



Revista Mexicana de Fitopatología

ISSN: 0185-3309

mrlegarreta@prodigy.net.mx

Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C.

México

Rebollar Alviter, Angel; Mora Aguilera, Gustavo; Leyva Mir, Santos Gerardo
Progreso Temporal y Control de la Roya [*Pucciniastrum americanum* (Farl.) Arth.] de la Frambuesa
Roja (*Rubus idaeus* L.) en Valle de Bravo, México
Revista Mexicana de Fitopatología, vol. 21, núm. 3, diciembre, 2003, pp. 278-284
Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C.
Texcoco, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61221306>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Progreso Temporal y Control de la Roya [*Pucciniastrum americanum* (Farl.) Arth.] de la Frambuesa Roja (*Rubus idaeus* L.) en Valle de Bravo, México

Angel Rebollar-Alviter, Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Morelia, Apdo. Postal 8 admon. No. 6, Morelia, Michoacán, México CP 58170; **Gustavo Mora-Aguilera**, Colegio de Postgraduados, Instituto de Fitosanidad, km 35.5 Carr. México-Texcoco, Montecillo, Edo. de México CP 56230; y **Santos Gerardo Leyva-Mir**, Universidad Autónoma Chapingo, Depto. de Parasitología Agrícola, km 38.5 Carr. México-Texcoco, Chapingo, Edo. de México CP 56230. Correspondencia: rebollar-alviter.1@osu.edu

(Recibido: Octubre 11, 2002 Aceptado: Enero 13, 2003)

Rebollar-Alviter, A., Mora-Aguilera, G., y Leyva-Mir, S.G. 2003. Progreso temporal y control de la roya [*Pucciniastrum americanum* (Farl.) Arth.] de la Frambuesa Roja (*Rubus idaeus* L.) en Valle de Bravo, México. Revista Mexicana de Fitopatología 21:278-284.

Resumen. En Valle de Bravo, México, se determinó el progreso temporal de *Pucciniastrum americanum* en frambuesa roja, bajo cinco programas de control y dos testigos, a partir de la aplicación en forma alternada de fungicidas de contacto y sistémicos y un aceite parafínico cada 10 a 14 días. Se registró en cada tratamiento el efecto en la severidad foliar (SF), incidencia acumulada en frutos (IAF) y peso de fruto (PF). Las epidemias se caracterizaron con la forma linearizada de los modelos logístico, monomolecular, y Gompertz, así como el modelo de Weibull y área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE). El efecto de los tratamientos se determinó comparando las tasas de incremento de la enfermedad (r y b^{-1}) y el ABCPE. Para la SF, los modelos logístico y Weibull sólo describieron acertadamente las epidemias originadas de cinco de los tratamientos ($R^2 = 0.66-0.97$), pero ni r o b^{-1} se pudieron utilizar para describir los mejores tratamientos. De acuerdo al ABCPE, los mejores tratamientos fueron tebuconazol (0.5 L ha⁻¹), cobre emulsionable (3 L ha⁻¹), triadimefon (0.5 kg ha⁻¹), anilazina (3.5 kg ha⁻¹) y aceite parafínico (0.5%). El modelo de Weibull describió adecuadamente IAF ($R^2 = 0.97-0.99$). De acuerdo al ABCPE y b^{-1} los mejores tratamientos fueron triadimefon-anilazina y el aceite parafínico.

Palabras clave adicionales: Modelo de Weibull, ABCPE, fungicidas.

Abstract. Temporal progress of *Pucciniastrum americanum* on red raspberry under five control programs with two checks, based on the alternate application every 10 to 14 days, of contact and systemic fungicides as well as paraffin oil, was

determined in Valle de Bravo, Mexico. Disease severity on leaves (LS), accumulated disease incidence on fruit (AIF) and fruit weight were recorded for each treatment. Epidemics were characterized by the linear form of the logistic, monomolecular, and Gompertz models, as well as by using the Weibull model, and the area under the disease progress curve (AUDPC). Comparison of the disease increase rates (r , b^{-1} , and AUDPC) were used to determine treatment effects. For LS, the logistic and Weibull models accurately described only epidemics originated from five treatments ($R^2 = 0.66 - 0.97$), but neither r nor b^{-1} could be used to describe the most effective treatments. According to AUDPC, the most effective treatments were tebuconazol (0.5 L ha⁻¹), emulsified copper (3 L ha⁻¹), triadimefon (0.5 kg ha⁻¹), anilazine (3.5 kg ha⁻¹), and paraffin oil (0.5%). AIF was well described by the Weibull model ($R^2 = 0.97-0.99$). According to AUDPC and b^{-1} , the most effective treatments were triadimefon-anilazine and paraffin oil.

Additional keywords: Weibull model, AUDPC, epidemic, fungicides.

