

## Susceptibilidad de Tres Cultivares de Manzano [*Malus sylvestris* (L.) Mill. var. *domestica* (Borkh.) Mansf.] y Manejo de la Roña del Manzano [*Venturia inaequalis* (Cooke) Wint.] en Sistemas de Producción del Estado de Hidalgo, México

**Manuel Rafael Ramírez-Legarreta, Juan Luis Jacobo-Cuéllar, INIFAP, Campo Experimental Sierra de Chihuahua (CESCH), Hidalgo 1213, Zona Centro, Cuauhtémoc, Chihuahua, México CP 31500; María Guadalupe Zácatenco-González, INIFAP, Campo Experimental Pachuca, km 3.6 Carr. Pachuca-Cd. Sahagún No. 200, Torre Norte 1er. Piso, Desp. 111, Centro Comercial El Saucillo, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México CP 42180; Rafael Ángel Parra-Quezada y Mario René Ávila-Marioni, CESCH.** Correspondencia: legarreta.manuel@inifap.gob.mx

(Recibido: Febrero 15, 2007 Aceptado: Marzo 29, 2007)

Ramírez-Lagarreta, M.R., Jacobo-Cuéllar, J.L., Zácatenco-González, M.G., Parra-Quezada, R.A. y Ávila-Marioni, M.R. 2007. Susceptibilidad de tres cultivares de manzano [*Malus sylvestris* (L.) Mill. var. *domestica* (Borkh.) Mansf.] y manejo de la roña del manzano [*Venturia inaequalis* (Cooke) Wint.] en sistemas de producción del Estado de Hidalgo, México. Revista Mexicana de Fitopatología 25:143-151.

**Resumen.** Durante el 2005 y 2006 se evaluó la susceptibilidad a la roña en condiciones de infección natural de tres cultivares de manzano, así como la efectividad de la Tabla de Mills para la utilización de fungicidas en el manejo de enfermedad en Acaxochitlán, Hidalgo, México. Se cuantificó el daño en hojas y fruto en 15 árboles bajo el sistema de predicción y en 15 árboles bajo el manejo del productor en los tres cultivares. Se monitoreó la temperatura (máxima y mínima), la precipitación pluvial y los períodos de humedecimiento. El cultivar Golden Delicious fue el más susceptible al ataque de la roña, seguido por Red Delicious y el cultivar regional Rayada. En 2005-2006 bajo el manejo tradicional, Golden Delicious presentó en promedio 26.4 lesiones por hoja y 83.8 lesiones por fruto, mientras que Red Delicious y Rayada tuvieron 13.7 y 27.3, y 4.2 y 0.6, respectivamente. El sistema de predicción permitió en el cultivar Golden Delicious 3.2 lesiones promedio por hoja y 0.4 por fruto, mientras que en Red Delicious y Rayada 1.8 y 0.4, y 0.7 y 0, respectivamente. La dispersión del inoculo (ascosporas y conidios) se registró desde el mes de marzo hasta agosto.

Palabras clave adicionales: Fungicidas, daño, predicción, susceptibilidad, Golden Delicious, Red Delicious.

**Abstract.** The susceptibility to scab under natural conditions of three apple cultivars, as well as the effectiveness of Mills

Table for fungicide utilization to manage the disease were evaluated during 2005-2006 in Acaxochitlán, Hidalgo state, Mexico. Scab damage on the three cultivars was quantified on leaves and fruits of 15 trees under the prediction system management and 15 trees under the traditional farmer management. Maximum and minimum temperatures, as well as rainfall and periods of humidity were recorded. Golden Delicious was the most susceptible cultivar, followed by Red Delicious and the regional cultivar Rayada. In 2005-2006 under the traditional system, Golden Delicious showed an average of 26.4 lesions per leaf and 83.8 lesions per fruit, while Red Delicious and Rayada showed 13.7 and 27.3, and 4.2 and 0.6, respectively. Under the prediction system Golden Delicious under showed an average of 3.2 lesions per leaf and 0.4 per fruit, while Red Delicious and Rayada showed 1.8 and 0.4, and 0.7 and 0, respectively. Dissemination of the inoculum (ascospores and conidia) was recorded from march to august.

Additional keywords: Fungicides, damage, forecasting, Golden Delicious, Red Delicious.

En México, la superficie plantada con manzano [*Malus sylvestris* (L.) Mill. var. *domestica* (Borkh.) Mansf.] asciende a 61,465 ha (SIACON 2006), las cuales aportan una producción de 479,192 ton, que representan un valor de la producción de \$1,477 millones de pesos. El promedio de rendimiento nacional es de 7.88 ton ha<sup>-1</sup> y los estados donde se localizan plantaciones son: Chihuahua, Durango, Coahuila, Zacatecas, Querétaro, Hidalgo, Puebla, Baja California, Aguascalientes, Chiapas, Distrito Federal, Guanajuato, Guerrero, México, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Sonora, Veracruz, Nuevo León, San Luis Potosí y Tlaxcala. De los 31 estados de la federación más el Distrito Federal, el manzano se

