarrollan resistencia a los IBEs en diversas regiones del mundo (Köller et al. 1997, Jobin y Carisse 2007, Stevic et al. 2010, Chapman et al. 2011, Pfeufer y Ngugi 2012), y recientemente también en Uruguay (Mondino et al., 2015), por lo que las recomendaciones técnicas apuntan a minimizar su uso.

Finalmente, en 1996, aparecieron en Europa un nuevo grupo, las estrobirulinas (kresoxim-methyl y trifloxystrobin). Estos fungicidas se integraron a la estrategia de manejo preventiva junto al mancozeb y al captan. A diferencia de estos, las estrobirulinas son fungicidas de sitio de acción específico por lo que también presentan alto riesgo de generar resistencia. A pesar de haber sido comercializadas con la recomendación de no realizar más de cuatro aplicaciones por temporada para evitar el desarrollo de resistencia (García et al., 1997), la resistencia a estos fungicidas no tardó en aparecer (Olaya y Köller 1999, Köller et al. 2005, Broniarek-Niemiec y Bielenin 2008).

El manejo histórico de la sarna del manzano en Uruguay ha tenido algunas características particulares. Las condiciones climáticas en las que se producen las manzanas en Uruguay son extremadamente conducentes al desarrollo de la enfermedad debido a la ocurrencia de primaveras lluviosas. Así es que desde mediados del siglo XX el control de la sarna se realizaba mediante un sistema de aplicaciones periódicas, de fungicidas de contacto, desde el inicio de la brotación hasta la cosecha (Carbonell et al., 1975). Las aplicaciones de fungicidas se iniciaban con la “cura de cabecera” que consistía en la aplicación de Caldo Bordelés en el momento de punta plateada, aplicación que se realizaba sin ningún fundamento técnico debido a que, en ese momento, no hay tejidos susceptibles para proteger. Luego se continuaba el manejo con aplicaciones periódicas de fungicidas de contacto (captan o mancozeb) con el objetivo de mantener el cultivo permanentemente “cubierto” (protegido). Los tratamientos se hacían con una frecuencia de 5 a 7 días hasta la floración y de 10 a 14 días desde floración en adelante hasta la cosecha realizando entre 17 a 20 aplicaciones en promedio en cada temporada (Carbonell et al. 1975, García 1998).

Los conocimientos sobre la biología de *V. inaequalis* aportados por Mills (Mills, 1944) se pusieron en práctica en nuestro país cuando en 1975 se terminó de ajustar un Sistema de Alarma para las principales zonas productoras de manzana, Melilla y Juanicó (García y Moscardi 1981, García 1998). Este servicio, que informa a los agricultores de la ocurrencia de períodos de infección, fue brindado inicialmente por el Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger (CIAAB) y en la actualidad por la Dirección General de Servicios Agrícolas del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP). Con la aparición de la alarma se pretendió implementar un cambio en la estrategia de manejo de la sarna. En lugar de seguir realizando aplicaciones semanales de fungicidas, ahora solo aplicarían cuando se confirmara la ocurrencia de las infecciones, pudiendo reducir el número de aplicaciones por temporada. Los fungicidas con actividad pos-infección recomendados según el esquema propuesto eran dodine, benomyl, metil tiofanato y mezcla sulfocálcica (García y Moscardi, 1981). En esa época aún no se tenía conciencia del riesgo de que estos fungicidas dejaran de ser efectivos a causa de la aparición de resistencia en las poblaciones de *V. inaequalis*.

Sin embargo, una de las principales dificultades prácticas que presentó este esquema de manejo fue que durante la primavera suelen ocurrir varios días de lluvias, seguidos por más de un día de viento, lo que dificulta realizar las aplicaciones curativas a tiempo (García, 1998). Por esta razón en la práctica no se abandonó la estrategia preventiva en base a la aplicación periódica de fungicidas de contacto, sino que ésta se mantuvo y fue reforzada con la incorporación de aplicaciones curativas de fungicidas penetrantes cada vez que recibían el aviso dado por el sistema de alarma.

