



Instituto de Investigaciones Científicas Inicien

Rector

LUIS ENRIQUE PÉREZ OJEDA, Pbro.

Vicerrector académico

OSWALDO MARTÍNEZ MENDOZA, Pbro.

Vicerrectora administrativa

MARÍA DEL CARMEN RODRÍGUEZ MESA

Director - Editor

FABIO ALDEMAR GÓMEZ SIERRA, Pbro.

Redacción

GLORIA INÉS VARGAS AVENDAÑO

COMITÉ CIENTÍFICO EDITORIAL

Antonio Faustino Muñoz Moner. Ph.D

Dimas Malagón Castro. Ph.D

Marco Quijano Rico. Ph.D

Rudolf Kaiser. Ph.D

Pablo Enrique Pedraza. Ph.D

Nelson Ernesto López. Ph.D

Raymond Pierre. Ph.D

Pedro Almanza. PhD (c)

José Lozano. PhD

Diseño

Mauricio Bernal Benavides

Impreso en Boyacá por

WWW.JOTAMARLTDA.COM

Tunja - Boyacá - Colombia

2007

Prohibida la reproducción parcial o total sin
autorización de los editores.
Lo expresado en los artículos es responsabilidad
exclusiva de sus autores.

Biología, desarrollo y control

de la roña o sarna
(*Venturia inaequalis*) del
manzano (COOK) Winter

Por: SANTAMARÍA, Gorety¹

Resumen

La sarna *Venturia inaequalis* del manzano, es una de las enfermedades más importantes a nivel mundial. Anualmente se invierten millones de dólares en la compra y pulverización de fungicidas para su control. El hongo es altamente prevalente en zonas con pluviometría alta y condiciones favorables para su desarrollo, sumado a la gran susceptibilidad de las variedades cultivadas. Resulta relevante conocer su biología, desarrollo y manejo; aspectos que se plasman en el presente artículo como motivo de reflexión y análisis en el campo de la investigación científica. Lo anterior, debido a que los frutales constituyen un renglón económico que día a día tiene mayor importancia en el desarrollo del sector agrícola de nuestro país.

Palabras clave: fase sexual, fase asexual, ascospora, conidia, peritecio.

Abstract

The scabies of the apple tree *Venturia inaequalis* is one of the most important illnesses at world level. Annually, millions of dollars are invested in the purchase and pulverization of fungicides for their control. The fungus is highly prevalent in areas with high pluviometry and favorable conditions for its development, added to the great susceptibility of cultivated varieties. It is important to know its biology, development and handling, aspects captured in the article as subjects of reflection and analysis in the scientific investigation. The above-mentioned, due to fruit trees constitute an economic sector with a permanent bigger importance in the development of the agricultural sector of our country.

Keywords: sexual phase, asexual phase, ascospore, conidia, perithecium.

¹M.Sc. en Ciencias agrarias UNAL, Ing. Agrónoma UPTC. Docente e investigadora, Facultad de Ciencias Agrarias Fundación Universitaria JDC. Tunja. E-mail: sagome77@yahoo.es

Introducción

El estudio de las enfermedades que se manifiestan en nuestros cultivos, ha sido siempre una inquietud de los especialistas del sector agrario; pero también de los productores, quienes son los directamente afectados. Para ello, es imprescindible conocer todo lo que respecta a la biología del patógeno o agente causal, uno de los puntos esenciales de partida para llevar a cabo su manejo de manera adecuada y racional. Con la nueva tendencia mundial de producción se busca reducir el empleo de insumos contaminantes para obtener productos con calidad alimentaria y fácilmente comercializables.

Partiendo de esto se puede considerar que la sarna del manzano, es una enfermedad, cuyo reconocimiento oportuno, permite un tratamiento y por ende éxito en la producción. Se conoce que el hongo se registró por primera vez en Suecia en el año de 1819. En América fue conocido primero en los Estados Unidos, en el año de 1934, desde donde se ha distribuido por todos los continentes, constituyéndose en la enfermedad más limitante del manzano (Villalba et al., 1970).