encuentra ubicado en 25 de éstos bajo una diversidad de climas y suelos. Los principales estados productores de manzana del país son Chihuahua, Durango y Coahuila, donde se obtienen los rendimientos promedio más alto y los niveles de plantación más elevados del país. El consumo mundial de manzanas entre 1998 y 2000 fue de 47.2 millones de ton (Giacinti, 2002), en México el consumo de manzanas presenta un crecimiento del 4.9% anual (Giacinti, 2003), sin realizar campañas exhaustivas de propaganda y con los precios más altos del mercado en todo el continente Americano. La demanda interna de manzana en México es de aproximadamente el doble de lo que se produce a nivel nacional, por lo que se tiene que recurrir al mercado de importaciones para subsanar esta deficiencia. El estado de Hidalgo presenta 1,500 ha plantadas con manzano, lo que representa el 2.44% del total plantado a nivel nacional; su rendimiento promedio actual es 3.79 ton ha<sup>-1</sup>, inferior en un 51.9% a la media de producción nacional; sin embargo, la situación actual del cultivo del manzano en Hidalgo presenta connotaciones culturales, climáticas, de organización y comercialización que no muestran el potencial real de este cultivo. El sistema de producción, como todos los sistemas agrícolas del país tiene a la vez limitantes de la producción; para el caso de Hidalgo, la roña del manzano causada por el hongo *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint. es la más importante, ya que el manchado de la fruta ocasiona la pérdida de su valor comercial de \$7.00 pesos por kilo alcanzado por lo temprano de la cosecha, a \$0.40. El presente estudio tuvo como objetivos definir la susceptibilidad al ataque de la roña de tres cultivares de manzano, la evaluación de la tabla de Mills como sistema de manejo de la enfermedad comparado con el manejo tradicional del productor, el monitoreo de ascosporas y conidios de *Venturia inaequalis*, la definición del impacto ambiental derivado del manejo de la enfermedad y la rentabilidad del mismo.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de susceptibilidad de cultivares se realizó en un huerto de la localidad de Tlamimilolpa, municipio de Acaxochitlán, Hidalgo, México. Se seleccionó una área de 15 árboles de cada cultivar durante los ciclos 2005 y 2006. Se utilizaron dos huertos para la evaluación del sistema de predicción, uno en la localidad de Tlamimilolpa con los cultivares Golden y Red Delicious y otro huerto en la localidad de Zacacuatla con el cultivar regional Rayada durante el 2005. Para el ciclo 2006 se repitió el número de cultivares y parcelas en Tlamimilolpa, en tanto que en Zacacuatla, la parcela fue modificada hacia los cultivares Golden y Red Delicious. Cada parcela de evaluación fue de 15 árboles por cultivar. Se monitorearon las temperaturas máximas y mínimas (Jones, 1991 y 1993), precipitación pluvial y período de humedecimiento de la hoja. Tanto en cultivares como en el sistema de predicción se registró la incidencia de la roña del manzano, mediante el número de lesiones por hoja en cuatro ramas por árbol con orientación N, S, E y O, de los cinco

árboles centrales de cada parcela evaluada. El daño se evaluó también en el fruto más apical de cada uno de los brotes donde se determinó el daño en las hojas. La determinación del número de lesiones se realizó en forma semanal. El manejo de estas parcelas se contrastó con el manejo tradicional del productor en tres hileras de cinco árboles adyacentes de cada cultivar, realizándose el mismo tipo de evaluación en hojas, ramas y frutos. La evaluación de daño final se realizó previo a cosecha en ambos ciclos. Los fungicidas utilizados fueron: Captan (225 g 100 L H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>), Tiophanato metílico (100 g 100 L H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>) y Kresoxim metil (12 g 100 L H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>). Las aplicaciones se realizaron de acuerdo a la tabla de Mills (Mills, 1944), modificada (Gadoury y MacHardy, 1982; MacHardy, 1996; MacHardy y Gadoury, 1989), la cual considera temperatura media diaria, precipitación pluvial y período de humedecimiento del follaje. Se monitoreó la presencia de ascosporas y conidios mediante un trampador de esporas construido bajo el diseño original del elaborado por Gadoury y MacHardy (1983), el cual permite un período de muestreo semanal, posibilitando diferenciar días y horas de captura. Una vez realizado el trampeo semanal, se llevó la cinta del trampador al laboratorio donde se cortó en segmentos que representaron un día, colocándose cada segmento en un portaobjetos con lactofenol azul de algodón, medio de montaje que actúa como colorante (López-Aceves, 1980). Posteriormente en las fracciones de cinta que representaron un día se muestreó la franja central de extremo a extremo en el microscopio compuesto a 40X (Goff, 1980). El área muestreada representó el 2.6% del área total de la cinta. Asimismo, en la parte adyacente a la ocupada por el trampador de esporas se colocó un higrotermógrafo marca Dickson y un pluviómetro, que permitió la captura de información de temperatura y precipitación pluvial. El período de humedecimiento se hizo de manera visual. Se evaluó el coeficiente de impacto ambiental producido por la aplicación de fungicidas (Ramírez-Legarreta y Jacobo-Cuéllar, 2002; Ramírez-Legarreta *et al.*, 2004a), mediante la metodología propuesta por Kovach *et al.* (1992), cuyo procedimiento consiste en el cálculo de una ecuación que conjuga tres componentes principales de los sistemas de producción agrícola: el trabajador, el consumidor y la biota no humana, cada uno influye con igual proporción en el valor final. La ecuación que describe al coeficiente de impacto ambiental se desglosa de la siguiente manera: EIQ = {C[(DT<sup>5</sup>)+(DT<sup>2</sup>P)] + [(C\*(S+P)/2\*SY) + (L)] + [F\*R] + (D\*((S+P/2\*3) + (Z\*P\*3) + B\*P\*3))}/3; donde DT = Toxicidad dérmica, C = Toxicidad crónica, SY = Sistemicidad, L = Lixiviación potencial, R = Pérdida superficial potencial, D = Toxicidad en aves, S = Vida media en el suelo, Z = Toxicidad en abejas, B = Toxicidad en insectos benéficos y P = Vida media en la superficie vegetal. Una vez establecidos los coeficientes de impacto ambiental para cada uno de los plaguicidas (los autores obtuvieron coeficientes de impacto ambiental de 200 de ellos), se determina el impacto ambiental en campo de la siguiente forma: Impacto ambiental = EIQ\*i.a.\*dosis\*frecuencia, donde; EIQ

