

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

✓ IDENTIFICACIÓN, BIOLOGÍA, EPIDEMIOLOGÍA Y
CONTROL DEL AGENTE CAUSAL DE LA
ROYA AMARILLA DE LA FRAMBUESA ROJA
(*Rubus idaeus* L.) EN MÉXICO



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

TESIS

Que Como Requisito Parcial
para Obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS
EN PROTECCIÓN VEGETAL



911701

PRESENTA
ANGEL REBOLLAR ALVITER

Chapingo, México, octubre de 1999

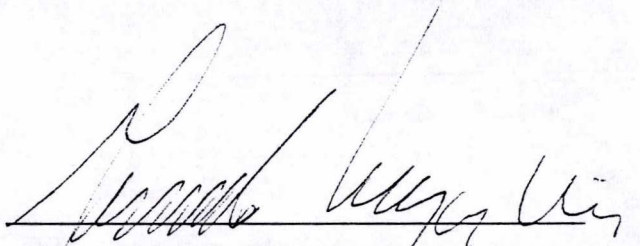


IDENTIFICACIÓN, BIOLOGÍA, EPIDEMIOLOGÍA Y CONTROL DEL AGENTE CAUSAL DE LA ROYA AMARILLA DE LA FRAMBUESA ROJA (*Rubus idaeus* L.) EN MÉXICO

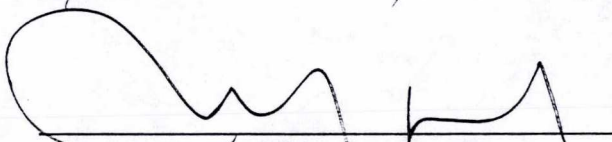
Tesis realizada por **Angel Rebollar Alviter** bajo la dirección del comité asesor indicado, siendo aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

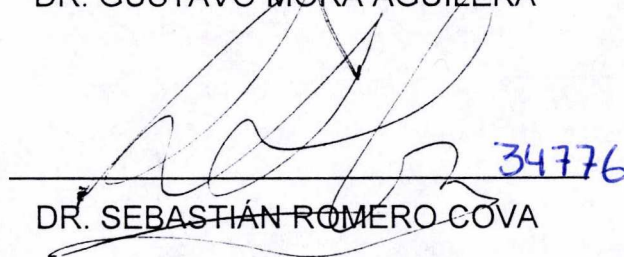
DIRECTOR:


DR. SANTOS GERARDO LEYVA MIR

ASESOR:


DR. GUSTAVO MORA AGUILERA

ASESOR:

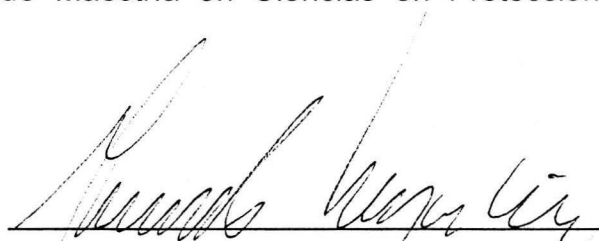

DR. SEBASTIÁN ROMERO COVA

34776

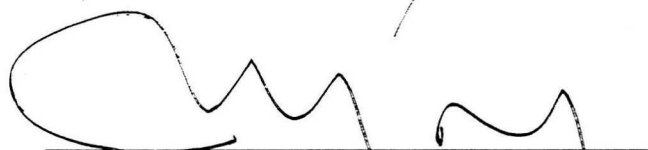
IDENTIFICACIÓN, BIOLOGÍA, EPIDEMIOLOGÍA Y CONTROL DEL AGENTE CAUSAL DE LA ROYA AMARILLA DE LA FRAMBUESA ROJA (*Rubus idaeus* L.) EN MÉXICO

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **Angel Rebollar Alviter**, autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Protección Vegetal estuvo constituido por:

PRESIDENTE:


DR. SANTOS GERARDO LEYVA MIR

ASESOR:


DR. GUSTAVO MORA AGUILERA

ASESOR:


DR. SEBASTIÁN ROMERO COVA

ASESOR:


DR. NAHUM MARBAN MENDOZA

DEDICATORIA

A Angie...

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo por el apoyo económico para realizar mis estudios de Maestría. Asimismo a la Subdirección de Investigación de la misma institución por el financiamiento de esta investigación a través del proyecto **SIS-180405**.

Al Dr. Gerardo Leyva Mir por la dirección de esta investigación, y por apoyar y respetar siempre mis decisiones.

Al Dr. Gustavo Mora Aguilera del Instituto de Fitosanidad del C.P por aceptar formar parte de mi comité asesor, por su excelente revisión y sugerencias a ésta investigación y por brindarme su confianza y amistad, siendo ejemplo de responsabilidad y calidad en toda actividad emprendida.

Al Dr. Sebastián Romero C. por la revisión y sugerencias para mejorar el presente escrito.

Al Dr. Nahum Marbán M. por sus sugerencias y por brindarme siempre su apoyo y amistad.

A la M.C Guadalupe Valdovinos P. por su valioso apoyo en el procesamiento del material vegetal para microscopía de luz y electrónica de barrido, así como en la toma de fotografías. Asimismo a la Dra. Elizabeth Cárdenas por permitirme realizar ésta parte de la investigación en el Laboratorio de Histopatología del Instituto de Fitosanidad, CP.

Al personal académico del Departamento de Parasitología Agrícola de la UACH y del Instituto de Fitosanidad del C.P que han contribuido en mi formación académica.

Al Ing. Salvador Arteaga Garibay por que ha sido parte importante en mi formación profesional como Agrónomo, por brindarme siempre su amistad y apoyo en todo momento.

Al Lic. Roberto Hernández, director de BANAMEX a través del Lic. Carlos Sánchez Navarro por permitirme realizar parte de la investigación de campo en el "Rancho Santa Rosa" en Valle de Bravo, Méx.

Al Ing. Victor Manuel del Angel, técnico de la plantación de frambuesa por su apoyo decidido y constante durante la realización del experimento.

A mi "hermano" el Dr. Fermín Jaimes Albiter por su apoyo en la fase de campo y por estar siempre cerca en los momentos difíciles.

A mis hermanos: Lacho, Saúl, y Tano, y a mi padre que han sido siempre parte importante en mi superación profesional.

A Layito por su apoyo incondicional en todo momento.

A mis amigos y compañeros de quienes recibí un apoyo constante y con quienes compartí tristezas y alegrías durante estos dos años: Noel Reyes y Alselmo Venegas.

DATOS BIOGRÁFICOS

Ángel Rebollar Alviter nació en Taracátio, Municipio de Tuzantla Michoacán el 26 de Julio de 1971. Realizó sus estudios básicos en Almoloya de las Granadas, Tejupilco, Méx. En 1986 ingresó a la preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo y en 1993 se graduó como Ing. Agr. Esp. en Parasitología Agrícola en la misma institución. El 14 de diciembre del mismo año presentó su examen profesional con la tesis: **Evaluación *in vitro* del efecto de fungicidas sobre el hongo entomopatógeno *Veticillium lecanii* (Zimm.) Viegas**. En septiembre de 1993 ingresó como Inv. Aux. asistente al laboratorio de Hongos Fitopatógenos del Centro de Fitopatología, hoy, Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados realizando actividades de diagnóstico y apoyo a la investigación. Desde el 1 de junio de 1994 se incorporó como Profr. Investigador del Centro Regional Universitario Centro Occidente de la UACH en Morelia, Mich. realizando actividades de apoyo a la docencia en aspectos prácticos del manejo fitosanitario de cultivos. Asimismo participa como instructor de manejo fitosanitario de frutales y hortalizas en diplomados y cursos cortos organizados por diferentes instituciones en el Estado de Michoacán. En servicio, ha brindado asesoría técnica a productores de aguacate en la región de Ario de Rosales y en hortalizas y fresa en Maravatío Mich. En la investigación se ha enfocado al estudio de cultivos alternativos publicando algunos folletos y artículos relacionados con la fitosanidad y aspectos generales en anonáceas, pitayas (*Stenocereus* spp.) y frutillas. En 1997 ingresó a la Maestría en Protección Vegetal en la UACH.

*El Científico que no se alimenta de nuevo conocimiento y cree
que con su grado y experiencia lo sabe todo, rápidamente cruza
los umbrales de la mediocridad...*

RESUMEN

IDENTIFICACIÓN, BIOLOGÍA, EPIDEMIOLOGÍA Y CONTROL DEL AGENTE CAUSAL DE LA ROYA AMARILLA DE LA FRAMBUESA ROJA (*Rubus idaeus* L.) EN MÉXICO

Se realizó la identificación del agente causal de la roya amarilla de la frambuesa roja (*R. idaeus* L.) en los estados de México y Michoacán de acuerdo con sus características morfológicas. El agente causal fue identificado como *Pucciniastrum americanum* (Farl.) Arth. Se determinó el período latente (PI) en cuatro cultivares de frambuesa roja en condiciones controladas; se hizo la caracterización temporal del progreso de la epidemia en campo y se buscó el hospedante alternativo. El PI varió desde 7 a 9 días dependiendo del cultivar; el progreso de la epidemia fue descrito por el modelo logístico ($r^2=0.94$) iniciando en las hojas más bajas; el hospedante alternativo no fue encontrado. En una parcela comercial en Valle de Bravo, Méx. se evaluó el efecto de cinco programas de control en la intensidad de la epidemia inducida por *P. americanum* evaluando la severidad foliar (SF) e incidencia en frutos (IF). El efecto de los tratamientos se determinó a través de los parámetros de tasa de incremento de la enfermedad (r y $1/b$) del modelo logístico y de Weibull y el Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE). La menor SF e IF se obtuvo con el triadimefon alternado con aplicaciones de anilazina, sin diferencias significativas con las aplicaciones de aceite parafínico.

Palabras claves: Etiología, roya, epidemiología, frambuesa roja.

ABSTRACT

IDENTIFICATION, BIOLOGY, EPIDEMIOLOGY AND CONTROL OF CAUSAL AGENT OF THE RED RASPBERRY (*Rubus idaeus* L.) YELLOW RUST IN MEXICO

According to the morphological characteristics of its fruiting bodies and spores, the identification of the red raspberry (*R. idaeus* L.) yellow rust in both Mexico and Michoacan States was done. The causal agent was identified as *Pucciniastrum americanum* (Farl.) Arth. The latent period (LP) was determined on four cultivars under controlled conditions. In addition in the field, the epidemic progress was followed and fitted to non flexible models. LP was between 7 and 9 days dependig upon the cultivars. The logistic model was the best for describing the epidemic progress ($r^2=0.94$). It began on the lower leaves of the plant. Alternate host was not found around the orchards under study..

In a commercial orchard at Valle de Bravo, Méx. the effect of five programs for controlling the yellow rust (*P.americanum*) was determined using the r and $1/b$ parameters of logistic and weibull models respectively and the Under Disease Progress Curve (UDPC). Foliar severity (FS) and fruit incidence (FI) were registered througout the whole crop cycle. UDPC parameter was the best for detecting differences among treatments. The lowest FS and FI was obtained spraying triadimefon alternated with anilazine fungicide. No statistical differences ($P=0.05$) were detected with parafinic oil treatment.

Key words: Etiology, yellow rust, epidemiology, red raspberry.