La fase sexual del hongo se encuentra principalmente en hojas caídas que se depositan sobre el suelo y la asexual es prevalente en estados vegetativos del pomar. Además del manzano, *Venturia inaequalis*, ataca el espinillo albar, varias plantas ornamentales del género *Malus*, el níspero del Japón y otras plantas (Alexopoulos, 1996).

Las denominaciones para su género y especie son: *Venturia inaequalis* (Cook) Winter, 1897; *Spilocea pomi* Fr. = *Fusicladium dendriticum* (Wallr) Fck, para la fase sexual y asexual, respectivamente (Alexopoulos, 1996). Es un hongo superior, perteneciente a la Subdivisión Ascomycotina; se considera un patógeno saprófito facultativo, por lo que una vez mineralizada la hoja no tiene capacidad para competir con la microflora saprofitica del suelo y muere (Mondino, 2002).

Los métodos de control utilizados hasta ahora, tienen mucho que ver con el empleo de sustancias químicas. Con el paso del tiempo, y con el desarrollo de diferentes estudios, se buscan alternativas que minimicen su uso, conociendo aspectos relevantes de la biología y la epidemiología del patógeno, fundamentales para bajar su incidencia, disminuir costos y pérdidas para los fruticultores del departamento de Boyacá.

Biología y desarrollo del patógeno

Síntomas

En un trabajo experimental sobre el manejo de *V. inaequalis* realizado por Puín y Santamaría, (1993), se pudo establecer, de acuerdo con Agrios (2005), que los primeros síntomas de la enfermedad aparecen en el envés de hojas jóvenes, en forma de manchas claras e irregulares que luego se tornan de color verde oliváceo, con superficie aterciopelada y finalmente, gris oscuro con delineamiento circular (Figura 1).

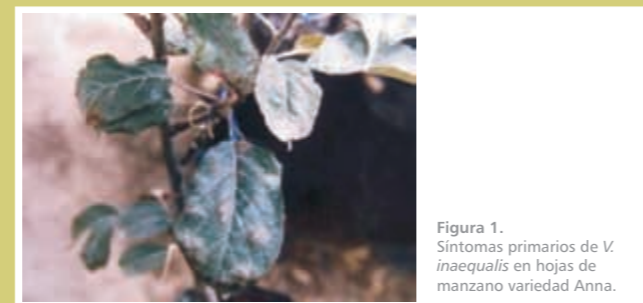


Figura 1. Síntomas primarios de *V. inaequalis* en hojas de manzano variedad Anna.

Tiempo después, las lesiones adquieren un color negro metálico sobresaliendo ligeramente de la superficie foliar. El número de lesiones por hoja varía con la severidad de la infección. Las heridas pueden permanecer independientes o coalescer. Después de sufrir una infección primaria severa, las hojas se atrofian y enrollan y más tarde caen de la planta (Figura 2).

La infección del fruto aparece en forma de lesiones circulares, sarnosas y claras; al comienzo aterciopeladas y de color verde oliva; más tarde costrosas y oscuras (Figura 3). Esto puede ocasionar ruptura de la cutícula en el margen de la lesión. De ahí que en infecciones primarias y severas del fruto, éste presente grietas y deformaciones que con frecuencia producen su caída prematura.

En inoculaciones tardías, cuando los frutos están próximos a la madurez, se presentan lesiones, apenas poco visibles durante la cosecha, pero durante el almacenamiento se convierten en manchas oscuras. Las infecciones de las inflorescencias y las ramitas, se manifiestan como pequeñas manchas sarnosas poco comunes y de menor importancia.

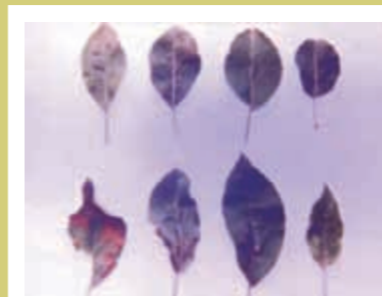


Figura 2. Evolución de los síntomas de *V. inaequalis* en hojas de manzano variedad Anna.