La roya [*Pucciniastrum americanum* (Farl.) Arth.] de la frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.), era considerada una enfermedad esporádica en algunas regiones de Canadá y EUA; sin embargo, en los últimos años ha adquirido importancia epidémica a tal grado que ha afectado frutos volviéndolos no aptos para la comercialización (Luffman y Buszard, 1989). En México, esta enfermedad es el principal factor que limita la producción de otoño en los estados de México, Michoacán y Jalisco, entre otros. Los síntomas de la enfermedad aparecen a principios del verano en el envés de las hojas inferiores, y posteriormente en los cálices de las flores y los frutos en cualquier estado de desarrollo, en forma de masas de uredosporas de color amarillo. A causa de la infección, los frutos no se desarrollan normalmente debido

al daño individual de las drupelas, lo que afecta la calidad del fruto para la comercialización, al establecerse un castigo en el precio de acuerdo al numero de frutos que muestran síntomas de la enfermedad (Anderson, 1956; Rebollar-Alviter *et al.*, 2001). Arthur y Cummins (1962) mencionan que el hospedante alterno más común de *P. americanum* es *Picea glauca* (Moench) Voss., aunque también se ha reportado a *P. engelmannii* Parry ex Engelm. y *Abies* Mill. spp. Nickerson (1991) describió el ciclo de la enfermedad y menciona que las eciosporas son las responsables de las infecciones primarias en la frambuesa roja. En Valle de Bravo, Edo. de México y Los Reyes, Michoacán, las infecciones primarias podrían originarse de las uredosporas invernantes, pues el género *Picea* sólo se encuentra en algunas áreas localizadas de los estados de Chihuahua y Nuevo León (Rebollar-Alviter *et al.*, 2001). El control de la enfermedad ha sido poco estudiado y en consecuencia la información es muy escasa. Luffman y Buszard (1988) encontraron que el mejor control de la enfermedad se logró con tres aplicaciones de anilazina al momento de la liberación de las eciosporas, antes de la floración. Naveillan (1994), estudió la biología y control de *P. americanum* en el cultivar Heritage, pero debido a que la infección fue muy baja (1-2%), no fue posible determinar la efectividad de los fungicidas, atribuyendo la baja infección al excelente manejo cultural que se le dio a la plantación. En México, se realizan aplicaciones de fungicidas a base de cobre, alternado con triadimefon. Además, se eliminan las hojas más bajas de las plantas cuando aparecen los primeros síntomas. Con esta práctica se trata de reducir o posponer el efecto de la enfermedad en los frutos, pero su efectividad no ha sido evaluada. El efecto de las diversas prácticas de manejo en parámetros cuantitativos epidemiológicos ha sido poco estudiado (Berger, 1988); sin embargo, es uno de los aspectos más importantes de la epidemiología, ya que se trata de prevenir que las enfermedades excedan los niveles de daños permitidos y afecten los beneficios económicos al disminuir los rendimientos. La disminución de los daños de las enfermedades se puede realizar reduciendo o posponiendo la intensidad de la enfermedad al inicio de la plantación (Y_0) o bien, reduciendo la tasa de incremento de la enfermedad (r) durante el período de crecimiento del cultivo (Fry, 1982). En México, la identificación del agente causal es reciente, y las medidas que se han adoptado para el manejo de la enfermedad no han sido efectivas. Son pocos los fungicidas factibles de usarse para el control, por lo que es necesario implementar tácticas que permitan un manejo adecuado de la enfermedad partiendo de su comportamiento biológico. En esta investigación se tuvieron los siguientes objetivos: a) determinar el efecto de cinco programas de control de la roya de la frambuesa roja y dos testigos en la intensidad de la epidemia en Valle de Bravo, y b) conocer los parámetros epidemiológicos más adecuados para comparar el efecto de los tratamientos de control de la roya.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tratamientos y diseño del experimento. El experimento se estableció en una parcela comercial de frambuesa roja cv Autumn Bliss en el Rancho Santa Rosa, en San Martín Acatitlán, Valle de Bravo, Edo. de México. Se evaluaron siete tratamientos a partir de los siguientes productos y dosis: tebuconazol (te) (0.5 kg ha⁻¹), triadimefon (tri) (0.5 kg ha⁻¹), propiconazol (pro) (0.5 kg ha⁻¹), anilazina (an) (3.5 kg ha⁻¹), aceite parafínico de petróleo (sts) (0.5%) y cobre emulsionable (ce) (3 L ha⁻¹). Cada tratamiento consistió de cinco aplicaciones a intervalos de 10 a 14 días en el siguiente orden: 1) te- ce- ce- ce- ce (tebuconazol-cobre), 2) tri- an-an-tri- an (triadimefon-anilazina), 3) pro- ce- ce- ce- ce (propiconazol-cobre), 4) an-an-an-an (anilazina), 5) sts-sts-sts-sts (aceite parafínico), 6) testigo absoluto (test. abs.), y 7) testigo tradicional (test. trad.), el cual se aplicó por el productor y se basó principalmente en aplicaciones de triadimefon a intervalos de 15 a 30 días. Los tratamientos se aplicaron en la parte central de una plantación comercial de frambuesa roja establecida a "cielo abierto", bajo un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones; cada unidad experimental consistió de 3 m lineales, una población aproximada de 60 plantas y una separación entre líneas de 1.5 m. Las plantas del experimento tuvieron el mismo manejo agronómico que la plantación comercial, excepto el manejo de la roya. Las aplicaciones se hicieron el 8 de octubre, 115 días después de la poda (ddp), 19 de octubre (126 ddp), 4 de noviembre (142 ddp), 18 de noviembre (156 ddp) y 4 de diciembre (172 ddp).