CONTENIDO

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN DE LITERATURA.....	1
Objetivos.....	3
Generalidades del Cultivo.....	3
Origen de los cultivares de frambuesa roja (<i>Rubus idaeus</i> L.).....	3
Cultivares de mayor importancia en México	4
Autumn bliss.....	4
Summit.....	5
Heritage.....	5
Amity.....	5
Enfermedades más comunes.....	6
Cenicilla (<i>Sphaeronteca macularis</i>)	6
Mildiu (<i>Peronospora sparsa</i>).....	7
Moho gris (<i>Botrytis cinerea</i>).....	8
Antracnosis (<i>Elsinöe veneta</i>).....	10
Roya amarilla de la caña (<i>Phragmidium rubi-idaei</i>).....	10
Roya amarilla tardía (<i>Pucciniastrum americanum</i>).....	13
Literatura citada.....	19
 CAPITULO II. IDENTIFICACIÓN Y BIOLOGÍA DEL AGENTE CAUSAL DE LA ROYA AMARILLA DE LA FRAMBUESA ROJA (<i>Rubus idaeus</i> L.) EN MÉXICO	
 Introducción.....	23
Materiales y Métodos.....	26
Ubicación de las zonas de muestreo.....	26

Colecta y preparación del material.....	26
Inoculaciones.....	27
Microscopía de luz y electrónica de barrido	28
Identificación.....	29
Ciclo y epidemiología de la enfermedad.....	31
Resultados	32
Síntomas de la enfermedad.....	32
Inoculaciones.....	34
Identificación.....	34
Descripción morfológica	34
Análisis estadístico	38
Clave para identificar las royas que atacan a la frambuesa roja.	39
Ciclo y Epidemiología.....	39
Discusión	43
Literatura citada	47

CAPITULO III. EPIDEMIOLOGÍA Y CONTROL DE LA ROYA AMARILLA (*P. americanum*) DE LA FRAMBUESA ROJA (*Rubus idaeus* L.) EN VALLE DE BRAVO, MEX.

Introducción	51
Materiales y Métodos	54
Ubicación del experimento.....	54
Tratamientos y diseño experimental.....	54
Variables evaluadas.....	56
Análisis estadístico.....	59
Resultados	62
Efecto de los tratamientos en la severidad foliar.....	64
Efecto de los tratamientos en la incidencia en frutos.....	66

Efecto de la severidad e incidencia en el peso del fruto.....	68
Discusión.....	70
Literatura citada.....	75
 CONCLUSIONES GENERALES	 79
 APÉNDICE.....	 80
Carta de confirmación de la identificación del agente causal de la roya amarilla de la frambuesa roja.....	81

ÍNDICE DE CUADROS

1. Comparación de medidas de las estructuras de las especies de <i>Pucciniastrum</i> que atacan a <i>Rubus</i> spp. con los aislamientos de roya amarilla. 1998.....	36
2. Diferencias morfológicas de las especies de <i>Pucciniastrum</i> que atacan a <i>Rubus</i> spp. con la especie problema	38
3. Ingrediente activo, nombre comercial, empresa, mecanismo de acción y dosis de los productos químicos usados en los tratamientos para el control de la roya amarilla (<i>P. americanum</i>) en frambuesa roja (<i>R. idaeus</i>) en Valle de Bravo, Méx. 1998	55
4. Escala logarítmica para evaluar la severidad foliar de la roya amarilla (<i>P. americanum</i>) de la frambuesa roja (<i>R. idaeus</i>) en Valle de Bravo, Méx. 1998.....	57
5. Tasa transformada al modelo logístico (r_L), r^2 y cuadrado medio del error en siete epidemias de la roya amarilla (<i>P. americanum</i>) de la frambuesa roja (<i>R. idaeus</i>) en Valle de Bravo, Méx. 1998.....	62
6. Valores de ABCPE (%-día), tasa de incremento (b^{-1}), r^2 y error estándar de siete epidemias de la roya amarilla (<i>P. americanum</i>) de la frambuesa roja (<i>R. idaeus</i>) ajustadas por el modelo de Weibull en Valle de Bravo, Méx. 1998.....	64
7. Valores promedio del ABCPE (%-día) de la severidad foliar e incidencia de la roya amarilla (<i>P. americanum</i>) de la frambuesa roja (<i>R. idaeus</i>) en el período	

130-188 días después de la poda en otoño-invierno en Valle de Bravo, Méx. 1998.....	66
8. Valores promedio de ABCPE (%-día), tasa de incremento de la incidencia (b^{-1}), r^2 y error estándar de siete epidemias de la roya amarilla (<i>P. americanum</i>) de la frambuesa roja (<i>R. idaeus</i>) en Valle de Bravo, Méx. 1998.....	68
9. Coeficientes de correlación de Pearson entre la severidad foliar, incidencia de la enfermedad en frutos y peso de frutos de frambuesa roja (<i>R. idaeus</i>) en Valle de Bravo, Méx. 1998.	69

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Síntomas de la roya amarilla de la frambuesa roja: A)hojas, B)cálices, C) frutos en desarrollo, D) frutos maduros, E) hojas del ciclo otoño-invierno con uredosporas invernantes. Valle de Bravo, Méx. y Los Reyes, Mich33

2. Morfología del agente causal de la roya de la frambuesa roja: A) Uredia con peridio (**pe**), tejido del hospedante (**th**), B)células ostiolares (**co**), C) telia con teliosporas (**te**), epidermis (**ep**), D) uredosporas (**ur**). Microscopía electrónica de barrido. Tejido foliar colectado de Valle de Bravo, Méx. y Los Reyes, Mich. 1998.35

3. Morfología del agente causal de la roya amarilla: A) uredia con uredosporas (**ur**) sobre el tejido del hospedante (**th**), células ostiolares (**co**), epidermis (**ep**), B) telia con teliosporas (**te**). Microscopía de Luz. Tejido foliar colectado en Valle de Bravo Méx. y Los Reyes, Mich. 1998.37

4. Progreso temporal de la roya amarilla (*P. americanum*) en tres estratos del dosel de frambuesa roja (*R. idaeus*) en Valle de Bravo, Méx. 1998.40

5. Ciclo de *P. americanum* en Valle de Bravo, Méx. 1998 41

6. Curvas de progreso de la severidad de la roya amarilla (*P. americanum*) de la frambuesa roja (*R. idaeus*) en Valle de Bravo, Méx. 199842

7. Incidencia no acumulada de la roya amarilla (*P. americanum*) en frutos de frambuesa roja (*R. idaeus*) en Valle de Bravo, Méx. 1998.42

8. Escala logarítmica diagramatizada para evaluar la severidad foliar de la roya amarilla (<i>P. americanum</i>) de la frambuesa roja (<i>R. idaeus</i>) en Valle de Bravo, Méx. 1998	58
9. Curvas de progreso de la severidad foliar en siete epidemias de la roya amarilla (<i>P. americanum</i>) de la frambuesa roja (<i>R. idaeus</i>) en Valle de Bravo, Méx. 1998.....	63
10.Área Bajo la Curva del Progreso de la severidad foliar de la roya amarilla (<i>P. americanum</i>) de la frambuesa roja (<i>R. idaeus</i>) en cinco programas y dos testigos en Valle de Bravo, Méx. 1998.....	65
11.Curvas de progreso de la incidencia de la roya amarilla (<i>P. americanum</i>) de la frambuesa roja (<i>R. idaeus</i>) en cinco programas de control y dos testigos en Valle de Bravo, Méx. 1998.....	67
12.Área Bajo la Curva del Progreso de la incidencia de la roya amarilla (<i>P. americanum</i>) en frutos de frambuesa roja (<i>R. idaeus</i>) en cinco programas de control y dos testigos en Valle de Bravo, Méx. 1998.....	67

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN DE LITERATURA

De acuerdo con la FAO (1999), la producción mundial de frambuesa (*Rubus idaeus* L.) en 1998 fue de 326,000 ton, sobresaliendo Rusia con 90,000 (27.6%), seguido de Polonia con 44,845 ton (13.75%), Estados Unidos con 38,000 ton (11.65%) y Alemania con 32,000 ton, entre los más importantes. El resto se distribuye en países como: Canadá, Hungría, Reino Unido, Francia, Bulgaria, Italia, Ucrania y Rumania.

Muratalla *et al.* (1998) señalan que la producción de México comparada con los principales países productores, se encuentra en el último lugar, ya que a penas alcanzó las 800 ton, cifra que sólo rebasa la producción de Australia y Guatemala. Sin embargo, a pesar de la gran diferencia en superficie y producción respecto a los principales productores del mundo, México puede competir por las condiciones ambientales que presenta, aun cuando comparte ventajas estacionales con Chile, Nueva Zelanda, Guatemala y Colombia.

La frambuesa roja (*R. idaeus* L.) es uno de los cultivos relativamente nuevo en nuestro país, aunque existen algunos tipos silvestres, estos sólo se aprovechan en áreas indígenas a través de la recolección (Pacheco, 1972), así los cultivares comerciales en México provienen de los Estados Unidos e Inglaterra. Algunos de estos cultivares, especialmente las productoras de otoño se han adaptado a condiciones ambientales de algunas regiones de los estados de Michoacán, México, Morelos, Jalisco y Oaxaca entre otros, de tal manera que, aunque las evaluaciones de los primeros cultivares se iniciaron en

la década de los 70's (Pacheco, 1972), ha sido en los últimos cinco años que se han difundido en forma considerable. De acuerdo con Muratalla *et al.* (1998), se estima que existen aproximadamente 180 ha cultivadas en el país y de éstas cerca del 70% se ubican en los estados de Michoacán, Jalisco y Estado de México. Las restantes se encuentran distribuidas en los estados de Morelos, Guanajuato, Hidalgo, Puebla, Tlaxcala y otros, siendo los cultivares Autumn bliss y Summit los que cubren la mayor superficie, y en menor proporción, Heritage y Amity. En la actualidad, en Jocotepec, Jal. la empresa Driscoll's tiene en producción aproximadamente 60 ha con cultivares patentados.

Aunado a la problemática de adaptación de cultivares (Arteaga, 1999)¹, el estudio de los problemas fitosanitarios ha sido muy escaso, probablemente debido a la poca importancia que se le había dado al cultivo; sin embargo, como los aspectos fitosanitarios son de los que más impactan en la producción de frambuesa, es de gran importancia el estudio de aquellos que más pérdidas están ocasionando y que afectan directamente al producto, impidiendo o limitando su comercialización nacional e internacional; uno de estos problemas es la roya, enfermedad que en algunas regiones de los estados de Michoacán, Jalisco y México produce pérdidas considerables, pues no es posible comercializar la frutilla al exterior (Rebollar-Alviter, 1998, no publicado). Es por esta razón que es urgente realizar investigaciones sobre la identificación del agente causal de la enfermedad y su biología, así como la instrumentación de medidas de control que ayuden a mantener la enfermedad por debajo del nivel que ocasione pérdidas económicas.

Debido a que en México no se han efectuado estudios sobre esta enfermedad, se realizó la presente investigación.

¹ Buffete de Consultoría y Servicios Agrícolas (BUCOSA, Los Reyes, Mich.)

OBJETIVOS

- a) Identificar al agente causal de la roya amarilla de la frambuesa roja (*R. idaeus* L.) en México.
- b) Describir los síntomas de la enfermedad en campo y laboratorio, y conocer algunos aspectos de la biología del agente causal en una plantación comercial de frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) en Valle de Bravo, Méx. y Los Reyes, Mich.
- c) Evaluar el efecto de cinco programas de control de la roya amarilla en la intensidad de la epidemia en frambuesa roja (*R. idaeus*) cv. Autumn bliss en una plantación comercial en Valle de Bravo, México.

Generalidades del cultivo

Origen de los cultivares de frambuesa roja

La frambuesa pertenece a la familia de las Rosáceas, se ubica en el Género *Rubus* y subgénero *Idaeobatus*. Linnaeus denominó a la frambuesa europea *R. idaeus*, debido a que la especie fue encontrada creciendo en el monte Ida en Grecia y se cree que esta especie pudo originarse en Asia Menor y que los primeros colonizadores la introdujeron a América, donde ya se encontraba de manera silvestre la frambuesa americana, *R. occidentalis* L. (Ryugo, 1993).