Figura 3. Fruto de manzano variedad Anna con síntomas de *V. inaequalis*.

Signos

La fase sexual de la sarna del manzano se denomina *Venturia inaequalis* (Cook) Winter. Posee peritecios (90 a 160 μ de diámetro) con setas (25 a 75 μ); éstos son ligeramente papilados no ostiolados (Berton & Melzer, 1989). Cuando llegan a la madurez, se tornan de color negro o pardo, presentando una ligera prominencia y un notable ostiolo. Dentro del peritecio se forman de 50 a 100 ascas (6 a 12 μ por 55 a 75 μ), de forma cilíndrica, alargadas y bitunicadas. Cada una contiene 8 ascosporas (Agrios, 2005).

Las ascosporas son bicelulares, amarillentas y su morfología hace alusión a la especie *inaequalis*, con la celda superior más corta y algo más ancha que la inferior (Alexopoulos, 1996) (Figura 4).

El estado asexual o conidial de *V. inaequalis* es *Fusicladium dendriticum*, con conidioforos cortos que producen en su extremo un conidio flamiiforme, de manera que conidioforo y conidio dan la apariencia de una vela corta que arde (Figura 5). Cada conidioforo forma sucesivamente una

cantidad de conidios acropétalos, se alargan después de la producción de cada conidio y van formando un anillo (Alexopoulos, 1996).



Figura 4. Ascosporas de *V. inaequalis*.

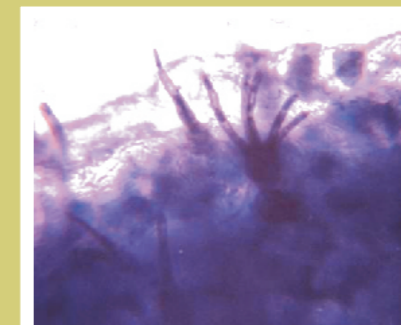


Figura 5. Conidioforos flamiiformes de *V. inaequalis* vistos bajo el microscopio óptico a 100X.

Los conidios son cortos, erectos, de color castaño; miden 20 μ por 5 o 6 μ . Además, son unicelulares y a menudo se vuelven bicelulares por septación (Berton y Melzer, 1989).

Epidemiología

Las condiciones climáticas que favorecen el desarrollo de las yemas del manzano, favorecen también el desarrollo de las ascosporas y conidios del hongo; de tal modo, que hay una correlación definida entre los dos fenómenos (Alexopoulos, 1996).

Las ascosporas germinan y producen infección sólo cuando se encuentran humedecidas durante un período determinado a temperatura ambiente comprendida entre 6 y 26°C. Así que para lograr la infección, las esporas deben mantenerse continuamente en los tiempos húmedos por 28 horas a 6°C, durante 14 h a 10°C, por 9 h de 18 a 24°C y

durante 12 h a 26°C (Agrios, 2005). La maduración de las ascosporas ocurre durante el final del invierno y al inicio del verano, con temperaturas de 16 a 18°C en las zonas templadas. En las áreas tropicales como Colombia, es prevalente la fase conidial sobre la fase sexual.

Cuando las ascosporas caen sobre una hoja húmeda se revisten de una película de agua e inician la germinación penetrando la cutícula e instalándose entre las células de la epidermis. Este proceso necesita de una temperatura adecuada y de un mínimo de horas de humedad foliar. A partir del momento en que el hongo se instala en las hojas o frutos inicia su fase asexual. El período entre la penetración del hongo y la aparición de los síntomas depende de las condiciones ambientales.

En comparación con las ascosporas, los conidios son liberados por medio de lluvias y vientos fuertes, diseminándolos a pequeñas distancias del pomar. Para causar infección, la fase conidial necesita de las mismas condiciones de las ascosporas. Por otro lado, la producción de conidios depende de una humedad relativa entre 60 y el 100%, con un óptimo de 90%. Encontrándose agua libre sobre las hojas las conidios germinan dentro de un amplio rango de temperatura desde 0.5°C hasta los 32°C (Berton y Melzer, 1989).