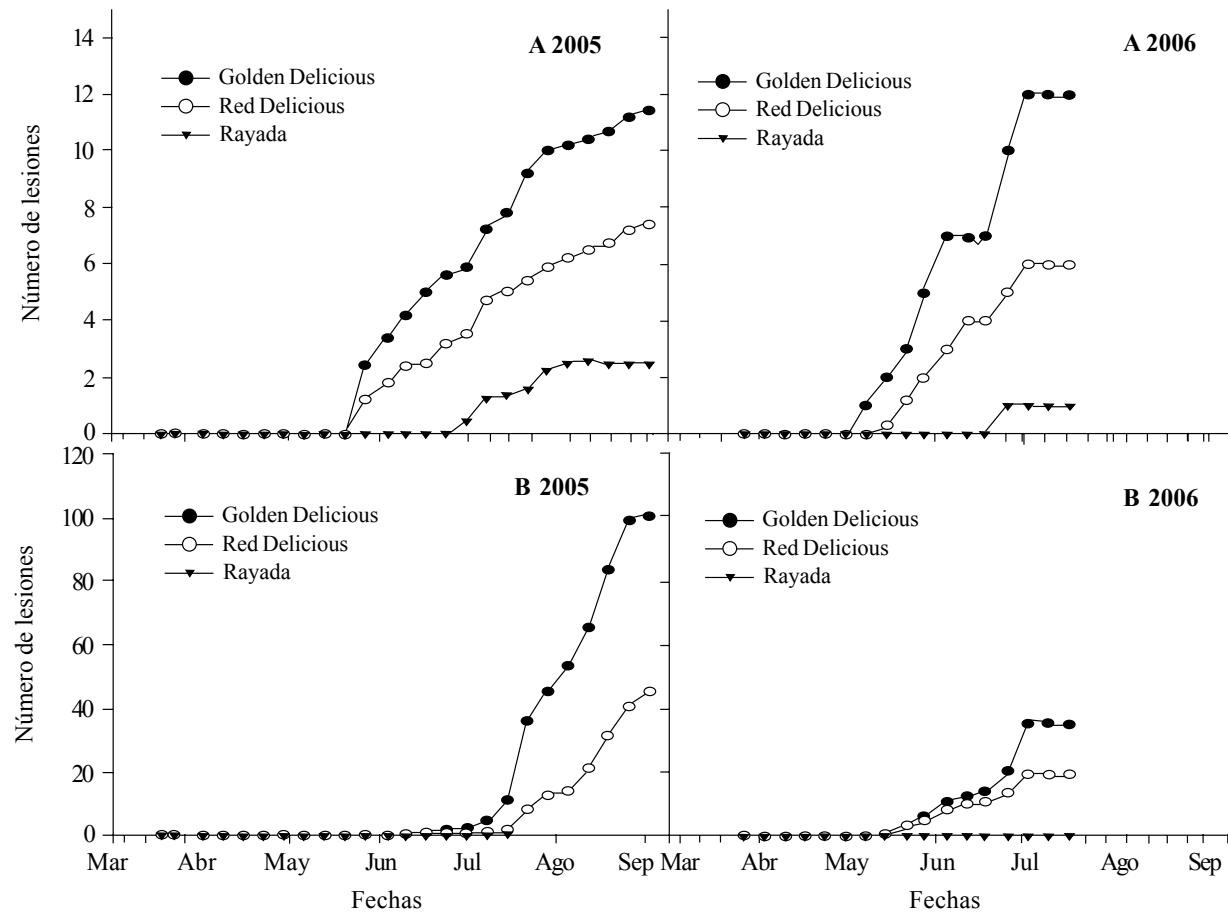


Fig. 1. Número de lesiones promedio por hoja (A) y fruto (B) de *Venturia inaequalis* en tres cultivares de manzano (*Malus sylvestris* var. *domestica*) durante los ciclos 2005-2006 en la localidad de Acaxochitlán, Hidalgo, México.

= Coeficiente de impacto ambiental obtenido de tablas (Kovach *et al.*, 1992); i.a.= Ingrediente activo del producto formulado; dosis = Cantidad de producto comercial aplicado en campo; frecuencia = Número de aplicaciones. Finalmente se realizó un análisis económico del sistema de producción, incorporando la tecnología de manejo de roña del manzano para conocer su índice de rentabilidad (Perrin *et al.*, 1979).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Susceptibilidad de cultivares.** La Figura 1A muestra el desarrollo de la epidemia de roña sobre las hojas de tres cultivares plantados en Acaxochitlán, Hidalgo, durante los ciclos 2005-2006. Golden Delicious fue el cultivar que mostró más susceptibilidad en ambos años, seguido por Red Delicious y Rayada. Los resultados indican que el cultivar regional presenta cierto nivel de resistencia, adquirido a través de los años y de ataques epidémicos repetitivos, o bien que la estructura de crecimiento del árbol, más abierta y con menos follaje, no permite las condiciones adecuadas dentro del dosel para infecciones repetitivas y a gran escala como los otros

cultivares. Sin embargo, el potencial de infección en cultivares de reciente introducción como Golden Delicious es por demás severo, detectándose incrementos de daño de hasta el 456% sobre el daño registrado en el cultivar regional; el cultivar Red Delicious superó en daño al cultivar regional en 296%. El proceso epidémico en 2005 dio inicio dos meses después del período de floración del manzano (15 de marzo al 10 de abril), etapa que se considera crítica para el desarrollo de la enfermedad. El retraso fue ocasionado básicamente por la ausencia de lluvias durante este período, las cuales son el activador principal de la infección en hojas y la presencia de los síntomas. En el proceso epidémico de la enfermedad sobre los frutos de los tres cultivares se repitió el esquema de síntomas observado en las hojas (Fig. 1B), el cultivar Golden Delicious con el daño más alto, seguido por Red Delicious y Rayada. En el caso de los frutos las diferencias proporcionales entre el cultivar regional y los introducidos fue mayor que la observada en hojas. El desarrollo de la enfermedad en fruto durante 2005 se detectó 21 días después del inicio de la epidemia en hojas. La severidad registrada en número de