La mayoría de los cultivares de frambuesa roja se originaron a partir de dos subespecies silvestres diploides de *Rubus idaeus* L.: *R. idaeus vulgatus* Arrhen., la frambuesa roja nativa de Europa, y *R. idaeus strigosus* (Michx.), la frambuesa roja nativa de Norte América y Asia del Este. Las dos subespecies

difieren en que los frutos de la primera son de un color rojo oscuro y de forma cónica o forma de dedal con poca o sin pubescencia glandular, mientras que los frutos de la segunda subespecie son de un color rojo brillante de forma redonda y con numerosos pelos glandulares. Además, el hábito de crecimiento de *R. strigosus* es más abierto y las cañas son más rectas y glaucas con espinas más rectas y de un color más oscuro siendo esta la subespecie más tolerante al invierno (Crandall y Daubeney, 1990; Pritts, 1991). Aunque la mayoría de los cultivares de frambuesa se han originado de las dos subespecies mencionadas, también es importante citar otras especies diploides que se han usado en programas de mejoramiento, una de éstas es *R. occidentalis* L., la frambuesa negra, la cual ha sido la fuente de resistencia del moho gris causado por *Botrytis cinerea* y *Amphorophora idaei* Born, pulgón transmisor del virus mosaico de la frambuesa. Algunos de los cultivares que tienen genes de esta especie son "Amity" y "Summit". Otra de las especies que se han usado como fuentes de resistencia a inviernos extremos, es *R. arcticus* L. y uno de los cultivares que presentan genes de esta especie es "Autumn bliss" (Grandall y Daubeney, 1990).

Cultivares de mayor importancia en México

En nuestro país, los cultivares productores de otoño son los que más se han adaptado a nuestras condiciones ambientales. Estos cultivares tienen la característica de emitir sus brotes vegetativos en el primer año y producen la primera cosecha en la parte terminal de la caña, generalmente su producción en México se concentra durante los meses de octubre y noviembre (Rodríguez y Avitia, 1984), aunque dependiendo del cultivar, del manejo y el clima, se puede tener cosecha en los meses de abril y mayo. Los cultivares más distribuidos y adaptados a las condiciones de México son los siguientes:

Autumn bliss: Este cultivar fue obtenido en la Estación Experimental East Malling en Inglaterra y liberado en 1983. Produce frutos grandes y de alto rendimiento. Sus frutos son de forma cónica y de un color que va del rojo claro

a rojo oscuro, de sabor muy agradable y de maduración más temprana que Heritage. Es un cultivar que permite la extensión de la cosecha y es una buena opción para el comercio en fresco (Rodríguez y Avitia, 1984; Crandall y Daubeny, 1990; Corzo, 1995). En México se localizan algunas plantaciones en Valle de Bravo y Villa del Carbón en el Estado de México (Valdespino, 1998, Asesor Técnico Particular; Muratalla, 1998)².

Summit: Fue liberado en 1988 por la Universidad Estatal de Oregon y el programa de mejoramiento del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos; es un cultivar que fructifica antes que Heritage, su fruto más pequeño, oscuro y más firme que no se separa fácilmente del receptáculo, pero de producción comparable con Heritage. Este cultivar es más productor que Autumn bliss en zonas subtropicales, es apta para cosecha mecánica (Crandall y Daubeny, 1990; Corzo, 1995), plantaciones con este cultivar se localizan en Los Reyes, Mich.

Heritage: Fue generada en Nueva York en 1969 en la estación experimental de Geneva, presenta tallos erectos y fuertes, con frutos de tamaño mediano a grande de color rojo brillante muy firme y se separa fácilmente del receptáculo; es el cultivar más distribuido en California y se ha adaptado en muchas partes del mundo (Rodríguez y Avitia, 1984; Corzo, 1995). En nuestro país no está muy distribuida y sólo se tiene conocimiento de una plantación en Ocoyoacac, Estado de México.

Amity: Se liberó en 1988 por la Universidad Estatal de Oregon y el programa de mejoramiento del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos; es de cañas muy vigorosas que no necesitan espalderas; los frutos son grandes y firmes, con alta producción, pero en la cosecha la fruta debe estar completamente madura para evitar que se desprendan las drupeolas de los bordes, sin embargo es excelente para comercializarse en fresco, congelada y enlatada; es resistente a la pudrición de la raíz (*Phytophthora* spp.) a los áfidos

² Comunicación Personal.

y se adapta a suelos pesados (Corzo, 1995; Crandall y Daubeney, 1990). Una plantación de aproximadamente 40 ha, se localiza en Zamora, Mich., propiedad de la empresa Frexport.

Enfermedades más comunes

Entre las enfermedades que más atacan a la frambuesa se encuentran las siguientes:

Cenicilla Agente causal: *Sphaeroteca macularis* (Wall.: Fr.) Lind. (Ascomycetes: Erysiphales)

Esta es una de la enfermedades que más incrementan los costos, ya que es necesaria la aplicación periódica de fungicidas.

Síntomas. Los síntomas inician como pequeñas manchas amarillentas en el envés de las hojas, las cuales son rápidamente cubiertas por un polvillo blanco que corresponde al micelio, conidióforos y conidios del hongo; como consecuencia de este ataque las hojas se deforman y detienen su crecimiento, de igual manera los nuevos brotes se tornan amarillentos y curvados hacia el haz. Cuando los ataques son severos las plantas manifiestan enanismo. El hongo inverna como micelio en los brotes y yemas, y bajo condiciones adversas se puede formar los cleistotecios que corresponde a la fase sexual del hongo (Ellis, 1991).

Biología. La enfermedad ocurre sobre todo en la temporada en que las temperatura varían entre los 15° y 27° C y las condiciones son secas lo cual favorece la esporulación, aunque es posible observar ataques hasta en las condiciones húmedas (Smith *et al.*, 1988). En México se presenta en todos los lugares donde se cultivan frambuesas y zarzamoras (*Rubus fruticosus*) con mayor frecuencia en el ciclo primavera-verano.

Control. Se recomienda la remoción de los brotes tardíos con síntomas de la enfermedad, favorecer la circulación del aire a través del manejo de la densidad de plantación. Asimismo el uso de fungicidas como el triadimefon, bupirimate y fenarimol han dado buenos resultados (Ellis, 1991; Mass, *et al.*, 1991).

Mildiu Agente ausal: *Peronospora sparsa* Berk. (Oomycetes: Peronosporales)

Este patógeno provoca severas pérdidas en Nueva Zelanda y California (Glouber, 1991). En México se han presentado epidemias fuertes en zarzamora cv. Comanche en lugares de Michoacán donde la humedad relativa es alta y las noches son frescas como en las laderas cercanas al lago de Zirahuén (Rebollar, 1997. No publicado, UACH, Chapingo, Méx.).

Síntomas. Inician como un amarillamiento en la superficie de la hoja, que posteriormente cambian a rojo carmín o púrpura; estas lesiones son usualmente de aspecto angular y restringidas por las nervaduras, en algunos cultivares de frambuesa aparecen como manchas o lesiones púrpuras, las cuales generalmente se extienden a lo largo de las nervaduras laterales; en el envés de la hoja aparecen áreas rosa claro a café claro justamente en oposición de la mancha del haz. Los esporangios se producen en el envés de la hoja siendo inicialmente blancos y después toman una coloración grisácea. Por otro lado, ocurre una infección sistémica en las hojas recién emergidas presentándose como un mosaico y pequeñas lesiones amarillentas o rojizas angulares y una distorsión severa además de la decoloración rojiza; estas lesiones presentan un margen de color amarillento y con el centro necrosado, los rebrotes que provienen de plantas infectadas sistémicamente, por lo general muestran una reducción de crecimiento y las hojas terminales presentan una decoloración rojiza; los laterales también desarrollan manchas púrpuras irregulares sobre la epidermis (Tate, 1981; Hall, 1988; Glouber, 1991).

Las nuevas cañas que emergen de plantas infectadas sistémicamente, generalmente muestran enanismo y las hojas terminales una coloración rojiza. La infección del fruto se presenta como una pérdida del brillo, mostrando una apariencia opaca. La infección temprana de los frutos induce que estos tomen una coloración rojiza y rápidamente se endurecen y se marchitan. Los frutos que se infectan tardíamente, con frecuencia se dividen en dos partes y después se marchitan. Los pedicelos infectados muestran una coloración rojiza en un lado o en todo el tejido (Tate, 1981; Glouber, 1991).

Biología. El patógeno prefiere climas húmedos y temperaturas entre los 18 y 22° C, sobrevive como micelio en las raíces, la corona y la caña de tal manera que cuando las nuevas plantas emergen, sus tallos y hojas se infectan con el micelio, éstos brotes son los primeros sitios de esporulación de donde el patógeno se distribuirá a otras plantas. Los esporangios se producen cuando se presentan noches frescas y húmedas y luego se diseminan por el viento a las plantas vecinas. Tanto el patógeno como el desarrollo de la enfermedad se favorece con condiciones ambientales frescas, húmedas y temperaturas moderadas (Glouber, 1991).

Control. Es muy importante que las plantaciones de frambuesa se encuentren alejadas de plantaciones de rosales. asimismo, la eliminación de los brotes limita la aparición temprana del inóculo. Aplicaciones de metalaxil en las etapas de crecimiento, floración y fructificación han dado buenos resultados en plantaciones de California y Nueva Zelanda (Tate, 1981; Hall, 1988; Glouber, 1991).

Moho gris Agente causal: *Botrytis cinerea* Pers.:F (Deuteromycetes: Moniliales)

Esta es una de las enfermedades más importantes cuando la fructificación coincide con los períodos húmedos y cálidos, su distribución es mundial, pero principalmente en áreas subtropicales (Smith *et al.*, 1988).

Síntomas. Los botones jóvenes son usualmente muy susceptibles a la infección. Uno o varios racimos pueden mostrar primeramente una coloración café y un secamiento que puede extenderse hacia el pedicelo. Las infecciones de los frutos presentan un aspecto suave con áreas de color castaño que rápidamente se agrandan. Si el fruto permanece en la planta, éste generalmente se seca y se momifica, cubriéndose con un moho gris y polvoso, por lo que se le da el nombre de moho gris.

Biología. Generalmente estas infecciones de fruto son más severas en el interior del follaje en áreas bien protegidas donde existe alta humedad y el movimiento del aire es muy pobre. Los frutos que están más cercanos al suelo o que están en contacto con otro fruto enfermo u hoja muerta en un follaje denso son los más afectados. La enfermedad puede desarrollarse sobre frutos verdes, pero la susceptibilidad aumenta conforme el fruto va madurando, siendo su detección más fácil a medida que los frutos maduran o al tiempo de la cosecha, ya que en este momento son extremadamente susceptibles, especialmente si se les provocan heridas durante el manejo o si se almacenan con frutos infectados. En condiciones favorables los frutos sanos se pueden infectar en 48 horas después de la cosecha (Dashwood y Fox, 1988; Ellis, 1997).

Control. Se recomienda seleccionar suelos con buen drenaje y no plantar en altas densidades a fin de permitir la aireación y el rápido secamiento de los frutos, así también un buen control de malezas y no aplicar exceso de nitrógeno (Ellis, 1997). El control químico se debe iniciar cuando se tenga aproximadamente un 10% de la floración, haciendo aplicaciones de productos sistémicos como el benomyl, tiophanato metil o vinclozolin combinado con productos de contacto de amplio espectro como el captan, thiram o folpate (Mass *et al.*, 1991).

Antracnosis Agente causal: *Elsinöe veneta* (Burk.) Jenk. (Ascomycetes: Myriangiales)

Esta enfermedad es muy importante en la frambuesa negra (*R. occidentalis* L.), pero también puede ser importante en algunos genotipos de frambuesa roja, zarzamora (*Rubus fruticosus* L. Agg.) e híbridos de frambuesa y zarzamora (Logan) (Munro *et al.*, 1988).