La combinación de factores ambientales es favorable en cada uno de los pasos del ciclo del hongo; tanto la lluvia como el viento ejercen un papel importante en la propagación de la enfermedad. Mills fue el primero en estimar los riesgos de infecciones de sarna, en función de la duración de la humectación del follaje y de la temperatura. Para ello se usan atrapaesporas volumétricas, trampas con portaobjetos, recolección de esporas por lavado de hojas y venturiómetros para evaluar los criterios de Mills (Kohl et al., 1994).

Control

Inicialmente, en la práctica de un



control de tipo cultural, es recomendable evitar plantar los árboles en terrenos demasiado frescos (Fabregas, 1986), pues debido a la presencia de vientos, la dispersión del inóculo es mucho más efectiva ya que éste se alberga en las hojas caídas del árbol frutal.

Por otro lado, se conocen algunos casos en los cuales opera un sistema de control químico primario, a través de agentes biológicos. Pero, si se sabe que *V. inaequalis* inverna en las hojas postradas del manzano, se forman los peritecios, se aconseja, la aspersión de las hojas con urea inmediatamente después de la cosecha, pues con ésta se inhibe la posterior formación de los peritecios del hongo, se acelera la descomposición de las hojas, aumentando su palatabilidad por las lombrices de tierra que las consumen (Dickinson, 1987).

De igual forma, puede controlarse eficazmente la roña del manzano haciendo aspersiones oportunas con fungicidas adecuados. Para que un programa de control de la enfermedad tenga éxito se deben llevar a cabo aspersiones inmediatamente después de que ha llovido, desde el momento en que brotan las yemas hasta que todas las ascosporas sean liberadas de los peritecios (Gilpatrick *et al.*, 1972).

En teoría, y de acuerdo con Mondino (2002), existen dos estrategias posibles para el control químico de esta enfermedad:

a) Preventiva con base en fungicidas de contacto aplicados antes de que ocurran las infecciones, especialmente con aquellos que pertenecen a grupos químicos tipo cúpricos, azufrados, Ftalamidas y Dithiocarbamatos.

b) Curativa con base en la utilización de fungicidas sistémicos (pirimidinas, triazoles e imidazoles), aplicados con posterioridad a la ocurrencia de un período de infección. No obstante, estos son de mucho cuidado para su uso, debido a la tendencia a crear resistencia en el patógeno si no se realizan aplicaciones en las dosis y épocas adecuadas.

En las explotaciones de manzana del departamento de Boyacá, el control de esta enfermedad se realiza integrando estas dos estrategias, pero también teniendo en cuenta el desarrollo fenológico de los árboles, entre otros: en el estado de caída de hojas, en prefloración, en botón rosado, después de floración y en fructificación.

Actualmente el productor dispone también de varios grupos de fungicidas que actúan sobre las diferentes fases de desarrollo del patógeno.

·Grupo de fungicidas que inhiben la germinación de

esporas; como los derivados de guanidina y los Ftalamidas

·Fungicidas sistémicos que inhiben el desenvolvimiento del micelio, antes de que aparezcan las lesiones en el hospedero

·Fungicidas sistémicos que presentan una actividad de complementación, en relación con los fungicidas con actividad de post-infección; como los benzimidazoles

·Fungicidas de acción erradicante aplicados sobre las manchas esporulantes, que inhiben futuras producciones de conidias: los benzimidazoles y los derivados de guanidina (Blanco, 1991).

Para su uso, es conveniente comenzar solamente cuando el nivel de inóculo supera el umbral de daño. Es así, como se logran suprimir las primeras aplicaciones comenzando a partir de que los brotes tengan más de un cm. de longitud. Las fumigaciones preventivas se pueden realizar cada 7 a 10 días con fungicidas de contacto. Con esto, se trata de impedir la penetración del hongo en la planta en momentos en que surgen condiciones para la infección recubriéndola de una película de fungicida. En general se manejan 7 días en las primeras etapas de desarrollo vegetativo, en las cuales el tejido es más susceptible, y existe un crecimiento rápido que expone nuevo tejido al ataque. Posteriormente, los tejidos se tornan más resistentes y las condiciones climáticas no son tan favorables por lo que las aplicaciones se realizan en forma más espaciada (Mondino, 2002).