lesiones fue más alta en fruto que en follaje. En ambos ciclos, el número de lesiones en el follaje fue parecido; sin embargo, las lesiones en fruto mostraron grandes diferencias entre 2005 y 2006, aunque guardando el mismo comportamiento entre cultivares. En 2006, los primeros síntomas en hojas del cultivar Golden Delicious se registraron el día 10 de abril, en tanto que Red Delicious los mostró el 24 de abril. Fue notorio que en ambos cultivares el daño en follaje se presentó primero que el del fruto, así la presencia de lesiones sobre el fruto en el cultivar Golden Delicious se presentó hasta el 22 de mayo, aproximadamente 42 días después de registrados los primeros síntomas en el follaje. Para Red Delicious, este último evento dio inicio el 15 de mayo, es decir 21 días después del inicio de síntomas en el follaje. El cultivar Rayada no presentó daño en fruto y solamente una lesión promedio por hoja hasta el día 10 de julio del 2006. Los resultados encontrados en Red Delicious son coincidentes con los reportados por Sestras (2003).

**Eficiencia del sistema de predicción.** Durante el 2005, el modelo de predicción determinó siete aplicaciones de fungicidas en cada localidad, los días marzo 18 para ambas (Captan), abril 1 para ambas (Tiophanato metílico), mayo 7 y 21 (Kresoxim metil), mayo 27 y 30 (Kresoxim metil), junio 20 y 24 (Kresoxim metil), julio 5 y 9 (Tiophanato metílico) y julio 18 y 25 (Kresoxim metil). La selección de los productos dependió del tiempo en que la lluvia permitió realizar la aspersión utilizando las características de manejo en pre y postinfección (Poblete y Latorre, 2001), después de que el modelo definió la aplicación del fungicida. En el ciclo 2006, el modelo determinó seis aspersiones los días marzo 27 en Tlamimilolpa (Tiophanato metílico), abril 4 y 18 (Tiophanato metílico), Mayo 1 y 2 (Kresoxim metil), mayo 15 y 17 en ambas localidades y 29 en Tlamimilolpa (Kresoxim metil), y junio 26 para ambas localidades (Kresoxim metil). Durante el ciclo 2005 el sistema de predicción permitió un daño en el cultivar Golden Delicious de 2.5 lesiones por hoja y 0.5 por fruto, mientras que en Red Delicious y Rayada fue de 0.5 y 0.3, y 0.7 y 0, respectivamente (Cuadro 1). El manejo tradicional del productor permitió niveles de daño en Golden Delicious de 27.5 lesiones por hoja y 99.5 por fruto, mientras que en Red Delicious y Rayada fue de 10.5 y 28.6, y 4.2 y 0.6, respectivamente. Los resultados obtenidos presentan menor daño que en otros estudios realizados con

este patógeno, donde se reportan niveles de hasta 9% de daño en los tratamientos aplicados, y la realización de seis a nueve aspersiones (Jones *et al.*, 2002; Turecheck *et al.*, 2002). En trabajos relacionados se han detectado eficiencias de manejo más bajas con el kresoxim metil que las registradas en este estudio; Turechek y Koller (2004) determinaron un control con este producto del 97.8% en frutos y un 76% en follaje, los cuales son inferiores a los detectados en el estudio de Hidalgo, México; por otro lado, en el estudio norteamericano se realizaron 11 aspersiones durante el ciclo de cultivo. Los resultados del ciclo 2006 permitieron determinar que para el día 22 de julio del 2006 en la localidad de Zacacuatla, los árboles donde se utilizó el modelo de predicción presentaron 5.2 y 3.7 lesiones por hoja en Golden y Red Delicious, respectivamente. El número de lesiones en fruto fue de 0.2 y 0.3. La parcela testigo con el manejo tradicional presentó para esta fecha 24.9 (Golden Delicious) y 23.6 (Red Delicious) lesiones por hoja y 54.7 y 38.3 lesiones por fruto, respectivamente (Cuadro 2). En el huerto ubicado en Tlamimilolpa, los datos indicaron que el número de lesiones por hoja en Golden y Red Delicious fueron de 2.0 y 1.3, respectivamente. El número de lesiones por fruto fue de 0.4 y 0.7. Los árboles con el manejo del productor presentaron 25.4 y 16.9 lesiones por hoja en Golden y Red Delicious, mientras que el número de lesiones por fruto ascendió a 68.2 (Golden Delicious) y 26.0 (Red Delicious). Desde el 21 de junio el fruto dejó de ser comercializable para las parcelas testigo en ambas localidades debido a la cantidad de lesiones presentadas. Dado que los primeros resultados presentados en este trabajo indicaron que tanto Rayada como Red Delicious mostraron menor susceptibilidad al ataque del hongo, existe la posibilidad de que la cantidad de ingrediente activo aplicado no sea la misma en un futuro para cada uno de los cultivares, y que el número de aspersiones se pueda disminuir en Red Delicious y en Rayada. Aunque las epidemias de ambos ciclos fueron distintas, se observó que en el follaje del cultivar Golden Delicious el número de lesiones fue similar en 2005 (27.5) y 2006 (25.4 y 24.9), mientras que el número de lesiones en el fruto fue diferente en 2005 (99.5) y 2006 (68.2 y 54.7). En el cultivar Red Delicious, el número de lesiones registrado en el follaje durante 2005 (10.5) fue más bajo que en 2006 (16.9 y 23.6), en tanto que el número de lesiones en el fruto fue similar;

Cuadro 1. Número de lesiones en hoja y fruto de manzano (*Malus sylvestris* var. *domestica*) ocasionadas por *Venturia inaequalis* bajo dos tratamientos en dos cultivares de manzana y dos localidades de Acaxochitlán, Hidalgo, México, durante el 2005.