Síntomas. Son muy notorios, ya que se pueden presentar en cañas, peciolos, pedicelos, botones, frutos y hojas. En los brotes nuevos aparecen manchas de color rojizo y púrpura, de forma elíptica o irregular, y a medida que la enfermedad avanza, el centro adquiere un color gris, con los márgenes ligeramente levantados y púrpura. Si las manchas avanzan pueden cubrir grandes áreas del tronco y provocar la muerte de la caña. En las hojas se presenta como pequeñas manchas de color púrpura de 1.5 cm de diámetro que después adquieren el centro blanco. Estas lesiones posteriormente se desprenden provocando un efecto de tiro de munición. Las flores y frutos en desarrollo también pueden ser infectados, estos últimos detienen su crecimiento y si logran llegar a la madurez no son aptos para comercializarse (Ellis, 1997; Travis and Rytter, 1991). En Venezuela, Cedenio y Palacios (1991) citan que la antracnosis es causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, el cual tiene como fase sexual a *Glomerella cingulata*.

Control. De acuerdo con Munro *et al.* (1988), la enfermedad fue controlada adecuadamente cuando se realizaron cuatro aspersiones de diclofuanida a una dosis de 2250 g i.a. /ha.

Roya amarilla de la caña Agente causal: *Phragmidium rubi-idaei* (D.C) Karst. (Basidiomycetes: Uredinales)

Importancia y distribución. La roya amarilla generalmente no se considera como una enfermedad importante, aunque tiene una distribución

mundial, especialmente en regiones templadas excepto en Sudamérica y Sudáfrica, sin embargo sí se han detectado algunos brotes importantes en países como Inglaterra, Irlanda y en Norte América desde el pacífico al Atlántico y también en Siberia, Europa y Japón. A pesar de estos reportes se tiene registrada como una enfermedad con aparición esporádica y sin mucha importancia (Anderson, 1956; Anthony y Shattock, 1985) y sólo se reportan algunos cultivares altamente susceptibles como Glen Clova y Malling Delight (Williamson y Jennings, 1992). Por su parte Jennings y McGregor (1988) reportan que algunas variedades que muestran resistencia a la antracnosis causada por *Elsinöe veneta* también la manifiestan para ésta roya, por lo que sugieren que el gen que confiere resistencia a la antracnosis también la confiere a la roya, habiendo una alta correlación entre las dos enfermedades.

Síntomas. Inician durante la primavera con la aparición de ecias brillantes, de una coloración anaranjada sobre la superficie de las hojas, cañas jóvenes y brotes laterales cerca del suelo. Las lesiones de las partes inferiores de la planta son profundas y cancerosas a partir del segundo año. Si éstas son numerosas obstruyen el paso normal de la savia, pero además ocasionan el rompimiento del tejido de la caña. En las cañas severamente infectadas los frutos no maduran o son de menor tamaño e incluso llegan a secarse y en infecciones severas puede ocasionar defoliación, especialmente de la infección ecial (Anderson, 1956).

Las ecias pueden localizarse sobre los peciolos, pedúnculos y sépalos antes de la aparición de los brotes florales. Las picnias se observan primeramente en la parte superior de las hojas más bajas a manera de pequeñas elevaciones. En este mismo lugar aparecen después las ecias de coloración amarillo a anaranjado (Anderson, 1956).

Morfología. La roya amarilla de la frambuesa es autoica y macrocíclica ampliamente confinada a *Rubus idaeus* L. subsp. *vulgatus* Arrhen. y *R. idaeus* subsp. *strigosus* (Michx.) Maxim. El espermogonio aparece durante la

primavera en pequeñas manchas elevadas de color anaranjado brillante sobre el haz de la hoja. La mayoría de éstas estructuras aparecen sobre hojas de cañas jóvenes y brotes laterales en la parte baja del follaje. La ecia se desarrolla como pequeños anillos concéntricos conspicuos de coloración anaranjada (de 0.5 a 2.0 mm) con el espermogonio en el centro e hifas receptivas (Anthony y Shattock, 1985). Las paredes eciales son delgadas y las eciosporas son de 15 a 27 μm de diámetro globosas a elipsoidales con paredes hyalianas y equinuladas. Las hifas receptivas son clavadas con la pared engrosada en la parte apical de 2 a 3 μm . Las teliosporas son de seis a nueve células cilíndricas y no constreñidas en la septa, con las puntas redondeadas y usualmente se van adelgazando hacia la punta en un apiculus hialino de más de 20 μm de diámetro. Miden de 28-32 x 79-124 μm (excluyendo el apículo) y con las paredes gruesas y de un color café castaño con los bordes irregulares y tres poros por célula. Los pedicelos que soportan la teliospora son hialinos de 100 a 170 μm de largo y 8 a 11 μm de ancho y engrosándose hacia el cuello a 17 - 22 μm de la base (Laundon y Rainbow, 1969).

En Oregon EUA se han registrado las uredias sobre las cañas jóvenes, no así en otros países como Inglaterra, donde la enfermedad es poco común. Las uredias posteriormente adquieren una coloración oscura al formarse las telias, la cuales son la fase de invernación, adheridas a las cañas (Williamson, 1991).

Biología. Este hongo inverna como teliospora en la corteza de las cañas, especialmente en las aberturas naturales cerca del suelo. Las teliosporas requieren de varios meses para salir de la dormancia y germinan a temperaturas mayores de 6.3° C para producir el promicelio que origina cuatro basidiosporas. La germinación se realiza eficientemente en la obscuridad. El espermogonio aparece de una manera rápida, lo que sugiere que la germinación de la teliospora requiere de condiciones favorables por un breve período. Las ecias están usualmente presentes por un tiempo de 4 a 5 semanas en la primavera y el verano. Estas eciosporas inician las nuevas

infecciones en las hojas a través de los estomas. Las uredosporas germinan a una temperatura superiores a los 10.8⁰ C con la presencia de agua y penetran a través de los estomas. La enfermedad progresa rápidamente a medida que la cantidad de uredosporas se incrementa en periodos de alta humedad y temperaturas frescas. Sólo las hojas más jóvenes y tejidos más tiernos son susceptibles. Estas infecciones predisponen la planta a infecciones por *Leptosphaeria coniothyrium* (Fuckel) Sacc. (Anthony y Shattock, 1985; Williamson, 1991).

Control. El uso de variedades resistentes como Latham, Chief y Boyne, así como otras parcialmente resistentes como Meeker y Malling Jewel es el mejor método para el manejo de la enfermedad. Algunas prácticas adicionales recomendadas son el uso de densidades que permitan una libre aireación, así como la eliminación de las cañas infectadas y con excesivo vigor; también se recomienda la eliminación de la primera emisión de brotes con el uso de herbicidas desecantes y su posterior quema. Ésta práctica reduce el excesivo vigor con lo que se pretende eliminar el hongo en los estados iniciales de desarrollo que previenen infecciones futuras. También el cultivo alternado puede evitar la enfermedad a través de la remoción completa de los brotes y cañas viejas, con lo cual se eliminan gran cantidad de teliosporas (Williamson, 1991).

Roya amarilla tardía *Pucciniastrum americanum* (Farlow) Arthur.

Especie tipo: *Pucciniastrum epilobii* Otth.

Características del género *Pucciniastrum* Otth, 1861.

Las royas de género *Pucciniastrum* se ubican en el orden uredinales y la familia Melampsoraceae, son heteroicas y presentan espermogonio subcuticular tipo tres, ecias amarillas con origen subepidermal, errupente y con peridio, peridermoide; eciosporas catenuladas o uredinoides y verrucosas naciendo en forma individual; picnias subcuticular en algunos casos

subepidermal, frecuentemente mucho más hundida en el tejido de hospedante y sin parafisos. Las ecias y picnias se presentan en varias coníferas de hojas solitarias como los del género *Abies*, *Tsuga*, *Pseudotsuga* y *Picea*. Las uredias son de origen subepidermal, con peridio y un poro delimitado por células ostiolares, sobre plantas dicotiledóneas incluyendo rosáceas y ericáceas (Heald, 1933; León y Cummins 1981; Cummins e Hiratsuka, 1983). Las uredosporas nacen en forma individual, presentan la pared hialina equinulada, poros esparcidos de color oscuro. La telia posee esporas en un estrato, consiste de capas de esporas subepidermales adheridas lateralmente e indehiscentes. Las teliosporas son sésiles de dos o más células divididas por septas verticales, un poro germinal en la pared externa de cada célula, pared pigmentada. La germinación ocurre después de la dormancia y producen un basidio externo (Arthur y Cummins, 1962; Wescott, 1990).

Según Shaw (1973) y Farr *et al.* (1989), sólo *P. americanum* y *P. arcticum* atacan al género *Rubus*.

Pucciniastrum americanum (Farlow) Arthur.

Debido a su similitud con *P. arcticum*, ésta roya fue inicialmente descrita por Farlow en 1908 como *Pucciniastrum arcticum* Tranz. var. *americanum* Farl., pero en 1920, Arthur elevó al hongo al rango específico debido a la gama de hospedantes a la morfología de la ecia y la uredia (Ziller, 1974).

Morfología. Laundon y Rainbow (1969) mencionan que las ecias son tipo *Peridermium* y se desarrollan en las acículas del ciclo activo de crecimiento en el hospedante alterno y ocasionalmente sobre las escamas de los conos; son cilíndricas peridiadas de 0.2 - 0.5 mm de diámetro y las eciosporas son elipsoidales a ovoides de 13 - 16 x 16 - 23 μm con las paredes hialinas y verrucosas, excepto por un área casi dentada en cada extremo de la espora; estas constan de dos paredes, la primera de 0.5 - 0.75 μm de espesor y la más externa de espinas de más de 1.5 μm de espesor. Las uredias son hipofílicas y

generalmente agrupadas en grandes áreas, usualmente sobre los peciolo y las hojas, de un color amarillo pálido y peridiadas. El peridio es en forma de cono o cilíndrico de 70 - 110 μm de diámetro y de 70 - 110 μm de altura, el cual tiene de cuatro a seis células ostiolares, lateralmente libres constreñidas en la mitad de 23 - 31 μm de altura y 13 - 15 μm de ancho, dentadas en la parte baja y aculeadas arriba con grandes verrugas de 3 - 4 μm de altura y 2.5 - 3 μm de ancho. Las uredosporas son de 18 a 27 x 11 a 17 μm , aunque Arthur y Cummins (1962) y Ziller (1974) reportan 15-26 x 10 -18 μm ; son ovoides a elipsoidales con contenidos amarillos brillantes, sus paredes son hialinas y equinuladas con espinas de 2.5 - 3 μm de ancho y 0.75 μm de altura. Las telias son ambigenas mezcladas e indistintas, con teliosporas de 15 - 22 x 15 - 20 μm (Arthur y Cummins, 1962 y Ziller, 1974 reportan un diámetro de 24 - 28 μm) embebidas justo bajo la epidermis, son globosas a elipsoidales y contienen dos o mas células separadas por septas verticales, cada célula es de 6.5 - 8.5 μm de ancho con paredes lisas café claro y cerca de 1 μm de espesor.

Gama de hospedantes. Ataca principalmente a la frambuesa roja, púrpura y algunas frambuesas silvestres, pero no a la frambuesa negra y la zarzamora. Algunas especies donde se ha encontrado son: *Rubus leucodermis* Doug., *R. melanolasius* Focke, *R. neglectus* Peck, *R. strigosus*, *R. idaeus canadiensis* Rich. Brotes severos se han presentado en la parte central y el Este de Norte América. La enfermedad puede causar defoliación prematura y un debilitamiento general de la planta, así como la infección de los frutos, los cuales no son aptos para la comercialización (Arthur y Cummins, 1962; Nickerson, 1991).