De todos modos, al disponer de información precisa sobre la ocurrencia de cada período de infección, los productores podrían restringir el uso de fungicidas con actividad pos-infección aplicando solamente cuando el servicio lo indicara y sus montes no se encontrasen protegidos por una aplicación previa de un fungicida de contacto. No obstante, en la práctica esto tampoco ocurrió ya que los productores y técnicos adoptaron el criterio de aplicar fungicidas con efecto retroactivo, cada vez que se emitía la Alarma, sin considerar si sus montes estaban o no protegidos por aplicaciones preventivas. Esto condujo a un uso excesivo de fungicidas para el control de la enfermedad.

Más adelante, una importante epidemia de *V. inaequalis* ocurrida en la primavera 2007, puso sobre la mesa la necesidad de realizar estudios de resistencia a fungicidas. En el año 2008 se iniciaron los primeros estudios de evaluación de la sensibilidad a estrobilurinas y en los años siguientes se continuó evaluando la resistencia a IBEs en las poblaciones locales de *V. inaequalis*. Los resultados mostraron que la resistencia a fungicidas del grupo de las estrobilurinas estaba generalizada y que aparecía evidencia de resistencia a IBEs (Casanova y Celio, 2011; Casanova et al 2008; Mondino et al 2012; Mondino et al 2015).

La confirmación de la presencia de poblaciones de *V. inaequalis* resistentes a los fungicidas del grupo de las estrobilurinas y a fungicidas Inhibidores de la biosíntesis del ergosterol (IBEs), obligó a replantearse las estrategias de manejo de esta enfermedad. Se necesitaba maximizar la eficiencia de la estrategia preventiva en base a fungicidas de contacto de modo de reducir al mínimo la necesidad de uso de fungicidas con efecto retroactivo. Esta estrategia consiste en prevenir las infecciones aplicando fungicidas de contacto dentro de las 48 a 24 horas previas al inicio de la lluvia, y recurrir a las aplicaciones curativas de fungicidas solo cuando, por alguna razón, no fue posible prevenir las infecciones. La disponibilidad de pronósticos meteorológicos más precisos ha facilitado la implementación de dicha estrategia (Mondino y Alaniz, 2009). Los fungicidas de contacto utilizados para prevenir las infecciones de *V. inaequalis* continúan siendo el mancozeb y el captan.

Las desventajas que se pueden señalar a esta estrategia son de índole práctica. Es necesario que el productor tenga correctamente dimensionada la maquinaria para poder realizar a tiempo las aplicaciones cuando se pronostican lluvias, previendo a su vez que la planta se seque antes de que comience a llover. Además, se debe disponer de mano de obra para realizar las aplicaciones, aún si fuera necesario hacerlas en días no laborables (fines de semana o feriados).

Asimismo, debido a las características climáticas de nuestro país, donde algunos eventos de lluvia pueden durar varios días y a las múltiples dificultades que pueden presentarse en cada establecimiento para realizar las aplicaciones preventivas a tiempo, inevitablemente los agricultores se ven en la necesidad de realizar aplicaciones pos-infección más de una vez por temporada. Por lo tanto, la posibilidad de utilizar fungicidas con efecto retroactivo constituye una herramienta fundamental para el manejo de esta enfermedad. Dado este nuevo escenario, donde la resistencia a IBEs ya ha sido constatada en Uruguay por lo que su uso debe restringirse (Mondino et al., 2015), los agricultores han vuelto a considerar al dodine como una herramienta alternativa importante para manejar esta enfermedad.

El dodine es un fungicida de contacto y con acción translaminar que actúa a nivel de la membrana celular, pero el modo de acción es desconocido (FRAC, 2018). Posee excelente actividad protectora, efecto retroactivo de 48 horas y acción antiesporulante en aplicaciones

pos-síntomas (Rosenberger, 2011). No se recomienda su aplicación sobre frutos pequeños porque les produce roñado especialmente cuando es aplicado con temperaturas bajas.