Tratamientos	Localidad					
	Zacacuatla		Tlamimilolpa			
	Rayada	Hoja	Fruto	Golden Delicious	Red Delicious	
Predicción	0.7 a <sup>z</sup>	0.0 a		2.5 a	0.5 a	0.5 a
Productor	4.2 b	0.6 a		27.5 b	99.5 b	10.5 b
						28.6 b

<sup>z</sup>Letras iguales indican medias estadísticamente similares (Tukey, p = 0.05).

Cuadro 2. Número de lesiones en hoja y fruto de manzano (*Malus sylvestris* var. *domestica*) ocasionadas por *Venturia inaequalis* bajo dos tratamientos en dos cultivares de manzana y dos localidades de Acaxochitlán, Hidalgo, México, durante el 2005.

Tratamientos	Localidad							
	Zacacuata				Tlamimilolpa			
	Golden Delicious	Red Delicious	Golden Delicious	Red Delicious	Hoja	Fruto	Hoja	Fruto
Hoja	Fruto	Hoja	Fruto	Hoja	Fruto	Hoja	Fruto	
Predicción	5.2 a <sup>z</sup>	0.2 a	3.7 a	0.3 a	2.0 a	0.4 a	1.3 a	0.7 a
Productor	24.9 b	54.7 b	23.6 b	38.3 b	25.4 b	68.2 b	16.9 b	26.0 b

<sup>z</sup>Letras iguales indican medias estadísticamente similares (Tukey, p = 0.05).

no mostró tendencias similares a la anterior, ya que en 2005 fue de 28.6 lesiones por fruto y en 2006 fue de 26.0 y 38.3 lesiones por fruto. La falta de tendencias claras en los datos presentados (en términos de semejanzas en las epidemias sobre follaje y fruto), no puede ser clarificada con este tipo de estudios, y aunque en ninguno de los casos analizados de manejo tradicional existen diferencias importantes que permitan a la manzana producida ser comercializable (el número de lesiones detectadas lleva a todos los frutos hacia la categoría de desecho), la explicación del comportamiento de la enfermedad solamente podrá realizarse mediante trabajos epidemiológicos, que permitan definir las relaciones del patógeno con el clima y la fenología del frutal, así como la presencia en el ambiente de densidades de patógeno que dan inicio al proceso de infección y como estas densidades van cambiando a través del tiempo. La Figura 2 muestra las diferencias visuales entre los manejos evaluados y la posibilidad de ofrecer fruto de excelente calidad mediante el manejo de la roña del manzano, bajo esquemas de predicción que permiten hacer más eficiente el uso de los recursos

económicos y ambientales del productor. Asimismo proporciona la posibilidad de que el cultivo de manzano inicie a formar parte importante de la economía del productor del estado de Hidalgo, opción que durante la mayoría de los años anteriores ha permanecido ausente por falta de estudios elementales de manejo de enfermedades y de procesos de transferencia de tecnología en el manejo de huertos. Parte fundamental del entendimiento del proceso que se describe, es el hecho de que el sistema de predicción puede cambiar la toma de decisiones año tras año, ya que ésta depende de las condiciones ambientales y de la presencia de tejido susceptible de ser atacado. En Holanda, la presencia de condiciones para infecciones severas se da en siete ocasiones por año en promedio; sin embargo, la presencia de condiciones para infecciones ligeras se presenta en cinco ocasiones por año (Holb *et al.*, 2005). Otro aspecto a considerar es el uso de diferentes grupos de fungicidas, con el objetivo de evitar la presencia de resistencia del hongo hacia estos productos. En el presente estudio se utilizaron productos benzimidazoles, estrobilurinas y phthalimidas.

**Dispersión de inóculo de *Venturia inaequalis*.** En la Figura 3 se muestra la presencia de ascosporas y conidios de *V. inaequalis* durante los ciclos 2005 y 2006. En 2005 la presencia de ascosporas se registró primero en Tlamimilolpa y posteriormente en Zacacuata, debido a la intensidad de las lluvias, ya que en Tlamimilolpa se presentaron dos días con 1 mm o más, en tanto que en Zacacuata ocurrieron pp menores de 1 mm en los mismos días. La captura de conidios presentó una condición inversa, ya que se hicieron presentes primero en Zacacuata que en Tlamimilolpa. La captura de ascosporas se efectuó de mayo a junio en esta última localidad, mientras que en Zacacuata el evento ocurrió hasta agosto. Es notorio que la densidad de conidios fue más alta en Tlamimilolpa, detectándose hasta agosto. Para el ciclo 2006 los eventos ocurrieron de forma por demás diferentes al ciclo 2005 (Fig. 3B). Las primeras ascosporas y conidios en ser registrados se localizaron en Zacacuata, la densidad de ambas se detecta invertida en relación a 2005, ya que la población de conidios fue más alta en el primer año del estudio, en tanto que la de ascosporas lo fue durante el segundo año. Posiblemente la disminución de daño en fruto durante 2006 se encuentre asociada a la menor densidad de conidios presentes, en tanto que el daño en follaje puede estar asociado a la presencia de



Fig. 2. Contraste en campo de las manzanas (*Malus sylvestris* var. *domestica*) Golden Delicious (A) y Red Delicious (B) producidas bajo el sistema tradicional (lado izquierdo en las figs. A y B), y el sistema que introduce el manejo de la roña del manzano (*Venturia inaequalis*) mediante la predicción del uso de fungicidas (lado derecho de las figs. A y B) durante el 2005-2006 en la localidad de Tlamimilolpa, Acaxochitlán, Hidalgo, México.