Variables Evaluadas. Se evaluó la severidad foliar (SF), incidencia en frutos (IF) y peso de frutos (PF). Para estimar la severidad foliar, el tamaño de muestra se determinó con base en una muestra preliminar de 10 plantas de acuerdo la metodología propuesta por Kranz (1988), resultando cinco plantas por metro lineal. Al azar se seleccionaron cinco plantas en el metro central y en cada una se etiquetaron seis hojas compuestas, dos del estrato basal, dos del medio y dos del apical. Los registros de severidad se realizaron en el foliolillo apical de cada hoja a intervalos irregulares en siete muestras. La severidad se estimó con una escala logarítmica de siete clases, las cuales se determinaron con base en el método de Horsfall y Barrat, usando el programa de cómputo DOSLOG Ver. 1.0 MS WINDOWS (Osada-Kawasoe y Mora-Aguilera, 1997, no publicado) y se realizó la evaluación con base en el punto medio de cada categoría: 0 = sin síntomas; 1 = 0-4%, 2 = 4-10%, 3 = 10-25%, 4 = 25-60%, 5 = 60-85%, 6 = más de 85% de área foliar con síntomas. Con los datos se calculó la severidad media por planta y por repetición en cada fecha de muestreo, y posteriormente se realizó el análisis epidemiológico y estadístico. La incidencia de la roya en frutos (presencia o ausencia de la roya) y el peso, se registraron en siete muestras en 25 frutos seleccionados al azar próximos a la madurez y/o en madurez comercial. La incidencia se determinó de la siguiente forma: % Inc.= (No. frutos con síntomas/25)*100.

Análisis temporal. El efecto de los tratamientos se determinó

tomando en cuenta la severidad foliar y la incidencia acumulada en frutos, ya que durante la cosecha éstos se recolectan diariamente, por lo que cada tiempo de muestreo fue totalmente independiente al siguiente, es decir, el porcentaje de incidencia en el tiempo t no afectó al tiempo $t + 1$. La caracterización de las epidemias se realizó con las formas linearizadas de los modelos de Gompertz (Berger, 1981), monomolecular y logístico (Vanderplank, 1963), previa corrección por Y_{\max} (Neher y Campbell, 1992). El modelo de mejor ajuste fue el que presentó el mayor coeficiente de determinación (R^2). Posteriormente, se realizó la homologación de tasas de incremento de la enfermedad al modelo de mayor frecuencia de ajuste, mediante el método de Richard (Campbell y Madden, 1990), y se procedió a comparar las tasas de incremento de la enfermedad en cada tratamiento. Ambos análisis se realizaron a través del proc GLM y MEANS del SAS (Versión 6.03, SAS Institute, Inc.).

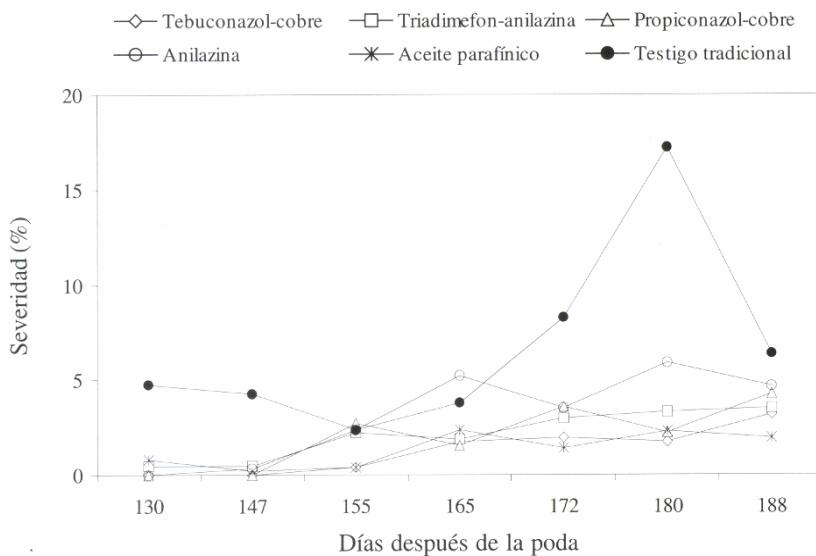


Fig. 1. Curvas de progreso de la severidad foliar originadas de siete tratamientos de control de roya (*Pucciniastrum americanum*) de la frambuesa roja (*Rubus idaeus*) en Valle de Bravo, México, en 1998.