El dodine fue introducido en Estados Unidos como un potente fungicida con actividad pos-infección para el control de la sarna del manzano hacia fines de la década de 1950. En el año 1968, fueron observadas las primeras fallas en el control, y un año después, Szkolnik y Gilpatrick (1969) publican por primera vez la aparición de resistencia en poblaciones de *V. inaequalis* al dodine en Nueva York. Investigaciones realizadas por Köller et al. (1999) en Michigan y Nueva York, revelan que en poblaciones de *V. inaequalis* dónde previamente se había confirmado resistencia, después de cuatro y 13 años de no uso del dodine respectivamente, los niveles de resistencia poblacionales habían disminuido pero sin llegar a los niveles de sensibilidad de poblaciones que nunca fueron expuestas a dicho fungicida (sensibilidad de base). De todas maneras, una vez que el uso del dodine fue retomado, la proporción de individuos resistentes rápidamente volvió a incrementarse.

Ese descenso de la proporción de individuos resistentes a dodine en las poblaciones una vez que el fungicida dejó de usarse, sin alcanzar los niveles de sensibilidad existentes en las poblaciones nunca expuestas, podría estar explicado por el hecho de que el desarrollo de la resistencia de *V. inaequalis* a dodine es de tipo poligénica (Köller et al., 1999). Estudios realizados por Polach, citado por Crute (1992), indican que al menos 3 genes están involucrados en la resistencia de *V. inaequalis* a dodine, y sus efectos son aditivos.

En Polonia, el dodine fue introducido hacia finales de los años 60, y en 1990 fue detectado el primer caso de resistencia en *V. inaequalis* (Nowacka, citado por Meszka et al., 2008). A partir de entonces, en varias regiones de Polonia fueron publicados casos de resistencia, por lo que muchos de los productores dejaron de usar este fungicida. Estudios realizados por Broniarek-Niemiec y Bielenin (2008), Meszka et al. (2008), indican que los niveles de resistencia en las poblaciones de *V. inaequalis* persistieron a pesar de que el uso del dodine fue discontinuado, o solo ha sido utilizado una vez por temporada en los últimos años.

En este mismo sentido, en Canadá, en la región de Nova Scotia, después de casi 15 años de uso del dodine fueron observadas las primeras fallas en el control, y en 1977, estudios realizados por Ross y Newbery (1977) demostraron que los niveles de tolerancia de *V. inaequalis* a dodine eran mayores en poblaciones del patógeno que habían sido expuestas a dicho fungicida, en comparación con poblaciones nunca expuestas. Por otra parte, estudios realizados por Carisse y Jobin (2010), en Quebec, demostraron que en poblaciones de *V. inaequalis* que durante 30 años no fueron expuestas al dodine los niveles de resistencia eran mayores en relación con los niveles encontrados en poblaciones nunca expuestas, lo cual demuestra que los individuos resistentes persistieron en las poblaciones.

Dado que la resistencia a dodine es estable en los individuos de *V. inaequalis* (Carisse y Jobin, 2010), la disminución en los niveles de resistencia poblacionales registrados en Michigan y Nueva York una vez que el uso de dodine fue discontinuado (Köller et al., 1999), puede explicarse según Cox (2015) por una dilución en la proporción de individuos resistentes debido a fenómenos de selección por el uso de otros fungicidas, o también debido a que viejos montes de manzanos fueron abandonados y los nuevos cultivos se establecieron en áreas donde la resistencia de *V. inaequalis* a dodine no estaba aún establecida.

En Nueva Zelanda, por el contrario, estudios realizados por Bakker (1999), Beresford et al. (2012) muestran que desde la década del 90 las poblaciones de *V. inaequalis* no han perdido la sensibilidad al dodine, por lo que sigue siendo un fungicida efectivo. El no desarrollo de resistencia lo adjudican a la efectividad de las medidas de manejo antirresistencia recomendadas, y adoptadas por los productores, de no más de tres aplicaciones de dodine por temporada (Beresford et al., 2013).