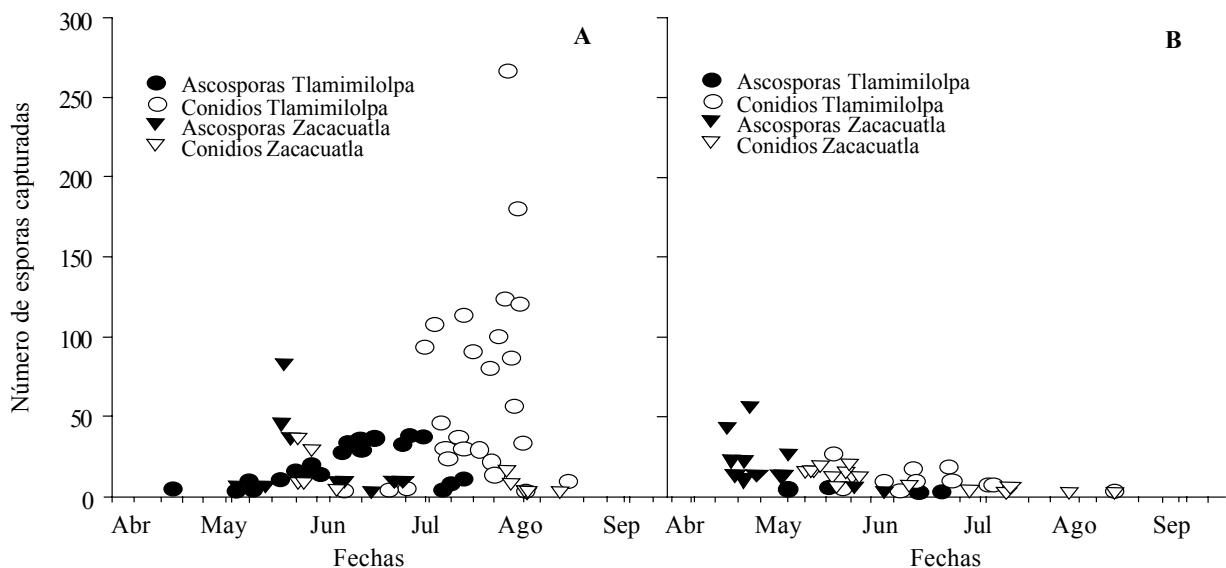


Fig. 3. Dinámica de captura de ascosporas y conidios de *Venturia inaequalis* durante los ciclos 2005 (A) y 2006 (B) en dos localidades de Acaxochitlán, Hidalgo, México.

ascosporas. El componente principal de ambos gráficos es la duración de la presencia tanto de ascosporas como de conidios durante el ciclo, ya que es también la duración del programa de protección a través del uso de fungicidas. Sin embargo, éste es modificado por la fecha de cosecha, debido a que el objetivo primordial es la protección del producto que se comercializa. En el caso del estado de Hidalgo, los cultivares con los cuales se trabajó fueron cosechados con alta calidad comercial para la segunda semana de julio de ambos años. En la Figura 4 se muestra la distribución de ascosporas y conidios durante las 24 horas del día, en los días en que hubo captura en el trapeador durante los ciclos 2005 y 2006. La captura de ambos tipos de esporas indica que la mayor concentración de éstas se ubica entre las 7:00 am y las 18:00 horas, lo cual coincide con lo determinado por Machardy (1996). Aunque el esquema de manejo mediante fungicidas permite asperjar uno o dos días después de iniciado el proceso de infección, en las figuras se puede observar también que las primeras horas después de la 7:00 am son las que concentran mayor densidad de esporas, por lo que posiblemente las aspersiones durante la mañana podrían ser más eficaces que aquéllas realizadas durante la tarde. Otro aspecto a resaltar es que durante 2005 las poblaciones más altas fueron de conidios, en tanto que en 2006 lo fueron de ascosporas.

**Producción y rentabilidad.** En el Cuadro 3 se presenta el análisis de rentabilidad promedio de la producción obtenida durante los ciclos 2005-2006 de los tres cultivares de manzana en la localidad de Acaxochitlán, Hidalgo, México. Un aspecto de suma importancia es el rendimiento promedio por hectárea de dos años de evaluación, el cual fue superior al rendimiento promedio (bajo condiciones de riego) de dos años detectado en la región manzanera del estado de Chihuahua (Ramírez-

Legarreta *et al.*, 2006); por otro lado, el índice de rentabilidad calculado también es superior a los obtenidos en Chihuahua con el mismo precio base. Los cultivares que mayor rentabilidad presentaron fueron Golden Delicious (\$8.60) y Red Delicious (\$7.53), superiores al registrado en el cultivar

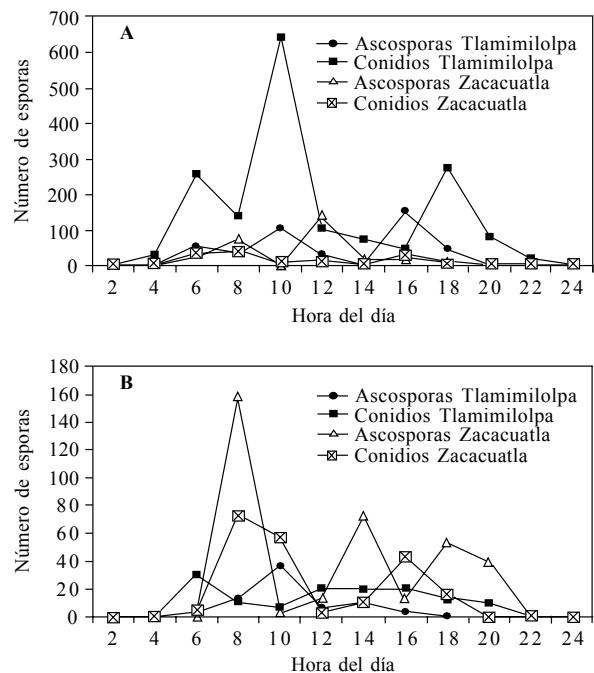


Fig. 4. Dinámica de captura de ascosporas y conidios de *Venturia inaequalis* durante las 24 horas del día en los años 2005 (A) y 2006 (B) en dos localidades de Acaxochitlán, Hidalgo, México.