Síntomas. Se pueden presentar en los peciolo, hojas, frutos, brotes y cáliz. Las uredias se presentan en el envés de las hojas a manera de masas de esporas de un color amarillento, por lo que las hojas adquieren una coloración amarillenta y posteriormente café, hasta que los síntomas se extienden a gran parte de la hoja y causan su caída. Generalmente, los primeros síntomas se presentan en las hojas más viejas, pero cuando el ataque

se da en las hojas jóvenes provoca su deformación y ocasiona defoliación tardía, dejando las cañas casi desnudas; sólo las hojas más jóvenes permanecen en las puntas (Anderson, 1956; Luffman y Buszard, 1988; Nickerson, 1991).

Biología. Esta roya es heteroica-macrocíclica y produce un espermogonio y ecias en el abeto blanco *P. engelmannii* y *P. canadiensis*. Las uredias y telias se producen en especies de *Rubus* spp, sin embargo, aparentemente no es necesario la presencia del hospedante alternativo, ya que la enfermedad se ha presentado en Ohio EUA causando pérdidas del 30% y no se observó ninguna planta del género *Picea*, en un radio de 1.6 km (Ellis y Ellett, 1981). Esto coincide con lo que menciona Anderson (1956) respecto a que la roya en frambuesa puede presentarse independientemente de las eciosporas como fuente de inóculo, ya que la enfermedad es detectada año con año en regiones donde los árboles de abeto se encuentran a muchos kilómetros de los campos de cultivo. Este mismo autor considera que en EUA, que el hongo probablemente sobrevive sobre las cañas de la frambuesa en la fase uredial y en la siguiente estación produce las uredosporas responsables de la nueva infección. En forma general se acepta que el abeto blanco y algunas especies de este género son hospedantes alternos, siendo la frambuesa el hospedante de la fase uredial y telial.

Cuando el hospedante alternativo está presente las eciosporas liberadas durante la primavera son la fuente de infección primaria sobre la frambuesa roja y las uredosporas son la fuente de infección secundaria, la cual se recicla en el cultivo atacando las hojas y frutos (Luffman y Buszard, 1988; Nickerson, 1991).

El ciclo biológico ha sido estudiado en Nueva Escocia por Nickerson y Mahar (1987) citado por Nickerson (1991) donde el abeto blanco es muy común. Estos autores mencionan que las eciosporas maduran en las acículas del abeto blanco a mediados de junio, período en el cual son capaces de infectar a la frambuesa. Las uredias aparecen primeramente en el cáliz y hojas

de los laterales a principios de julio. Estas uredosporas son las que causan nuevas infecciones a través del ciclo de cultivo. A finales de julio, las uredosporas ya se pueden encontrar en los frutos, cañas nuevas y en las flores. Las hojas más nuevas de las cañas jóvenes son las últimas en mostrar síntomas y pueden escapar a la infección a medida que la epidemia disminuye con las temperaturas más frescas a mediados del otoño. Las telias se desarrollan en las hojas infectadas en el otoño y las teliosporas germinan durante los periodos lluviosos desde mediados de mayo a principios de junio del siguiente año. Las basidiosporas se liberan y la infección de los abetos coincide con el período de crecimiento de sus brotes. En plantaciones de frambuesas productoras de verano que se encuentran cerca de los abetos, son atacadas por las eciosporas, las cuales funcionan como fuente de inóculo primario. Como se mencionó anteriormente, aparentemente el patógeno no necesita del hospedante alterno para causar infecciones continuas, por lo que se supone que el micelio uredinal es capaz de sobrevivir en las cañas de la frambuesa y producir uredosporas que sirven como fuente inóculo primario para la siguiente temporada (Anderson, 1951; Ellis y Ellet, 1981; Nickerson, 1991).

Tanto las eciosporas como las uredosporas, pueden ser diseminadas por el viento, además estas últimas, se pueden transportar de un lugar a otro por medios mecánicos al momento de la cosecha. Las uredosporas pueden germinar en temperaturas desde 8° C, pero las óptimas se encuentran entre los 18 y 26° C. Al germinar, el tubo germinativo penetra por los estomas, principalmente por el envés de la hoja en aproximadamente 6 h a 20° C. Es necesario que exista una humedad relativa alta para que ocurra la infección. Las hojas más susceptibles son las de mediana edad y las uredias se producen de 6 a 7 días después de la infección. Los frutos son susceptibles en todos los estados de desarrollo (Luffman y Buszard, 1989; Nickerson, 1991).

Control. Se recomienda no plantar altas densidades para permitir la circulación del aire, asimismo la eliminación de las hojas y restos infectados por la roya ayudan a la disminución del inóculo primario en la siguiente temporada.

De ser posible se deben eliminar los abetos de los alrededores de la plantación. El uso de fungicidas registrados en EUA no han funcionado, sin embargo en Canadá se han observado resultados prometedores con el uso de anilazyna durante el período vegetativo antes de la floración. También se han encontrado algunos cultivares como Nova, Boyne, Royalty y Tayberry que muestran reacción de hipersensibilidad y aparentemente son resistentes, siendo una de las mejores tácticas de manejo de la enfermedad. Algunos de los cultivares más susceptibles son: Carnival, Festival y Heritage (Luffman y Buszard, 1988; Luffman y Buszard, 1989a; Luffman y Buszard, 1989b; Nickerson, 1991).

LITERATURA CITADA

- Anderson, W. H. 1956. Diseases of Fruit Crops. Ed. McGraw-Hill. USA. pp. 326-327.
- Arthur, C. J., and Cummins. G. B. 1962. Manual of the rusts in the United States and Canada. Hafner Publishing Company. USA. pp. 12-14.
- Anthony, V. M., and Shattock, R. C. 1985. Life-History of *Phragmidium rubi-idaei* on red raspberry in the United Kingdom. Plant Pathology 34: 510-520.
- Cedeno, M. y Palacios, E. 1991. Antracnose of blackberry by *Glomerella cingulata* in Venezuela. Fitopatología Venezolana 4(1): 1-20.
- Corzo, J. 1995. Frambuesa. Guía de Producción, Manejo de Postcosecha y Mercadeo. Gremial de Exportadores de Productos no tradicionales. Guatemala. 53p.
- Crandall, P. C., and Daubeny, H. A. 1990. Raspberry Management. In: Galletta. G. J. and Himelrick. D. G. (Eds.) Small Fruit Crops Management. Prentice Hall. New Jersey, USA. 602p.
- Cummins, G. B., and Hiratsuka, Y. 1983. Illustrated Genera of Rust Fungi. Revised Edition. APS Press, St. Paul, MN. USA. pp.28-29.
- Dashwood, E. P., and Fox, R. 1988. infections of flowers and fruit of red raspberry by *Botrytis cinerea*. Plant Pathology 37:427-430.
- Ellis, M.A., and Ellett, C. W. 1981. Late leaf rust on heritage red raspberry in Ohio. Plant Disease 65 (11): 924.
- Ellis, M. A. 1991. Powdery Mildew. In: Ellis, M. A., Converse, R. H., Williams, R. N., and Williamson, B. (Eds). Compendium of Raspberry and Blackberry Diseases and Pests. APS Press, St. Paul, MN. USA. pp. 16-18.
- Ellis, M. A. 1997. Botrytis Fruit Rot "Gray Mold" of Strawberry, Raspberry and Blackberry. Ohio State Extension Factsheet. The Ohio State university. USA. 5p.
- FAO, 1999. Frambuesas. Base de datos. FAOSTAT. <http://app.fao.org>. 3p.

- Farr, F. D., Bills, G. F., Chalnuis, P., and Rossman, A. Y. 1989. Fungi on Plants and Plants Products in the United States. APS Press, St. Paul, MN. USA. 1252 p.
- Glouber, W. D. 1991. Downy Mildew. In: Ellis, M. A; Converse, R. H., Williams, R. N., and Williamson, B. (Eds). Compendium of Raspberry and Blackberry Diseases and Pests. APS Press, St. Paul, MN. USA. pp. 15-16.
- Heald, F. D. 1933. Manual of Plant Diseases. McGraw Hill. USA. 953 p.
- Hall, H. K., and Shaw, C. G. 1987. Brambles : downy mildew on wild and cultivated *Rubus* species in New Zeland. New Zeland Journal of Experimental Agriculture 15:57-60.
- Jennings, D. L., and McGregor, G. R. 1988. Resistance to cane spot (*Elsinoe veneta*) in the raspberry and its relationship to resistance to yellow rust (*Phragmidium rubi-idaei*). Euphytica 37:173-180.
- Laundon, G. F., and Rainbow, A. F. 1969. *Pucciniastrum americanum*. C.M.I. Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria No. 210. England.
- León, G. H., y Cummins, G. 1981. Uredinales (royas) de México. Vol II. INIA, México, D.F pp. 16-23 y 305.
- 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 a. The susceptibility of primocanes of six red raspberry cultivars to late yellow rust (*Pucciniastrum americanum* (Farl.) Arth.). Canadian Plant Disease Survey 69 (2): 117-119.
- Luffman, M and Buszard, D. 1989 b. 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.
- Mass, L. M., Wilhelm. S., and Galleta, G. J. 1991. Pest Management Systems for Strawberry Diseases. In: Pimentel, D. (Ed.). Handbook of Pest Management in Agriculture. CRC Press. USA. Vol. III. pp. 553-583.

- Muñoz, R. M., y Juárez, D. M. R. 1997. El mercado de Frutales menores. El caso de la Zarzamora y la Frambuesa. Universidad Autónoma Chapingo. ASERACA- CUESTAM. Chapingo, Méx. 110 p.
- Muratalla, L. A., Livera. M. M., López, J. A., y Galindo, A. R. 1998. Situación y Manejo de la Frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) en México. Curso de Actualización para productores de Zarzamora y Frambuesa del Distrito Federal. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp. 1- 27.
- Munro, J.M., Dolan, A., and Williamson, B. 1988. Cane spot (*Elsinoe veneta*) in red raspberry: infection periods and fungicidal control. *Plant Pathology* 37:390-396.
- Nickerson, N. L. 1991. Late yellow rust. *In*: Ellis, M. A., Converse, R. H., Williams, R. N. and Williamson, B. (Eds.). *Compendium of Raspberry and Blackberry Diseases and Pests*. APS, Press, St. Paul, MN. USA. pp. 30 - 32.
- Pacheco, S. P. 1972. Cultivo de Frambuesa y Zarzamora. Dirección General de Extensión Agrícola, SAG. México, D.F. 38 p.
- Pritts, M.P. 1991. The Genus *Rubus*. *In*: Ellis. M. A., Converse, R. H., Williams, R. N., and Williamson, B. (Eds.). *Compendium of Raspberry and Blackberry diseases and Insects*. APS Press. St. Paul, MN. USA. p 1-2.
- Rodríguez, A. J., y Avitia, G. E. 1984. El Cultivo de la Frambuesa Roja. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. 33 p.
- Ryugo, K. Fruticultura, Ciencia y Arte. 1993. Ed. AGT Editor, S. A. México. 460 p.
- Shaw, G.G. 1973. Host Fungus Index for the Pacific Northwest II: Fungi. *WAES Bulletin* No. 766. Washington, D. C. USA. 162 p.
- Smith, I. M., Dunez J., Phillips, D. H., Lelliott, R. A., and Archer, S.A. 1988. *European Handbook of Plant Diseases*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 581p.
- Tate, K. G. 1981. Etiology of dryberry disease of boysenberry in New Zeland. *New Zeland Journal of Experimental Agriculture* 9:371-376
- Travis, J. W. and Rytter, J. 1991. Antrcnose. *In*: Ellis. M. A., Converse, R. H., Williams, R. N., and Williamson, B. (Eds.). *Compendium of Raspberry*

- and Blackberry Diseases and Insects. APS Press. St. Paul, MN. USA. pp. 3 - 5.
- Westcott, C. 1990. Westcott's Plant Disease handbook. Fifth Edition. USA. 448 p.
- Williamson, B. 1991. Cane and Leaf Rust. *In*: Ellis, M. A; Converse, R. H., Williams R. N., and Williamson, B. (Eds). Compendium of Raspberry and Blackberry Diseases and pests. APS Press, St. Paul, MN. USA. pp. 29-30.
- Williamson, B., and Jennings, D. L. 1992. Resistance to cane and foliar diseases in red raspberry (*Rubus idaeus*) and related species. *Euphytica* 63:59-70.
- Ziller, W. G. 1974. The Tree Rusts of Western Canada. Pacific Forest Research Center. Canadian Forestry Service. Publication No. 1329. Victoria B.C. Canada. 272 p.