En Uruguay el único antecedente de evaluación de resistencia de *V. inaequalis* a dodine fue realizado en la Clínica de Diagnóstico del MGAP en 1991. En dicha oportunidad Díaz (1997) evaluó el porcentaje de germinación de conidios de *V. inaequalis* a dos concentraciones de dodine y determinó que había cepas con tolerancia leve. Para verificar si efectivamente el uso del dodine es una medida eficiente para controlar la sarna del manzano en nuestro país, fue necesario determinar cuál es el estado de situación actual en cuanto a la resistencia en las poblaciones de *V. inaequalis* a este principio activo.

### Evaluación de la sensibilidad de poblaciones de *Venturia inaequalis* a dodine

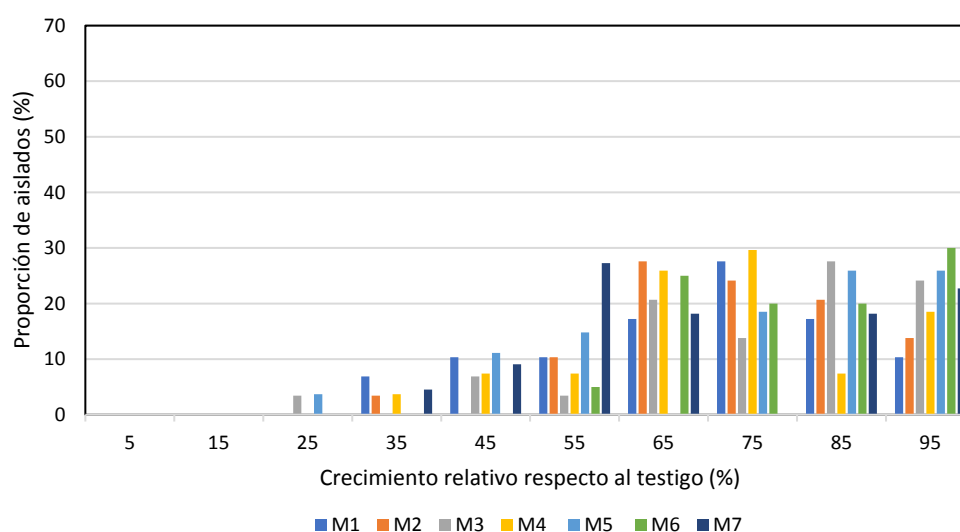
#### *Ensayo in vitro*

En el otoño del año 2016 se seleccionaron siete montes de manzanos con diferente historia de uso de dodine. Los montes se localizan en la principal región de producción de manzanas del país, en las localidades de Melilla y Las Brujas (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Montes seleccionados según su historia de uso de dodine

Monte	Variedad	Zona	Aplicaciones de dodine por temporada
1	Cripp's Pink	Melilla	sin uso
2	Early Red One	Melilla	1 o 2
3	Early Red One	Melilla	1 o 2
4	Red Chief	Melilla	1 o 2
5	Early Red One	Melilla	1 o 2
6	Red Chief	Melilla	3 o más
7	-	Las Brujas	sin aplicaciones desde 2011

De cada monte se obtuvieron entre 30 y 35 aislados monospóricos de *V. inaequalis*. La sensibilidad de los aislados a dodine se evaluó por el método de inhibición del crecimiento micelial. Se utilizó 0,2 ppm de dodine como concentración única de evaluación (Köller et al., 1999). Para ello, los aislados se sembraron en placas de Petri conteniendo medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA) con el fungicida incorporado; se efectuaron 4 repeticiones por cada aislado. Las placas se incubaron en estufa termostata a 20°C en oscuridad, durante cuatro semanas. Transcurrido ese tiempo, se tomaron dos medidas perpendiculares del diámetro de las colonias y se estimó su crecimiento relativo en porcentaje respecto al testigo (sin incorporación de fungicida al medio de cultivo PDA). En la Gráfica 1 se muestra la proporción de aislados de cada monte según su crecimiento relativo a la concentración única de evaluación utilizada.