Cuadro 3. Análisis de rentabilidad para producción en condiciones de temporal de tres cultivares de manzana (*Malus sylvestris* var. *domestica*) durante los ciclos 2005-2006 en Acaxochitlán, Hidalgo, México.

Actividad	Costo unit.	Red	Golden	Rayada	Costo/ha
<u>Poda</u>					
20 jornales	120.00	2,470.00	2,470.00	2,470.00	2,470.00
Serrote (2)	200.00	400.00	400.00	400.00	400.00
Tijeras largas (2)	500.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Deshierbes manuales					
16 jornales	120.00	1,920.00	1,920.00	1,920.00	1,920.00
<u>Fertilización</u>					
(18-46-00 y calcio)(0.5 kg/árbol)	4.10	820.00	820.00	820.00	820.00
Aplicación		240.002	40.00	240.00	
<u>Manejo de plagas</u>					
Trampas (4)	170.00	680.00	680.00	680.00	680.00
Colocar		240.00	240.00	240.00	
<u>Manejo de enfermedades</u>					
Captán 50 PH (1), (1 kg)	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00
Stroby (3), (\$389/200 g) (400 g)	389.00	778.00	778.00	778.00	778.00
Cercobin (2), (2 kg)	368.00	736.00	736.00	736.00	736.00
Aplicaciones (6)	203.00	1,218.00	1,218.00	1,218.00	1,218.00
<u>Desahije de fruto</u>					
27 jornales	120.00	3,240.00	3,240.00	3,240.00	3,240.00
Tijeras cortas (2)	80.00	160.00	160.00	160.00	160.00
<u>Cosecha</u>					
40 jornales	120.00	4,870.00	4,870.00	4,870.00	4,870.00
<u>Mano de obra</u>					
(limpieza poda, acarreo, vigilancia, etc.)	120.00	3,600.00	3,600.00	3,600.00	3,600.00
Subtotal		22,447.00	22,447.00	22,447.00	22,447.00
Costo del dinero (16.0%)		3,591.52	3,591.52	3,591.52	3,591.52
Costo total		26,038.52	26,038.52	26,038.52	26,038.52
Rendimiento (ton/ha)		56.00	64.00	32.00	
Valor de la producción		196,000.00	224,000.00	64,000.00	
Utilidad neta (\$)		169,961.48	197,961.48	37,961.48	
Índice de rentabilidad		7.53	8.60	2.46	

Nota: Precio de venta Red y Golden \$3,500.00/ton y Rayada \$2,000/ton

Rayada, debido básicamente a un mayor rendimiento obtenido y a un mejor precio de venta. Si se comparan los sistemas de producción de Chihuahua con los desarrollado en Hidalgo, se llega a la conclusión de que el estrato de baja tecnificación de Chihuahua, se encuentra más tecnificado que la mayoría de los existentes en Hidalgo; sin embargo, las ventajas agroecológicas son mayores en Hidalgo que en el norte del país y por lo tanto cualquier modificación tecnológica en éstos últimos tendrá mayor efecto sobre la producción y calidad de manzana. Una ventaja adicional de la manzana producida en Hidalgo, es su cercanía al Distrito Federal principal consumidor de la manzana que se comercializa en México. Los estados de manzana del norte del país necesitan trasladar el producto en condiciones refrigeradas durante períodos de 15 a 30 horas, en tanto que la manzana de Hidalgo solamente se requeriría trasladar dos horas como tiempo máximo. Los dos aspectos más importantes del sistema de

producción de manzano en Hidalgo son su temporal lluvioso y la calidad de suelo, los cuales permiten la obtención de rendimientos y rentabilidades ya descritas. La acumulación de frío registrada durante los ciclos y localidades en estudio fue de 900 y 1300 unidades frío calculados mediante el método de Richardson *et al.* (1974), lo cual permitió garantizar tamaños uniformes de fruto, así como la eliminación de productos químicos que promueven la brotación. Un análisis más exhaustivo permitirá conocer el nivel de riesgo por heladas existente en la región; sin embargo, en los años de estudio realizados, tanto en el cultivar Golden Delicious como en Red Delicious, el rendimiento no se observó afectado por el daño de heladas.

**Impacto ambiental.** El coeficiente de impacto ambiental generado por el manejo de la roña del manzano durante los ciclos 2005 y 2006 fue de 128.5 y 158.37 puntos, respectivamente. Los datos obtenidos son relativamente

bajos en comparación de lo que se registra en otras zonas manzaneras del país (Ramírez-Legarreta *et al.*, 2004 a, b), donde se registran 400.8 puntos en total y 214.75 puntos por el uso de fungicidas bajo condiciones de precipitaciones pluviales inferiores a los 500 mm al año. Los datos anteriores determinan que el ecosistema es impactado de manera más débil en los sistemas de producción de Hidalgo que en aquéllos que se han desarrollado en Chihuahua (Ramírez-Legarreta *et al.*, 2006).

### CONCLUSIONES

En Acaxochitlán, Hidalgo, el cultivar Golden Delicious fue el más susceptible al ataque de la roña del manzano, seguido por Red Delicious y el cultivar regional Rayada. El modelo de predicción presentó niveles de daño entre el 88.5 y 98.5% más bajos que el manejo tradicional del productor. El sistema de predicción permitió la obtención de manzanas de alta calidad comercial en los cultivares Golden Delicious y Red Delicious. La dispersión de inóculo se registró a partir de marzo hasta agosto.