Cuadro 1. Tasa transformada al modelo logístico (r_L), R^2 y cuadrado medio del error (CME) de siete curvas de progreso de la severidad foliar originadas por siete tratamientos de control de la roya (*Pucciniastrum americanum*) de la frambuesa roja (*Rubus idaeus*), en Valle de Bravo, México, en 1998.

Tratamiento	r_L	R^2	CME
Tebuconazol-cobre	0.427-2.888	0.83-0.89	0.017-9.245
Triadimefon-anilazina	0.406-0.743	0.70-0.95	0.012-0.390
Propiconazol-cobre	0.968-3.086	0.66-0.84	0.650-20.97
Anilazina	0.533-4.450	0.69-0.95	0.712-15.49
Aceite parafínico	0.318-0.726	0.29-0.78	0.231-1.634
Testigo absoluto	0.150-1.428	0.87-0.97	0.110-1.660
Testigo tradicional	0.072-0.520	0.27-0.63	0.380-2.020

Rango de valores de cuatro repeticiones por tratamiento.

Debido a las formas irregulares en las curvas de progreso de la enfermedad en los diferentes tratamientos, las epidemias se caracterizaron con el modelo de Weibull modificado para dos parámetros (b y c), debido a su flexibilidad y capacidad para describir diversas formas de curvas de progreso de una enfermedad, a diferencia de otros modelos no flexibles (Pennypacker *et al.*, 1980; Thall *et al.*, 1984). La separación estadística entre los valores de las tasas de infección estimadas con este modelo (b^{-1}), se realizó mediante la comparación de los valores medios de las tasas usando el Proc GLM y MEANS del SAS. El modelo se describe de la siguiente manera: $Y = \exp \{ - (t/b)^c \}$, $t > 0$, donde: Y = proporción de severidad o incidencia, t = tiempo en días después de la poda, b = parámetro de escala, y c = parámetro de forma de la curva. Debido a que b y c pueden interpretarse biológicamente, estos parámetros se pueden seleccionar como variables descriptivas. El parámetro b está inversamente

relacionado con la tasa de incremento de la enfermedad r y c con la forma, el cual caracteriza la manera en que la enfermedad progresó (Pennypacker *et al.*, 1980). Para el inicio de las iteraciones de la regresión no lineal (método de DUD) (Versión 6.03, SAS Institute, Inc., 1988), los valores iniciales de b y c se asignaron al azar. Con los valores obtenidos de b, se obtuvo el inverso (b^{-1}) para los análisis posteriores. Asimismo, para conocer el parámetro epidemiológico que podría describir mejor el efecto de los tratamientos en las diferentes epidemias, también se empleó el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) para las variables severidad en foliolos e incidencia en frutos, en unidades de porcentaje-días o proporción-días (Campbell y Madden, 1990): $ABCPE = S_i^{n-1}[(Y_{i+1} + Y_i)/2](t_{i+1}-t_i)$, donde: Y_i es la proporción de enfermedad en la i-ésima evaluación; t_i tiempo en la i-ésima observación y n = número de evaluaciones. La comparación de ABCPE de los diferentes tratamientos y repeticiones se realizó con un análisis de varianza y una comparación de medias. Para conocer el efecto de los tratamientos en plena cosecha, se realizó la comparación de las áreas bajo la curva parciales (ABCPEp) de la severidad e incidencia acumulada en los tiempos tres al cinco, pues dicha

información podría ser de utilidad (Gustavo Mora-Aguilera, comunicación personal, IFIT, CP, Montecillo, Edo. de México). Para conocer la relación entre las variables severidad, incidencia y peso del fruto, se realizó un análisis de correlación con el Proc. corr del SAS.

RESULTADOS

Análisis temporal y efecto de los tratamientos en la severidad foliar. Las formas linearizadas de los modelos logístico, monomolecular, y de Gompertz, no describieron adecuadamente todas las epidemias que se generaron en todos los tratamientos para la variable severidad (Fig. 1), ya que sólo el tebuconazol-cobre, triadimefon-anilazina, propiconazol-cobre, anilazina y el testigo absoluto, ajustaron moderadamente al modelo logístico (Cuadro 1). Con el aceite parafínico y el testigo tradicional se obtuvieron valores bajos de R^2 , lo que no permitió realizar la comparación de tasas de incremento promedio, y determinar el mejor tratamiento de acuerdo con este parámetro; sin embargo, fue posible determinar que el testigo absoluto se ajustó al modelo logístico, lo cual es claro por los múltiples ciclos de infección del patógeno. Por otro lado, el análisis con el modelo de

Cuadro 2. Valores del ABCPE (%-día), b^{-1} , R^2 y error estándar en siete curvas de progreso de la severidad foliar originadas por siete tratamientos de control de la roya (*Pucciniastrum americanum*) de la frambuesa roja (*Rubus idaeus*) ajustadas por el modelo de Weibull en Valle de Bravo, México en 1998.