Con relación a este aspecto, uno de los ensayos realizados fue el de Puin y Santamaría (1993). Allí se pudo verificar que el uso de fungicidas como triazol-flusilazol (punch), Ftalamidas captan (orthocide) y Dithiocarbamatos-ofurace (patafol) alcanzan una elevada eficiencia (61-67%) en el control de *Venturia* durante el período vegetativo del cultivo, presentando sólo un 21-26% de hojas afectadas por el patógeno. Al respecto, se recomienda la administración de dosis bajas, ya que su uso fue el más efectivo.

Debido a la resistencia que puede generar el uso de estos fungicidas químicos, se han realizado estudios con hongos antagonistas para *V. inaequalis*. Uno de ellos, se llevó a cabo con la variedad Red Chief en una localidad cerca de la ciudad de Talca en México, utilizando *Trichoderma* spp. en combinación con Promesol 5X (producto a base de ácidos carboxílicos alifáticos y polisacáridos) aplicados a la hojarasca del manzano. El resultado fue un alto porcentaje de inhibición en la liberación de ascosporas (Montecinos, 2004).

Otros estudios han demostrado disminución significativa en la severidad de la enfermedad en variedades de man-

zano en las cuales se aplicó *Trichoderma harzianum*. Además, se evaluó el efecto de las endocitocinas de este hongo, incluso en variedades de manzano transgénico, donde la severidad se redujo de 0 a 99.7% (número de lesiones), 0 a 90% (porcentaje de área foliar infectada), y 1 a 56% (conidias recuperadas), demostrando con ello una correlación negativa entre el nivel de producción de endocitocina y la cantidad de enfermedad y el crecimiento de la planta (Bolar *et al.*, 2000).

Por otro lado, se ha probado que *Trichoderma* spp. produce o libera variedad de compuestos que inducen una respuesta de resistencia sistémica o localizada, debido a que estos hongos no presentan patogenicidad hacia las plantas. Esta asociación entre el microorganismo y la raíz causa cambios sustanciales en el proteoma y el metabolismo de la planta, en forma similar al desempeño de otros patógenos de la raíz. La colonización de la rizosfera, por parte de *Trichoderma* spp con frecuencia también ayuda a su crecimiento y desarrollo, la productividad del cultivo, resistencia al estrés abiótico y a la toma y uso de nutrientes (Harman *et al.*, 2004).

De igual forma, se ha encontrado que el uso de diferentes especies de *Trichoderma* como agentes de control biológico, en especial *T. harzianum*, *T. viride* y *T. virens* (*Gliocladium virens*), tienen un alto potencial sobre géneros de hongos que afectan a las plantas tales como: *Armillaria*, *Botrytis*, *Chondrostereum*, *Colletotrichum*, *Dematophora*, *Diaporthe*, *Endothia*, *Fulvia*, *Fusarium*, *Fusicladium*, *Helminthosporium*, *Macrophomina*, *Monilia*, *Nectria*, *Phoma*, *Phytophthora*, *Plasmopara*, *Pseudoperonospora*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Rhizopus*, *Sclerotinia*, *Sclerotium*, *Venturia*, *Verticillium* y otros hongos de la raíz (Lumsden *et al.*, 1993; Monte, 2001 citados por Monte y Llobell, 2003). Sin embargo, es esencial conocer muy bien el efecto de un hongo antagonista para saber cuál puede ser su uso efectivo.

Conclusiones

En la manifestación de enfermedades fungosas como *V. inaequalis* es importante saber acerca de las condiciones ambientales que promueven su desarrollo así: alta humedad relativa acompañada con lluvias y temperaturas entre 6 y 24°C, ya que con sólo una película de agua éste patógeno comienza su ciclo de vida.