CAPÍTULO II

IDENTIFICACIÓN Y BIOLOGÍA DEL AGENTE CAUSAL DE LA ROYA AMARILLA DE LA FRAMBUESA ROJA (*Rubus idaeus* L.) EN MÉXICO

INTRODUCCIÓN

El conocimiento del agente causal de las enfermedades que atacan a las plantas es uno de los aspectos más importantes que se deben tomar en cuenta para el manejo adecuado de las mismas. De esta manera se pueden implementar estrategias para mantenerlas a niveles de intensidad que no afecten la calidad y rendimiento (Agrios, 1998).

La frambuesa en México es un frutal que está tomando importancia debido principalmente a su alta rentabilidad, por ello actualmente se cultiva en Michoacán, Jalisco, Estado de México, Morelos y Guanajuato, entre otros. Sin embargo las enfermedades son uno de los factores que más afectan la producción, por lo que es de gran importancia el conocimiento de los agentes que las ocasionan. Una de las más importantes, es la roya amarilla, la cual causa considerables pérdidas económicas en los estados donde se produce frambuesa.

Sólo tres royas se reportan atacando a la frambuesa roja (*R. idaeus* L.) (Anderson, 1953; USDA, 1953; Shaw, 1973; anónimo, 1989; Farr *et al.*, 1989.). Una de éstas es la roya de la caña o roya amarilla del Noroeste causada por *Phragmidium rubi-idaei* (D.C). P. Karts. (Sin. *P. imitans* Arth.). *P. rubi-idaei* es una roya autoica-macrocíclica con distribución mundial y ocasionalmente se reporta causando severas pérdidas en el Noroeste del Pacífico y Reino Unido

atacando cañas jóvenes y hojas, ampliamente confinada a *R. idaeus* subsp. *vulgatus* Arrhen. y *R. idaeus* subsp. *strigosus* (Michx.) Maxim. (Anderson, 1953; Anthony y Shattock, 1985; Williamson, 1991). Debido a que se han detectado en algunos estados de la Unión Americana, el Reino Unido y Australia brotes epidémicos de importancia en plantaciones comerciales de frambuesa cv Glen Clova y Malling Delight, se ha estudiado la resistencia de algunos cultivares a este patógeno (Anthony y Shattock, 1985b; Jennings y McGregor, 1988; Williamson y Jennings, 1992).

La roya del ártico, *Pucciniastrum arcticum* Tranzschel, se distribuye en áreas con climas muy fríos, entre las que destacan el Este de Canadá desde New Brunswick hasta Alberta, y en EUA en los estados de Connecticut y Norte de Minnesota y Alaska, así como Norte de Europa y Asia, incluyendo Japón (Arthur y Cummins, 1962; Ziller, 1974). De acuerdo con Williamson (1991), ésta especie ataca a la frambuesa cultivada del ártico (*R. arcticus*) y otras frutillas del subártico estrechamente relacionadas, así como híbridos que provienen de cruza con estas especies. Según Arthur y Cummins (1962) y Ziller (1974) ésta roya es heteroica-macrocíclica con la fase ecial presente en el abeto blanco (*Picea glauca* (Moench) Voss) y la fase uredial y telial en subespecies de *R. arcticus* L., *R. pubescens* Raf., *R. triflorus* Richardson, *R. acaulis* Michx. y *R. chamaemorus* L.

La última de las royas que atacan a la frambuesa roja y quizá la más importante por los daños que ocasiona en muchos cultivares y regiones productoras de frambuesa, es la causada por *Pucciniastrum americanum* (Farl.) Arth. conocida en Norte América como roya amarilla tardía; ésta roya ataca las hojas, pedicelo, cálices y frutos, y en etapas tempranas puede ocasionar defoliación y pérdidas importantes al infectar los frutos (Anderson, 1953; Nickerson, 1991). Esta roya es heteroica-macrocíclica con hospedantes alternos generalmente en *Picea glauca* (Moench) Voss., y *Picea engelmannii*, y la fase uredial y telial en especies de frambuesa roja como: *R. idaeus* subsp. *melanolasius* Focke. y *R. idaeus* subsp. *strigosus* Michx., así como las

frambuesas púrpuras (*R. neglectus* Peck). Se distribuye desde Nueva Escocia a la Columbia Británica, Sureste y Oeste de Virginia, Ohio y Idaho, Connecticut, Iowa, Madison, Massachussets, New Hampshire, New Jersey, Wisconsin, entre otros, y en Canadá en Ontario y Quebec (Arthur y Cummins, 1962; Laundon y Rainbow, 1969; Ziller, 1974; Ellis y Ellett, 1981).

De acuerdo con Nickerson (1991) *Pucciniastrum americanum* (Farl.)Arh. está estrechamente relacionada con *Pucciniastrum arcticum* Tranzchel., pero es fisiológicamente distinta, ya que aunque las dos especies pueden tener el mismo hospedante primario, no atacan a las mismas especies de *Rubus*. Esto fue comprobado por Darker (1929) citado por Nickerson (1991) al infectar *Picea glauca* con basidiosporas provenientes de *Rubus pubescens* atacado con *P. arcticum*. Las eciosporas provenientes de esta infección afectaron a *Rubus pubescens*, pero no a *Rubus idaeus*.

En México se ha detectado que las hojas y frutos de frambuesa roja muestran síntomas de roya, lo cual afecta directamente la comercialización de los frutos, al disminuir la calidad y en consecuencia la producción. Por lo anterior, es de gran importancia conocer el agente causal de esta enfermedad, así como aspectos de su biología que contribuyan en investigaciones futuras para implementar estrategias de manejo que permitan la obtención de producción de calidad para la comercialización y genere ganancias al productor, por lo que los objetivos que se plantearon fueron los siguientes:

- 1.- Identificar el agente causal de la roya de la frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) en México.
- 2.- Describir los síntomas de la enfermedad en campo y laboratorio, y conocer algunos aspectos de la biología del agente causal en una plantación comercial de frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) en Valle de Bravo, México y Los Reyes, Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de las zonas de muestreo

Muestras de material vegetal enfermo se obtuvieron en Los Reyes, Mich. de plantaciones de frambuesa roja cv Summit. Este municipio se localiza en los 19°35' de latitud norte y 102°28' de longitud Oeste, a una altitud de 1300 m. Presenta un clima A (C) w₁ (w) (i')gw'' es decir, semicálido subhúmedo con lluvias en verano, porcentaje de lluvia invernal menor de 5%, poca oscilación térmica, progreso de la temperatura tipo gangas y presencia de canícula; temperatura media anual es de 20.3° C; la precipitación anual es de 965.8 mm con el mes más lluvioso (julio) con 215.8 mm. El mes más caliente es mayo con 23.1° C y el más frío es enero con 18° C (García, 1988).

De igual manera se obtuvieron muestras de una plantación de frambuesa cv Autumn bliss ubicada en el municipio de Valle de Bravo, Méx., el cual se localiza a los 19° 12' latitud Norte y 100° 10' longitud Oeste a una altitud de 1847 m. Presenta un clima (A) Cb (w2) (w) (i') g, es decir, es un clima templado con verano fresco y largo, el más húmedo de los de este tipo, con porcentaje de lluvia invernal menor de 5, poca oscilación térmica y progreso de la temperatura tipo gangas; temperatura media anual de 18.1° C y precipitación media anual de 1388.4 mm, siendo julio el mes más lluvioso con 298.9 mm; el mes más caliente es mayo con 21.4° C y el más frío es diciembre, con 15.7° C (García, 1988).

Colecta y preparación del material

De los sitios de estudio se colectaron desde junio de 1998 a enero de 1999 muestras de hojas de frambuesa con síntomas de la roya, se colocaron en bolsas de plástico y se transportaron al laboratorio de micología del Departamento de Parasitología Agrícola de la UACH, Chapingo, Méx.. Para las inoculaciones y cortes de tejido se usó material fresco.

Adicionalmente durante los meses de abril, mayo y junio de 1999 se realizaron recorridos mensuales en áreas boscosas de los alrededores de la plantación de frambuesa de Valle de Bravo para recolectar material vegetal con estructuras fungosas (ecias) de los posibles hospedantes alternos de acuerdo con Arthur y Cummins (1962). El material vegetal se trasladó al laboratorio previamente mencionado para realizar las inoculaciones.

Inoculaciones

Para reproducir los síntomas de la roya, se colectaron con un pincel uredosporas de hojas enfermas de los cultivares Autum bliss y Summit provenientes de parcelas comerciales de Valle de Bravo, Méx. y Los Reyes, Mich. respectivamente y se inocularon en una hoja trifoliada de 10 plantas de cinco meses de edad de cada uno de los cultivares Autum bliss, Summit, Amity y Heritage. Con las uredosporas frescas se preparó una suspensión de 200,000 esporas ml^{-1} en agua destilada estéril y se asperjó 0.5 ml en el envés de cada hoja trifoliada desprendida. Después se colocaron en una cámara húmeda elaborada con charolas de plástico a las que se les colocó una capa de algodón húmedo en la base y luego se cubrió con papel filtro desinfectado con alcohol para evitar contaminación y sobre éste se acomodaron las hojas desprendidas con el envés en contacto con el papel. Para evitar su deshidratación se les colocó un algodón húmedo sobre los peciolo. Posteriormente la charola se selló con plástico y se puso en obscuridad por 54 horas a 20° C, seguido de 16 horas de luz. Estas condiciones se proporcionaron con una cámara de crecimiento vegetal (Lab-line modelo 844-L, Lab-Line, instruments, Inc. IL, USA). Se registró el período latente (PL)(tiempo desde la inoculación al inicio de la esporulación) determinado hasta que el 50 % de las hojas mostraron uredias con esporulación (Sandoval-Islas, 1997). La finalidad fue evaluar la resistencia, ya que de acuerdo con Parlevliet (1979), el período latente constituye uno de los componentes de resistencia que reducen la tasa de infección. Adicionalmente se realizó una prueba de germinación de

uredosporas en cajas petri con agua-agar al 1.5 % y se incubaron en oscuridad durante 8 horas. Las uredosporas germinadas se contaron utilizando un hematocitómetro (Tuite, 1969), contando sólo aquellas que tuvieron el tubo germinativo con al menos una longitud igual al diámetro de la uredospora (Zadoks y Schein, 1979).

Para la inoculación de eciosporas obtenidas de las especies vegetales forestales, las ecias se fragmentaron para que liberaran las eciosporas las cuales se colocaron sobre el envés de las hojas de frambuesa cv Autumn bliss utilizando un pincel; después se les asperjó agua destilada estéril con un atomizador manual. Posterior a la inoculación, las hojas trifoliadas se colocaron en cámara húmeda a las mismas condiciones que las inoculaciones de las uredosporas.

Microscopía de luz y electrónica de barrido

Para facilitar la observación de las estructuras fungosas se realizaron cortes de tejido obtenido directamente de campo, con navaja de afeitar y con el microtomo de congelación, se hicieron preparaciones permanentes en lactofenol para su posterior observación; asimismo, se fijó material vegetal con síntomas en formaldehído-ácido acético-alcohol etílico (FAA).