Tratamiento	ABCPE _t ^x	ABCPE _p	b^{-1}	R^2	Error estándar
Testigo absoluto	100.03 a ^y	19.51 a	0.1456-0.1805 ^z	0.98-0.99 ^z	0.01-14.0 ^z
Testigo tradicional	41.95 b	9.16 b	0.0138-0.0893	0.22-0.43	39.2-187.9
Anilazina	20.29 c	7.99 bc	0.0070-0.0233	0.60-0.86	26.1-255.9
Propiconazol-cobre	12.63 cd	4.55 bcd	0.0088-0.0230	0.63-0.87	29.1-193.4
Triadimefon-anilazina	10.86 cd	4.42 bcd	0.0054-0.0170	0.78-0.94	22.1-208.2
Aceite parafínico	7.60 cd	3.29 cd	0.0001-0.0120	0.32-0.66	97.8-45297
Tebuconazol-cobre	7.10 d	2.85 d	0.0159-0.0353	0.81-0.90	15.0-54.2

^xABCPEt = área total.

^yMedias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey, p = 0.05).

^zValores de los intervalos formados por el límite superior e inferior de cuatro repeticiones.

Cuadro 3. Valores promedio de ABCPEt y ABCPEp, tasa de incremento (b^{-1}), R^2 y error estándar en siete curvas de progreso de la incidencia acumulada originadas por siete tratamientos de control de la roya (*Pucciniastrum americanum*) de la frambuesa roja (*Rubus idaeus*), en Valle de Bravo, México, en 1998.

Tratamiento	ABCPE _t ^w	ABCPE _p ^x	b^{-1}	R^2	Error estándar
Testigo absoluto	1252 a ^y	440.11 a	0.04102 a	0.99	1.0810-3.2941 ^z
Testigo tradicional	964.8 b	340.91 b	0.03009 bcd	0.98	2.9543-7.0243
Propiconazol-cobre	969.5 b	342.99 b	0.02955 cd	0.98	5.1857-12.454
Tebuconazol-cobre	872.4 bc	309.44 bc	0.03825 ab	0.97	3.1707-10.980
Anilazina	858.8 bc	295.90 bcd	0.03029 bcd	0.98	3.2749-7.9870
Triadimefon-anilazina	643.8 c	216.65 d	0.02426 d	0.99	2.7865-5.1175
Aceite parafínico	703.4 c	249.59 cd	0.03656 abc	0.98	2.248-4.82480

^wABCPEt = Área total.

^xABCPEp = Área parcial.

^yMedias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey, p = 0.05).

^zLímite superior e inferior de cuatro repeticiones.

Weibull, mostró una tendencia similar a la de los modelos no flexibles, pues también se obtuvieron coeficientes de determinación relativamente bajos, si se considera que dicho modelo tiene mayor flexibilidad. Los valores más altos de R^2 se registraron en los tratamientos testigo absoluto, triadimefon-anilazina, tebuconazol-cobre, y propiconazol-cobre. Las epidemias de los tratamientos de aceite parafínico y testigo tradicional no fueron descritas por este modelo (Cuadro 2), ya que dichos tratamientos no convergieron estadísticamente por lo que no fue posible la comparación de las epidemias a través del parámetro b^{-1} . La comparación estadística de los tratamientos con el parámetro ABCPEt permitió determinar que los mejores tratamientos fueron el tebuconazol-cobre, sin diferencias significativas con el aceite parafínico, triadimefon-anilazina y propiconazol-cobre. La mayor intensidad de epidemia se obtuvo en el testigo absoluto y el testigo tradicional (Cuadro 2 y Fig. 1). Por otro lado, la comparación de ABCPEp en el período que transcurrió en los tiempos tres al cinco, la tendencia se mantuvo, pues también se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, coincidiendo los tratamientos tebuconazol-cobre y aceite parafínico.