### LITERATURACITADA

- Gadoury, D.M., and MacHardy, W.E. 1982. A model to estimate the maturity of ascospores of *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* 72:901-904.
- Gadoury, D.M., and MacHardy, W.E. 1983. A 7-day recording volumetric spore trap. *Phytopathology* 73:1526-1531.
- Giacinti, M.A. 2002. Horizonte estratégico mundial del negocio de la manzana y la tendencia de los precios en México. 2002. VIII Simposium Internacional sobre Manzano. 13-16 de Noviembre, Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua, México. 24 p.
- Giacinti, M.A. 2003. Visión Mundial del consumo de la manzana en fresco. [www.unifrut.com.mx](http://www.unifrut.com.mx). Consulta: junio 12, 2006.
- Goff, W.D. 1980. Fungicidal control and epidemiology of *Mycosphaerella carygyna* on pecan. Ph.D. thesis in Plant Pathology. Clemson University. Clemson, South Carolina, USA. 97 p.
- Holb, I.J., Hiejne, B., Withagen, J.C.M., Gáll, J.M., and Jeger, M.J. 2005. Analysis of summer epidemic progress of apple scab at different apple production systems in the Netherlands and Hungary. *Phytopathology* 95:1001-1020.
- Jones, V.P. 1991. Use phenology models for pest management. pp. 51-60. In: K. Williams (ed.). New Directions in Tree Fruit Management. Good Fruit Grower. 214 p.
- Jones, V.P. 1993. Degree day models. pp. 45-48. In: E.H. Beers, J.B. Brunner, M.J. Willet, and G.M. Warner (eds.). Orchard Pest Management. Good Fruit Grower. 276 p.
- Jones, A.L., Ehret, G.R., and Sundin, G.W. 2002. Apple scab control with strobilurin fungicides applied on protective schedule. *F & N Tests Vol 58: PF003*.
- Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., and Tette, J. 1992. A Method to Measure the Environmental Impact of Pesticides. New York's Food and Life Sciences. Bulletin No. 139. Cornell University. Ithaca, New York, USA. 8 p.
- López-Aceves, G.F. 1980. Manejo de Hongos Fitopatógenos. Departamento de Enseñanza e investigación en Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 135 p.
- MacHardy, W.E., and Gadoury, D.M. 1989. A revision of Mills' criteria for predicting apple scab infection periods. *Phytopathology* 79:304-310.
- MacHardy, W.E. 1996. Apple Scab. Biology, Epidemiology, and Management. APS Press. St. Paul, MN, USA. 545 p.
- Mills, W.D. 1944. Efficient use of sulphur dusts and sprays during rain to control apple scab. Cornell Extension Bulletin. 630. Ithaca, New York, USA. 4 p.
- Perrin, R.K., Winkelman, D.L., Mascaloli, E.R., y Anderson, I.R. 1979. Formulación de Recomendaciones a Partir de Datos Agronómicos: Un Manual Metodológico de Evaluación Económica. 2a. Impresión. CIMMYT, México, D.F. 545 p.
- Poblete, J.A. y Latorre, B.A. 2001. Efecto preventivo y curativo de los fungicidas inhibidores de esteroles en el control de *Venturia inaequalis* del manzano. Ciencia e Investigación Agraria 28:145-150.
- Ramírez-Legarreta, M.R. y Jacobo-Cuéllar, J.L. 2002. Impacto ambiental del uso de plaguicidas en huertos de manzano. *Revista mexicana de Fitopatología* 20:168-173.
- Ramírez-Legarreta, M.R., Jacobo-Cuéllar, J.L., Ávila-Marioni, M.R. y Parra-Quezada, R.A. 2004a. Eficiencia del uso de plaguicidas en huertos de manzano (*Malus sylvestris* (L.) Mill var. *domestica* (Borkh.) Mansf) en Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 23:254-266.
- Ramírez-Legarreta, M.R., Jacobo-Cuéllar, J.L., Avila-Marioni, M.R. y Gutiérrez-González, R. 2004b. Validación de un sistema de manejo integrado de plagas y enfermedades en huertos de manzano (*Malus sylvestris* (L.) Mill var. *domestica* (Borkh.) Mansf.) en Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 22:277-289.
- Ramírez-Legarreta, M.R., Jacobo-Cuéllar, J.L., Ávila-Marioni, M.R. y Parra-Quezada, R.A. 2006. Pérdidas de cosecha, eficiencia de producción y rentabilidad de huertos de manzano con diferentes grados de tecnificación en Chihuahua, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29:215-222.
- Richardson, E.A., Seeley, S.D., and Walker, D.R. 1974. A model for estimating the completion of rest for "Redhaven" and "Alberta" peach trees. *HortScience* 10:236-237.
- Sestrás, R. 2003. Response of several apple varieties to apple scab (*Venturia inaequalis*) attack in central Transilvania conditions. 2003. *Journal of Central European Agriculture* 4:354-362.
- Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON). 2006. [www.siea.sagarpa.gob.mx/sistema/siacon/SIACON/html](http://www.siea.sagarpa.gob.mx/sistema/siacon/SIACON/html). Consulta: noviembre 19, 2006.
- Turechek, W.W., Heidenreich, M.C., Hiedeinreich, G., and Dunham, M. 2002. Evaluation of protectant fungicide programs for management of apple scab in a DMI-resistance orchard. *F & N Tests Vol 58: PF005*.

Turechek, W.W., and Köller, W. 2004. Managing resistance  
of *Venturia inaequalis* to the strobilurin fungicides.  
Online. Plant Health Progress doi:10.1094/PHP-2004-098-  
01-RS. Consulta: mayo 21, 2007.