Para los estudios de microscopía de luz, las muestras se deshidrataron en series graduales de etanol al 50%, 70%, 96% y 100% en un procesador de tejidos automático e infiltrados en paraplast (SIGMA, Chemical Co. USA). El material incluido se cortó a 15 μm usando un microtomo rotatorio. Los cortes de tejido fueron adheridos en portaobjetos con gelatina y secados a temperatura del laboratorio. Posteriormente se desparafinaron, se hidrataron y tiñeron con safranina verde rápido y azul de metileno-eritrosina (Johansen, 1940). Las muestras se observaron al microscopio óptico y se tomaron fotografías de las estructuras fungosas observadas.

Para la observación al microscopio electrónico de barrido, se utilizaron las mismas muestras de tejido fijadas para microscopía de luz. Con el tejido infiltrado en paraplast se hicieron cortes de 15 μm de la forma descrita. Los cortes fueron adheridos a los portamuestras para microscopio electrónico de barrido y secados a temperatura del laboratorio. Posteriormente se desparafinaron en tres pasos de xileno, se lavaron en alcohol absoluto y se secaron a temperatura ambiente por 20 min. Estas muestras se cubrieron con una capa de oro de 500 Å y se observaron en un microscopio electrónico de barrido (JEOL JSM 35-C) (Gaudet y Kokko, 1984) y posteriormente se tomaron fotografías de las estructuras fungosas observadas. Los estudios histológicos referidos fueron realizados en el laboratorio de Histopatología del Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx.

Identificación

Con base en los cortes realizados se describió la morfología de las estructuras observadas y se comparó con las especies de hongos causantes de royas en el género *Rubus* de acuerdo con los reportes de Arthur (1929), USDA (1953), Anderson (1956), Arthur y Cummins (1962), Laundon y Rainbow (1969), Shaw (1973), Ziller (1974), León y Cummins (1981), Cummins y Hiratsuka (1983), Anónimo (1989), Farr *et al.* (1989). Después de que se observó similitud en la morfología de la roya de México con las reportadas, se midió el largo y ancho de las uredosporas, teliosporas, peridios y células ostiolares. Se realizaron 100 mediciones de cada estructura, utilizando un micrómetro American Optical. Con las medias del largo y del ancho se realizó una comparación estadística entre las estructuras fungosas de las poblaciones de Los Reyes (LR) y Valle de Bravo (VB) y de éstas con la reportada en la literatura para Norte América (US). Asumiendo que fueron muestras aleatorias independientes, las hipótesis que se probaron fueron las siguientes:

- 1) $H_0: \mu_{VB} = \mu_{US}$ vs $H_a: \mu_{VB} \neq \mu_{US}$
- 2) $H_0: \mu_{LR} = \mu_{US}$ vs $H_a: \mu_{LR} \neq \mu_{US}$
- 3) $H_0: \mu_{VB} = \mu_{LR}$ vs $H_a: \mu_{VB} \neq \mu_{LR}$

donde: μ_v es la media poblacional del largo o ancho de cualquiera de las estructuras fungosas previamente mencionadas, de la muestra Valle de Bravo.

μ_{LR} : es la media poblacional del largo o ancho de cualquiera las estructuras fungosas de la muestra de Los Reyes.

μ_{US} , es la media poblacional del largo o ancho de cualquiera de las estructuras fungosas de la especie reportada en la literatura para Norte América (se tomó en cuenta el límite inferior, superior y el valor medio para obtener la media).

Para realizar la comparación de dos poblaciones es necesario contar con un estimador de la varianza (γ^2) que utilice toda la información disponible y que tome en cuenta las dos muestras. Este estimador es la media ponderada de la varianza (S_p^2) (Infante y Zárate, 1997):

$$S_p^2 = [(n-1) S_x^2 + (m-1) S_y^2] / n + m - 2$$

donde:

n = tamaño de la muestra x

m = tamaño de la muestra y

Posteriormente fue necesario calcular el estadístico de prueba:

$$t_o = [(X - Y) - \delta_o] / \sqrt{(S_p^2)(1/n + 1/m)} \sim t(n + m - 2)$$

donde:

t_o , es el estadístico para prueba de hipótesis sobre $\delta = \mu_x - \mu_y$,

δ_o , es un número cualquiera, muy frecuentemente $\delta_o = 0$

t , distribución t de student con $n+m-2$ grados de libertad

Debido a que sólo se desea probar que **Ho:** $\mu_x = \mu_y$ **vs** **Ha:** $\mu_x \neq \mu_y$, es decir que la población VB o LR es igual o diferente a la reportada en la literatura, la regla de decisión es: **Rechazar Ho si** $t_o \geq t_{\alpha/2} (n+m-2)$ **ó** $t_o \leq -t_{\alpha/2} (n+m-2)$.

Para confirmar la especie determinada, muestras de hojas con síntomas de roya fueron enviadas al Dr. Joe. F. Hennen, especialista en royas del Botanical Research Institute of Texas (509 Pecan Street, Forth Worth, Texas 76102-4060 USA)(Anexo 1).

Ciclo y epidemiología de la enfermedad

En una plantación comercial de frambuesa roja cv Autumn bliss ubicada en Valle de Bravo, Méx. se realizó la descripción de los síntomas de la enfermedad en las etapas de crecimiento, floración y fructificación. Esta información se complementó con las inoculaciones realizadas en condiciones controladas. Adicionalmente, se realizó la medición de la intensidad de la epidemia a intervalos irregulares de tiempo hasta el final de la cosecha en plantas a las que no se les hizo ninguna aplicación de fungicidas. La medición de la enfermedad se realizó en tres estratos de la planta (basal, medio y apical) a través de todo el ciclo de cultivo usando una escala de severidad logarítmica elaborada utilizando el programa de cómputo DOSLOG Ver. 1 (Osada y Mora, 1997, no publicado) con base en el método de Horfall y Barrat (ver Cap. III). Los datos se analizaron utilizando los modelos epidemiológicos de Gompertz (Berger, 1981), monomolecular y logístico (Vanderplank, 1963) y se determinó cuál de ellos ajustó mejor de acuerdo con el coeficiente de determinación (r^2). De la misma manera, se determinó el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) (Campbell y Madden, 1990) para cada estrato de la planta y se hizo una comparación de medias de severidad. Todos los análisis se realizaron utilizando el programa estadístico SAS Ver. 6.04 (Statistical Analysis System) .

Con la finalidad de entender el ciclo de la enfermedad en el área de estudio, se tomaron muestras de material vegetal durante todo el ciclo de cultivo y fueron analizadas en el laboratorio al microscopio de luz para detectar la presencia de las diferentes estructuras del patógeno. Adicionalmente se realizaron recorridos con base en las cartas de uso del suelo y vegetación (Anónimo, 1981) de las áreas aledañas a la parcela para toma de muestras de los posibles hospedantes alternos.

RESULTADOS

Síntomas de la enfermedad

Los primeros síntomas de la roya inician en las hojas más bajas (Fig. 4). En el envés de las hojas y peciolo aparecen pequeñas pústulas aisladas, que con el tiempo van cubriendo el tejido y en masas de esporas de color amarillo (Fig. 1A). Las hojas más jóvenes son las que se infectan al final y presentan menor severidad, no así las más viejas que pueden alcanzar infecciones de más del 70%. Sobre el haz se notan pequeñas puntuaciones de color amarillo que contrastan con el color verde de las hojas que corresponden a una uredia o un grupo de ellas en el envés de las mismas. Estas puntuaciones posteriormente se tornan necróticas y se unen originando áreas necróticas más grandes (Fig. 1E), la hoja después se torna amarillenta y se desprende, ocasionando defoliación prematura cuando las infecciones son severas, permaneciendo sólo las más jóvenes.

A medida que la planta se acerca a la floración, las pústulas empiezan a aparecer en cáliz de las flores (Fig. 1B) y después en los frutos en todas las etapas de desarrollo (Fig. 1C-D). Las drupeolas infectadas no se desarrollan normalmente y maduran más rápido que las sanas, lo que afecta severamente la calidad para la comercialización, ya que únicamente se permiten cinco frutos con síntomas de roya por cada 160 g de fruta.

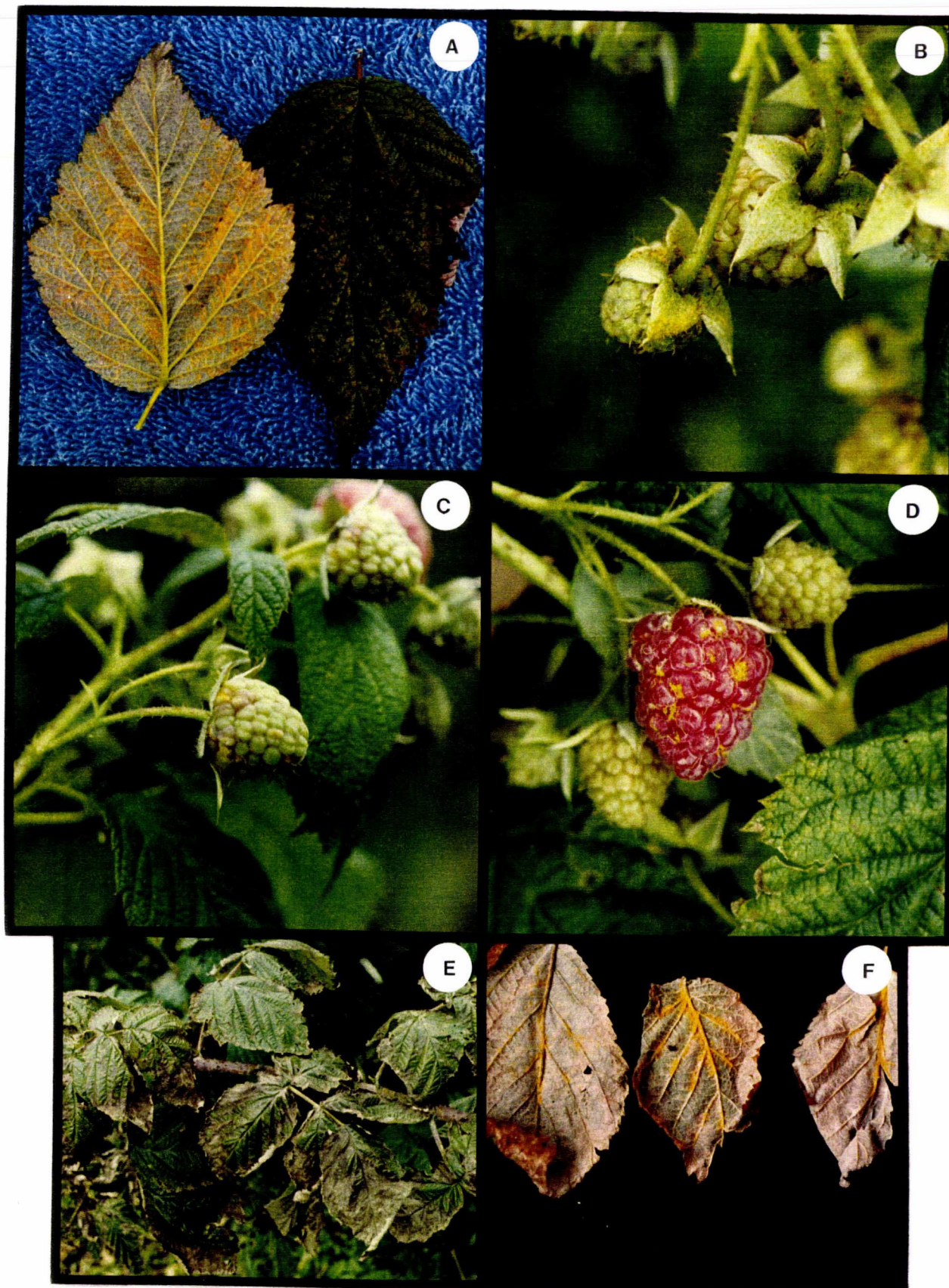


FIGURA 1. Síntomas de la roya amarilla de la frambuesa roja: A) hojas, B) cálices, C) frutos en desarrollo, D) frutos maduros, E) daños en hojas, F) hojas del ciclo otoño-invierno con uredosporas invernantes.