Análisis temporal y efecto de los tratamientos en la incidencia en frutos. El modelo de Weibull describió adecuadamente el progreso de la incidencia acumulada en frutos (Cuadro 3 y Fig. 2) con coeficientes de determinación que variaron entre 0.97 y 0.99, lo cual justificó realizar la comparación del parámetro b^{-1} . Los tratamientos que obtuvieron los valores más bajos de tasa de incremento de la incidencia fueron el triadimefon-anilazina, con valor de 0.02426, seguido de propiconazol-cobre con un valor de tasa de 0.02955. La tasa más alta la tuvo el testigo absoluto con

0.04102. Con el parámetro ABCPEt, el valor más bajo se obtuvo en los tratamientos triadimefon-anilazina con 643.8%-día y aceite parafínico con 703.4%-día (Cuadro 3). Los valores más altos se obtuvieron en el testigo absoluto con 1252%-día, propiconazol-cobre con 969.5%-día y el testigo tradicional con 964.8%-día. Las ABCPEp mantuvieron la misma tendencia, al repetirse los mismos tratamientos con los valores más bajos.

Efecto de la severidad e incidencia de la roya en el peso del fruto. No hubo una correlación significativa entre las variables severidad e incidencia con el peso de fruto (Cuadro 4), lo que indica que el peso no está influenciado sólo por la incidencia y severidad de la enfermedad, y que la intensidad de la enfermedad no afectó significativamente este parámetro.

DISCUSIÓN

Ánalisis temporal y efecto de los tratamientos en la severidad foliar. Sólo cinco de las siete curvas de progreso de la severidad foliar ajustaron al modelo logístico, con R^2 que permitieran la comparación de tasas de incremento promedio de la severidad; probablemente, esto se debió a la forma irregular de las curvas de progreso originadas de los tratamientos, y en general, a los bajos valores de intensidad de epidemia para tratamientos distintos a los testigos. Sin embargo, éstos últimos, particularmente el testigo absoluto, se ajustó adecuadamente al modelo logístico, lo cual es claro por los múltiples ciclos de infección de *P. americanum*. Comportamientos similares se han observado en otras royas, como la de la hoja del trigo (Subbarao *et al.*, 1990). El modelo de Weibull, a pesar de su flexibilidad, no describió todas las epidemias, pues el tratamientos de aceite parafínico y el testigo tradicional no convergieron estadísticamente. De

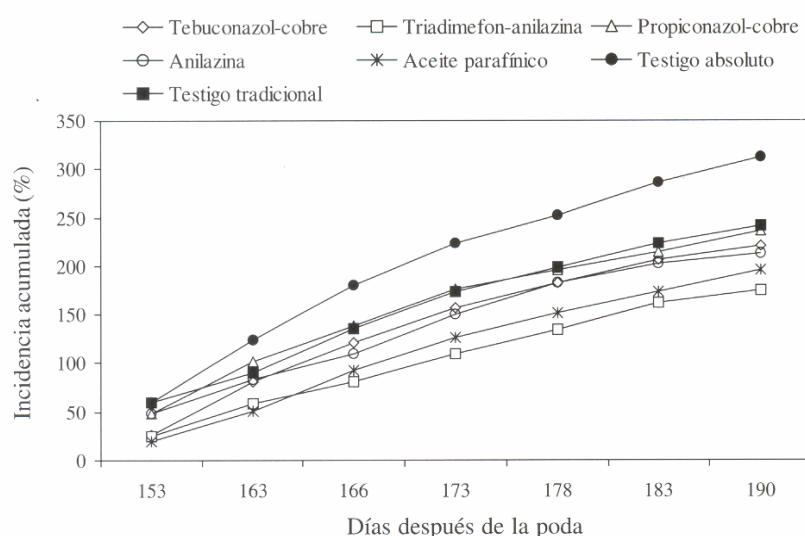


Fig. 2. Curvas de progreso de la incidencia acumulada de roya (*Pucciniastrum americanum*) de la frambuesa roja (*Rubus idaeus*) originadas de siete tratamientos de control en Valle de Bravo, México, en 1998.

Cuadro 4. Análisis de correlación de la severidad foliar, incidencia y peso del fruto de frambuesa roja (*Rubus idaeus*) en madurez comercial en Valle de Bravo, México, en 1998.

Variables	Incidencia	Peso fruto	Severidad
Severidad	-0.09418	-0.26215	1.000 ^y
	0.2048	0.0003	0.0000 ^z
Incidencia	1.000	0.42496	-0.09418
	0.0000	0.0001	0.2048
Peso de fruto	0.42496	1.000	-0.26215
	0.0001	0.0000	0.0003

^ySignificancia.