**Gráfica 1.** Distribución de la proporción de los aislados de *Venturia inaequalis* en función de su crecimiento relativo a 0,2 ppm de dodine

En todas las poblaciones de *V. inaequalis* evaluadas se constató la presencia de aislados resistentes. Según Köller et al. (1999), se consideran aislados resistentes a aquellos que presenta un crecimiento relativo a la concentración de 0,2 ppm de dodine igual o mayor a 90% respecto al testigo sin fungicida. No obstante, se encontraron diferencias según la historia de uso de dodine. La población de *V. inaequalis* proveniente del monte donde nunca se aplicó dodine presentó la menor proporción de aislados resistentes (10%). Por el contrario, aquellos montes que recibieron aplicaciones de dodine todas las temporadas tuvieron una proporción de aislados resistentes de entre 15 y 30%.

### Ensayo a campo

Para corroborar si los resultados obtenidos *in vitro* implican la existencia de resistencia práctica a dodine se evaluó su efectividad en un ensayo a campo. En la primavera del 2018, 16 plantas de manzano (portainjerto M7/variedad Oregon Spur), plantadas en macetas de 5 litros, se mantuvieron bajo techo hasta su brotación. En las horas previas a la ocurrencia de dos eventos de lluvia, distanciados 10 días entre sí, las plantas se trasladaron a uno de los montes que presentó la mayor proporción de aislados resistentes (monte número 6). Las plantas se distribuyeron al azar en diferentes filas del monte y se mantuvieron allí hasta finalizado el periodo de infección.

Pasado cada periodo de infección las plantas fueron colocadas nuevamente bajo techo y la mitad fueron tratadas con dodine mientras que la otra mitad no recibió ningún tratamiento (testigo). La aplicación de dodine se realizó a la concentración recomendada de etiqueta mediante pulverización a punto de goteo con mochila. La aplicación correspondiente al primer evento de infección se realizó a las 38 horas de iniciado el periodo de hoja mojada, mientras que la correspondiente al segundo evento fue a las 42 horas.



**Figura 1.** Plantas de manzano variedad Oregon Spur (flecha blanca), mantenidas en un monte que presentó 30% de aislados resistentes *in vitro*, durante uno de los eventos de infección de *Venturia inaequalis*

Aproximadamente a los 15 días del primer evento de infección se observaron los primeros síntomas mientras que la evaluación del ensayo se realizó 15 días después de ocurrido el segundo evento de infección. Los resultados se muestran en el cuadro 2.

**Cuadro 2.** Resultados de la evaluación de aplicación de dodine pos-infección

Tratamiento	Plantas con síntoma (%)	Promedio de hojas con síntoma (%)	Número promedio de manchas por hoja
Aplicación de dodine pos-infección	100	28	1 a 3
Testigo (sin aplicación de fungicida)	100	61	2 a 6

Como se muestra en el cuadro, las plantas que fueron tratadas con dodine pos-infección presentaron síntomas de sarna en hoja. Estos resultados confirman que existe resistencia práctica a dodine.



**Figura 2.** Síntomas de *Venturia inaequalis* observados en plantas de manzano variedad Oregon Spur sin tratamiento con fungicida pos-infección (izquierda) y tratadas con dodine pos-infección (derecha)

La comprobación de la existencia de resistencia de las poblaciones de *V. inaequalis* a dodine aumenta las dificultades existentes para manejar esta enfermedad. Antes de este trabajo se tenía la expectativa de que el uso pos-infección del dodine contribuiría a minimizar las aplicaciones de fungicidas IBEs para los cuales ya se había constatado resistencia. Los resultados obtenidos obligan a minimizar, y en lo posible evitar, la necesidad de realizar aplicaciones curativas para el control de *V. inaequalis*. La manera de lograr esto es siguiendo una estrategia preventiva lo más eficiente posible de modo de que los árboles lleguen a cada período de infección protegidos por aplicaciones recientes de fungicidas de contacto. Para ello el pronóstico meteorológico constituye una herramienta indispensable para el manejo de esta enfermedad.