Todos los órganos verdes de la planta son susceptibles al ataque de este patógeno, aunque existen diferencias en el grado de susceptibilidad, como es el caso de hojas jóvenes y frutos recién formados. Por ende, resulta importante proteger estos órganos y hacer aplicaciones curativas para evitar la aparición y esporulación de los síntomas presentes.

El uso potencial del control biológico en el manejo de los patógenos de plantas hace imprescindible la profundización en este tema y la realización de muchos ensayos, para verificar su efectividad y contrarrestar estos problemas, que representan un alto porcentaje de pérdidas para los agricultores de la región y el país.

Bibliografía

- AGRIOS, G. N. (2005). Plant Pathology. 5th ed. Elsevier Academic Press. London. ISSN 0-12-044565-4. 903 pp.
- ALEXOPOULOS, C.J y MINS, C.W. y BLACKWELL M. (1996). Introductory Micology. 4th ed. John Wiley & Sons. Inc. New York. 833 pp.
- BERTON, O y MELZER, R. (1989). Introdução a um Sistema de alerta para o controle da sarna da macieira *Venturia inaequalis* na região do Vale do Rio de Peixe, Sc. Fitopatologia Brasileira, pp.12-15
- BLANCO, J. (1991). Evaluación de un sistema de alerta para el control de la sarna del manzano *V. inaequalis* (Cook) Winter en la variedad Anna. UPTC. Tunja.
- BOLAR, J.P. *et al.* (2000). Expression of Endochitinase from *Trichoderma harzianum* in Transgenic Apple Increases Resistance to Apple Scab and Reduces Vigor. *Phytopathology* 90 (1): 72-77.
- DICKINSON, C.N. (1987). Patología vegetal y patógenos de las plantas. Editorial Limusa. México. 312 pp.
- FABREGAS, R. J. (1986). Cultivo del manzano. 3^a ed. Editorial Síntesis. Barcelona.
- GILPATRICK, T.D.; SMITH, C.A. and BLOWERS, D. R. 1972. A method of spore germination studies. *Plant diseases reporter*. 56 (1): 39-42.
- HARMAN, G. *et al.* (2004). *Trichoderma* species: opportunistic, avirulent plant symbionts. *Microbiology* 2: 43-56. *Nature Reviews* www.nature.com/reviews/micro.
- KOHL, R.; BLANCO, J y KOLLAR, A. (1994). Detection of infection periods
- MONDINO, P. (2002). Enfermedades fúngicas del manzano. Facultad de Agronomía. Unidad de fitopatología. Montevideo, Uruguay. [en red] disponible en: www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/enfermedades/Sarna_del_manzano.htm
- MONTE, E. and LLOBELL, A. (2003). *Trichoderma* in organic agriculture. EN: Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate) pp. 725-733.
- MONTECINOS, C. (2004). Evaluación de la eficacia de tratamientos con urea, ácidos carboxílicos, *Trichoderma* spp y su mezcla aplicados a la hojarasca de manzanos sobre la liberación de ascosporas de *Venturia inaequalis*. Trabajo de grado Ingeniero agrónomo. Universidad de Talca. Resumen. [En red] disponible en: \dSPACE.UTALCA.CL/retrieve/7479/montecinos_torres.pdf
- PUIN, J. y SANTAMARIA, G. (1993). Evaluación de los fungicidas: ofurace (patafol), oxicarboxin (Plantvax) y clorotalonil (Bravo 500) en el control de la sarna del manzano *Venturia inaequalis* (Cook) Winter, variedad Anna, en vivero. Trabajo de grado. Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UPTC. Tunja, 102 pp.
- VILLALBA, M *et al.* (1970). Reconocimiento a las principales enfermedades fungosas del manzano. En Nuevo Colón y Sotaquirá (Boyacá). Ensayo sobre control químico de *Eriosoma lanigerum* (Hausman). Trabajo de grado. Facultad de Agronomía. UPTC. Tunja.