^zProbabilidad.

acuerdo con Xiao *et al.* (1996) y G. Mora-Aguilera (comunicación personal), este modelo tiene problemas para describir epidemias cuando los valores máximos de severidad son menores al 5%, muy cercanos a los obtenidos en este experimento, lo que no permitió la comparación del parámetro b^{-1} , pero si se determinó que en las curvas descritas, los valores fueron menores que en el testigo absoluto. Lo anterior coincide con lo mencionado por Vanderplank (1963) y Zadoks y Schein (1979), al citar que tanto fungicidas sistémicos como de contacto reducen el valor de la tasa de incremento de la enfermedad (r). Debido a que en este experimento no hubo una pérdida de tejido vegetal significativa, se asumió que las oscilaciones de la enfermedad en el tiempo, se debieron a efectos del programa de manejo. La mejor opción para el análisis de este tipo de experimentos es ABCPE, pues es un parámetro integrador que estabiliza la varianza y hace factible la identificación de los efectos de los tratamientos al usar valores promedio (Berger, 1988). El parámetro de tasa también es un parámetro integrador, pero en este tipo de experimentos está sujeto a efectos del ambiente y de los fungicidas (Fry, 1980; Berger, 1988). Tomando en cuenta las ventajas del parámetro ABCPE, los mejores tratamientos que disminuyeron significativamente la severidad fueron el tebuconazol-cobre emulsionable, triadimefon-anilazina y el aceite parafínico. Tanto el tebuconazol como el triadimefon son fungicidas del grupo de los triazoles, ampliamente recomendados para el control de royas y cenicillas en varios cultivos (Ware, 1994); en frambuesa, sólo el triadimefon cuenta con registro de EPA (siglas en inglés de la Agencia de Protección Ambiental, EUA) y no hay registros del uso del tebuconazol para el control de esta enfermedad; sin embargo, está permitido el uso del propiconazol, que tuvo un valor muy cercano al tebuconazol. La anilazina es un fungicida de contacto del grupo de las triazinas, recomendado en muchos cultivos hortícolas (Ragsdale y Sisler, 1991), y cuenta con registro EPA, pero se ha usado poco en México. Los reportes de Luffman y Buszard (1989) muestran resultados muy prometedores para el control de la roya siempre que se aplique antes de la floración, ya que puede provocar aborto de flores. Los resultados obtenidos en este experimento fueron similares a los reportados en Canadá por dichos autores. El

mecanismo de acción del aceite parafínico no se conoce con exactitud, pero se ha sugerido que funciona como cubierta epidermal actuando como barrera artificial que inhibe el desarrollo de los patógenos foliares y evita la acumulación de humedad, o bien altera la topografía de la hoja, lo que desorienta al tubo germinativo y se inhibe el proceso de penetración por estomas (Whyn y Stamples, 1981; Ziv y Hagiladi, 1993). El análisis de las ABCPEp confirmó que los mejores tratamientos fueron el tebuconazol-cobre, triadimefon-anilazina y aceite parafínico con la más baja severidad foliar. Esta variable es un indicador importante de la efectividad de los tratamientos, porque proporciona información del período que coincide con la etapa de producción.

Análisis temporal y efecto de los tratamientos en la incidencia en frutos. La incidencia acumulada en frutos fue descrita adecuadamente por el modelo de Weibull. El valor más bajo del parámetro b^{-1} se obtuvo en el tratamiento triadimefon-anilazina, lo que coincidió en parte con lo obtenido en el análisis con el ABCPEt, pues la tendencia se mantuvo ya que los tratamientos triadimefon-anilazina y el aceite parafínico obtuvieron los valores más bajos (Cuadro 3). Al respecto, Kranz (1988) mencionó que epidemias que presentan una tasa de incremento mayor, también pueden presentar un ABCPE mayor. Esta coincidencia también se notó en la variable SF. El análisis de las ABCPEp confirma la consistencia de los resultados, ya que los tratamientos triadimefon-anilazina y aceite parafínico presentaron los valores más bajos, sin diferencias significativas entre ellos. Con la aplicación del aceite parafínico, la enfermedad disminuyó de manera importante, siendo ésta una táctica prometedora para el manejo de la enfermedad, ya que no deja residuos tóxicos y no es de uso restringido; sin embargo, se tendrán que realizar más estudios con la finalidad de determinar la dosis óptima, a fin de evitar daños por fitotoxicidad al cultivo. Asimismo, más estudios son necesarios para cuantificar las pérdidas y determinar el impacto económico de la enfermedad, así como la evaluación de otras estrategias de control de la misma.

Efecto de la severidad e incidencia en de la roya en el peso del fruto. Aunque no se encontró una fuerte correlación entre las variables severidad en hoja e incidencia con el peso del fruto (Cuadro 4), se debe resaltar la importancia que tiene la incidencia de la enfermedad en frutos, más que la severidad en las hojas, ya que la presencia de pústulas en frutos impacta directamente en su comercialización, al haber una disminución del precio o incluso el rechazo total del producto.

Agradecimientos. Se agradece al Ing. Víctor Manuel del Angel, técnico encargado de área de producción de frambuesa roja en el Rancho Santa Rosa en Valle de Bravo, México, por las facilidades brindadas durante el desarrollo de la investigación.