### Bibliografía

- Bakker, G. R. 1999. Sensitivity of *Venturia inaequalis* and *V. pirina* to dodine in New Zealand. In: New Zealand Plant Protection Conference (52nd., 1999, Nueva Zelanda). Proceedings. s.n.t. pp. 167-170.
- Beresford, R. M.; Wright, P. J.; Wood, P. N.; Park, N. M. 2012. Sensitivity of *Venturia inaequalis* to myclobutanil, penconazole and dodine in relation to fungicide use in Hawke's Bay apple orchards. New Zealand Plant Protection. 65: 106-113.
- Beresford, R. M.; Wright, P. J.; Wood, P. N.; Park, N. M; Larsen, N. J.; Fisher, B. M. 2013. Resistance of *Venturia inaequalis* to demethylation inhibitor and dodine fungicides in four New Zealand apple-growing regions. New Zealand Plant Protection. 66: 274-283.



- Broniarek-Niemiec, A.; Bielenin, A. 2008. Resistance of *Venturia inaequalis* to strobilurin and dodine fungicides in polish apple orchards. *Zemdirbyste Agriculture*. 95 (3): 366-372.
- Carbonell, J.; Briozzo, J.; Moscardi, C.; García, S. 1975. Calendario de pulverizaciones para manzano. Ministerio de Agricultura y Pesca/CIAAB. Hoja de divulgación No. 9. 4 p.
- Carisse, O.; Jobin, T. 2010. Resistance to dodine in populations of *Venturia inaequalis* in Quebec, Canadá. (en línea). *Plant Health Progress*. s.p. Consultado set. 2019. Disponible en <https://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/research/2010/dodine/>
- Casanova, L.; Leoni, C.; Mondino, P., 2008. Estudio de la resistencia a fungicidas en poblaciones de *Venturia inaequalis* en Uruguay. Seminario de Actualización en Frutales de Pepita. Estación Experimental Wilson Ferreira Aldunate de INIA Las Brujas, 21 de agosto de 2008.
- Casanova, Leticia; Celio, Antonella. 2011. Determinación de los niveles de resistencia "in vitro" a trifloxystrobin en poblaciones de *Venturia inaequalis*. TESIS presentada como uno de los requisitos para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Montevideo. Uruguay. 63p.
- Chapman K. S.; Sundin G. W.; Beckerman J. L. 2011. Identification of resistance to multiple fungicides in field populations of *Venturia inaequalis*. *Plant Disease*. 95: 921-926.
- Cox, K. D. 2015. Fungicide resistance in *Venturia inaequalis*, the causal agent of apple scab, in the United States. In: Ishii, H.; Hollomon, D. eds. *Fungicide resistance in plant pathogens*. Tokyo, Springer. pp. 433-447.
- Crute, I. R. 1992. The contribution of genetic studies to understanding fungicide resistance. In: Denholm, I.; Devonshire, A.L.; Hollomon, D. eds. *Achievements and developments in combating pesticide resistance*. London, Springer. pp. 190-202.
- Diaz, L. 1997. Evaluación de resistencia de *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint., (organismo causal de la sarna del manzano), a benomil y dodine. In: Perea, B.; Pagliano, G.; Pérez, E. eds. *Congreso Latinoamericano de Fitopatología* (9no., 1997, Montevideo). Montevideo. Zeneca. pp. 156.
- FRAC (Fungicide Resistance Action Committee, CH). 2018. Code list; fungicides sorted by mode of action. (en línea). 14 p. Consultado set. 2019. Disponible en <http://www.phibase.org/images/fracCodeList.pdf>
- García, S.; Moscardi, C. 1975. Sarna del manzano; sintomatología y ciclo biológico. CIAAB. Hoja de divulgación No. 23. 5 p
- García, S.; Orrico, J.; Wallasek, V. 1997. Control de sarna primaria en un programa de aplicaciones reducidas usando kresoxim-metil. In: *Jornada de resultados sobre protección vegetal en frutos*. Montevideo, INIA. pp. 68-71. (Actividades de difusión No. 150).
- García, S.; Moscardi, C. 1981. El sistema de alarma para el control de la sarna del manzano. *Miscelánea CIAAB*. no. 33. 9 p.
- García, S. 1998. Enfermedades a hongos que deben ser consideradas prioritariamente dentro de un programa de manejo integrado. In: Núñez, S.; García, S.; Paullier, J.; Pagani, C.; Maeso, D.

eds. Guía para el manejo de plagas y enfermedades en frutales. Montevideo, INIA. pp. 49-90 (Boletín de Divulgación no. 66).