LITERATURA CITADA

- Anderson, W.H. 1956. Disease of Fruit Crops. Edit. McGraw-Hill. New York, USA. 501 p.
- Arthur, C.J., and Cummins, G.B. 1962. Manual of the Rusts in the United States and Canada. Hafner Publishing Company. New York, USA. 438 p.
- Berger, R.D. 1981. Comparison of the Gompertz and logistic equations to describe plant disease progress. *Phytopathology* 71:716-719.
- Berger, R.D. 1988. The analysis of effects of control measures on the development of epidemics. pp. 137-150. In: J. Kranz, and J. Rotem (eds.). *Experimental Techniques in Plant Disease Epidemiology*. Springer-Verlag. Berlin, Germany. 299 p.
- Campbell, C.L., and Madden, L.V. 1990. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. John Wiley and Sons. New York, USA. 532 p.
- Fry, W.E. 1980. Integration of the host resistance and pesticide to manage disease. *Protection Ecology* 2:259-264.
- Fry, W.E. 1982. *Principles of Plant Disease Management*. Academic Press. New York, USA. 378 p.
- Kranz, J. 1988. Measuring plant disease. pp. 35- 49. In: J. Krans, and J. Rotem (eds.). *Experimental Techniques in Plant Disease Epidemiology*. Springer-Verlag. Berlin, Germany. 299 p.
- Luffman, M., and Buszard, D. 1988. Control of late yellow rust [*Pucciniastrum americanum* (Farl.) Arth.] of red raspberry. *Canadian Journal of Plant Science* 68:1185-1189.
- Luffman, M., and Buszard, D. 1989. The susceptibility of six red raspberry cultivars and tayberry to fruit infection by late yellow rust [*Pucciniastrum americanum* (Farl.) Arth.]. *Acta Horticulturae* 262:201-203.
- Naveillan-A., A.S. 1994. Biología y Control de la Roya Tardía (*Pucciniastrum americanum*) de la Frambuesa Variedad Heritage. Chillán, Chile. pp. 57. (Abs.).
- Neher, D.A., and Campbell, C.L. 1992. Understimation of disease progress rates with the logistic, monomolecular, and Gompertz models when maximum disease intensity is less than 100 percent. *Phytopathology* 82:811-814.
- Nickerson, N.L. 1991. Late yellow rust. pp. 30-32. In: M.A. Ellis, R.H. Converse, R.N. Williams, and B. Williamson (eds.). *Compendium of Raspberry and Blackberry Diseases and Pests*. APS Press. St. Paul, MN, USA. 100 p.
- Pennypacker, S.P., Knoble, H.D., Antle, C.E., and Madden, L.V. 1980. A flexible model for studying plant disease progression. *Phytopathology* 70:232-235.
- Ragsdale, N.N., and Sisler, H.D. 1991. The nature, modes of action, and toxicity of fungicides. pp. 461-495. In: D. Pimentel (ed.). *Handbook of Pest Management in Agriculture*. CRC Press. 2º Edition. Bakersfield, California, USA. 384 p.
- Rebollar-Alviter, A., Leyva-Mir, S.G., Mora-Aguilera, G., Valdovinos-Ponce, G. y Romero-Cova, S. 2001. Identificación y biología del agente causal de la roya de la frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) en México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 19:168-174.
- SAS Institute Inc. 1988. *SAS/STAT User's Guide, Release 6.03 Edition*. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 1028 p.
- Subbarao, K.V., Berggren, G.T., and Snow, J.P. 1990. Characterization of wheat leaf rust epidemics in Louisiana. *Phytopathology* 80:402-410.
- Thal, W.M., Campbell, C.L., and Madden, L.V. 1984. Sensitivity for Weibull parameter estimates to variation in simulated disease progression data. *Phytopathology* 74:1425-1430.
- Vanderplank, J.E. 1963. *Plant Disease: Epidemics and Control*. Academic Press, New York, USA. 349 p.
- Ware, W.G. 1994. *The Pesticide Book*. Four Edition. Thompson Publications. Fresno, California, USA. 386 p.
- Whyn, W.K., and Stamples, R.C. 1981. Tropisms of fungi in host recognition. pp. 45-69. In: A. Pearson, and M.H. Zimmerman (eds.). *Physiological Plant Pathology. Encyclopedia of Plant Physiology*. Springer-Verlag. Berlin, Germany. 890 p.
- Xiao, C.L., Subbarao, K.V., and Zeng, S.M., 1996. Incorporating an asymptotic parameter into the Weibull model to describe plant disease progress. *Phytopathology* 144:375-382.
- Zadoks, J.C., and Schein, R.D. 1979. *Epidemiology and Plant Disease Management*. Oxford University Press, Oxford, England. 427 p.
- Ziv, O., and Hagiladi, A. 1993. Controlling powdery mildew in *Euonymus* with polymer coatings and bicarbonate solution. *Hort Science* 28:124-126.