- Jobin, J.; Carisse, O. 2007. Incidence of myclobutanil and keroxim methyl insensitive isolates of *Venturia inaequalis* in Quebec orchards. *Plant Disease*. 91: 1351-158.

- Köller, W.; Wilcox, W. F.; Barnard, J.; Jones, A. L.; Braun P. G. 1997. Detection and quantification of resistance of *Venturia inaequalis* populations to sterol demethylation inhibitors. *Phytopathology*. 87 (2): 184-190.

- Köller, W.; Wilcox, W.; Jones, A. L. 1999. Quantification, persistence, and status of dodine Resistance in New York and Michigan orchard populations of *Venturia inaequalis*. *Plant Disease*. 83 (1): 66-70.

- Köller, W.; Parker, D. M.; Trechek, W. W.; Rosenberger, D.; Wilcox, W.; Carroll, J.; Agnello, A.; Reissig, H. 2005. Fungicide resistance of apple scab; status Quo and management options. *New York Fruit Quarterly*. 13(1): 9-17.

- Meszka, B.; Broniarek-Niemiec, A.; Bielenin, A. 2008. The status of dodine resistance of *Venturia inaequalis* populations in Poland. *Phytopathologia Polonica*. 47: 57-61.

- Mills, W. D. 1944. Efficient use of sulfur dusts and sprays during rain to control apple scab. *Cornell Ext. Bull.* 630. 4 pp

- Mondino, P.; Alaniz, S. 2009. Manejo integrado de la sarna del manzano ocasionada por *Venturia inaequalis*. p. 35-43 En: Manejo Integrado de Doenças da Macieira. Stadnik, M. Ed. CCA-UFSC. Florianópolis. 229p. ISBN 978-85-904597-2-9

- Mondino, P.; Casanova, L.; Celio, A.; Leoni, C.; Alaniz, S. 2012. Situación de la resistencia a trifloxystrobin y difenoconazole de poblaciones de *Venturia inaequalis* en Uruguay, estrategias de manejo anti-resistencia. p35- 44. En: Seminario de Actualización Técnica Frutales de Pepita. INIA Serie de Actividades de Difusión N° 687. ISSN: 1688-9258

- Mondino, P.; Casanova, L.; Celio, A.; Bentancur, O.; Leoni, C.; Alaniz, S. 2015. Sensitivity of *Venturia inaequalis* to difenoconazole and trifloxystrobin in Uruguay. *Journal of Phytopathology* 163:1-10

- Olaya, G.; Köller, W. 1999. Baseline sensitivities of *Venturia inaequalis* populations to the strobirulin fungicide kresoxim-methyl. *Plant Disease*. 83(3): 274-278.

- Pfeufer E. E.; Ngugi, H. K. 2012. Orchard factors associated with resistance and cross resistance to sterol demethylation inhibitor fungicides in populations of *Venturia inaequalis* from Pennsylvania. *Phytopathology*. 102 (3): 272-282.

- Rosenberger, D. A. 2011. Understanding the limitations of newer apple fungicides. In: New England vegetables and fruit conference (2011, Manchester). Proceedings. Manchester, s.e. pp: 13-15.

- Ross, R. G.; Newbery, R. J. 1977. Tolerance of *Venturia inaequalis* to dodine in Nova Scotia. *Canadian Plant Disease Survey*. 57: 57-60.

- Stevic, M.; Vuksa, P.; Elezovic, I. 2010. Resistance of *Venturia inaequalis* to demethyltion inhibiting (DMI) fungicides. *Zimberbiste*. 97 (4): 65-72.
- Szkolnik, M.; Gilpatrick, J. D. 1969. Apparent resistance of *Venturia inaequalis* to dodine in New York apple orchards. *Plant Disease*. 53(11): 861-864.