Inoculaciones

De las inoculaciones de uredosporas en los diferentes cultivares se encontró que en Autumn bliss tuvo un PL de 7 días, Heritage de 8, mientras que en Summit y Amity fue de 9 días. Adicionalmente la reproducción de síntomas permitió completar los postulados de Koch. La germinación de las uredosporas en agua-gar a las 8 horas fue de 63.55%.

Con respecto a las inoculaciones de eciosporas provenientes de oyamel (*Abies religiosa*) no se logró infectar a hojas de frambuesa de la variedad Autumn bliss, pues no se reprodujeron los síntomas.

Identificación

Descripción morfológica

Las uredosporas son ovoides, oblongo-elipsoidales o esféricas con la pared hialina y equinulada y contenido amarillo brillante de aspecto aceitoso (Fig. 2D, 3A). Están cubiertas por un peridio de pared hialina en forma de cono, globosa, y raramente cilíndrico, localizado en el envés de la hoja y sobre el tejido epidérmico (Fig. 2A y 3A). El poro del peridio está delimitado por cuatro a seis células ostiolares, las cuales están en forma individual, constreñidas en su parte media, lisas en la parte inferior y aculeadas en la superior, con grandes verrugas de 2.4 a 4.9 μm (Fig. 2B). Las teliosporas se localizan subepidermalmente y en ocasiones esparcidas en el parénquima (las bicelulares). Están arregladas en un estrato y unidas lateralmente formando capas, son sésiles de forma globosa o elipsoidal y con la pared lisa de color café claro o castaño conteniendo dos o mas células separadas por septas verticales (Fig. 2C, 3B). Estas características coinciden con las descritas por

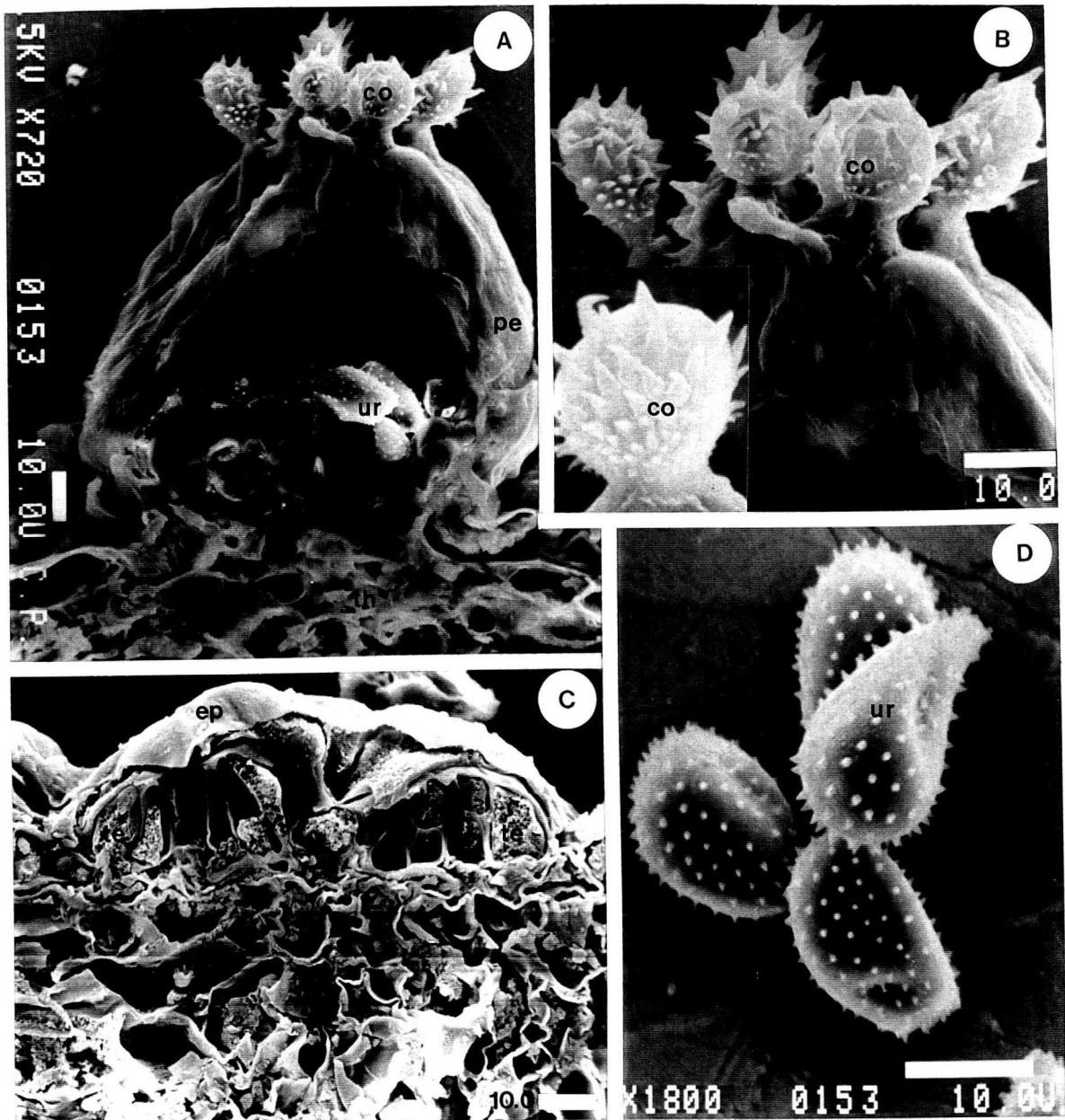


FIGURA 2. Morfología del agente causal de la roya amarilla de la frambuesa roja. A) Uredia con peridio (**pe**), tejido del hospedante (**th**), B) células ostiolares (**co**), C) telia con teliosporas (**te**), epidermis (**ep**), D) uredosporas (**ur**). Microscopía electrónica de barrido. Tejido foliar colectado de Valle de Bravo, Méx. y Los Reyes, Mich. 1998.

Arthur y Cummins (1962), Cummins y Hiratsuka (1983), León y Cummins (1981) para el género *Pucciniastrum*.

En el Cuadro 1 se presentan las medidas de las estructuras del hongo proveniente Valle de Bravo Méx. y Los Reyes Mich. y su comparación con las especies de *Pucciniastrum* mencionadas por Arthur y Cummins (1962), Laundon y Rainbow (1969) y Ziller (1974).

CUADRO 1. Comparación de medidas de las estructuras de las especies de *Pucciniastrum* que atacan a *Rubus* spp. con los aislamientos de roya amarilla. 1998.

Origen/Especie	Uredospora	Peridio	Célula ostiolar	Teliospora	Hosp.	Ref.
Valle de Bravo	12.1-24.3x9.7-14.6 ¹	60.8-133.6 x 48.6-138.5	17-26.73 x 9.7-14.6	14.6-26.7x 12.2-21.9	<i>R. idaeus</i>	Observ.
Los Reyes	12.2-24.3 x9.7-14.6 ²	72.9-128.8 x 48.6-119.1	17-29.2x 9.7-17	14.6-24.3x 12.2-21.9	<i>R. idaeus</i>	Observ.
<i>P. americanum</i>	19-26x10-16	NR	NR	24-28	<i>R. idaeus</i>	Ziller, 1974 Arthur, 1962
	18-27x11-17	70-110 x 70-110	22-31 x13-15	15-30x15-22	<i>R. idaeus</i>	Laundon y Rainbow 1969
<i>P. arcticum</i>	19-26x13-16	NR	NR	19-25	<i>R. arcticus</i> <i>R. pubescens</i> <i>R. triflorus</i>	Arthur y Cummins 1962 Ziller, 1974,

NR: No reportado

¹ con base en 100 repeticiones

² medidas en micras

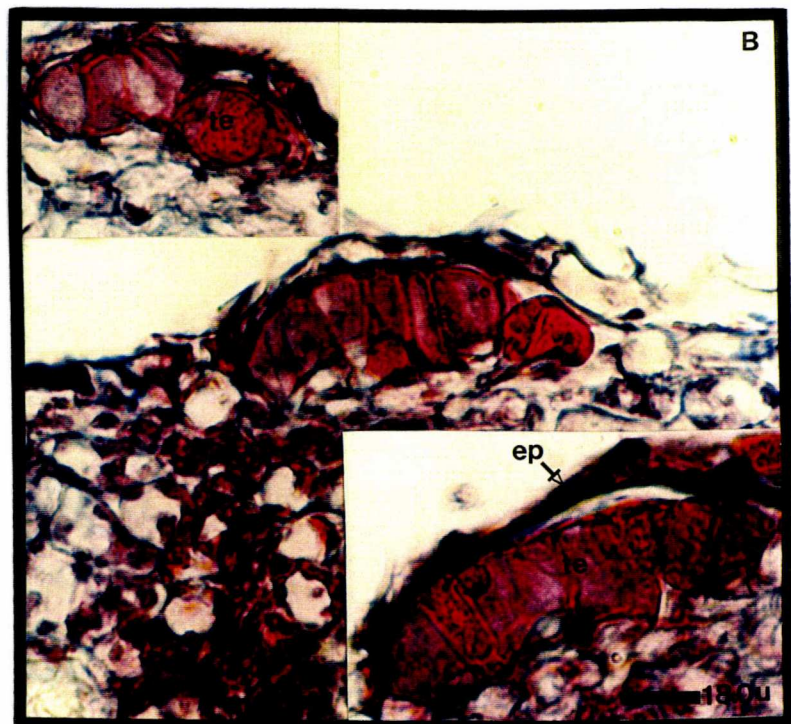
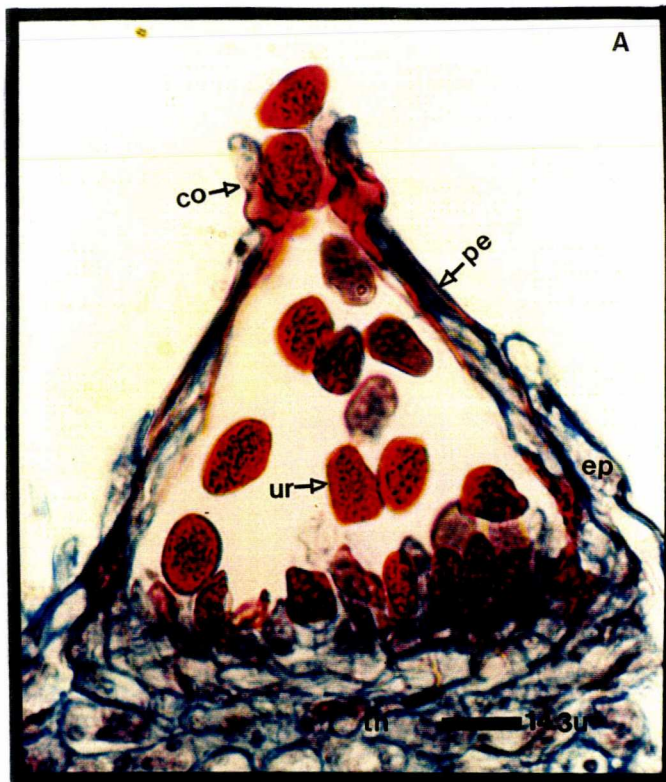


FIGURA 3. Morfología del agente causal de la roya amarilla de la frambuesa roja: A) uredia (**pe**) con uredosporas (**ur**) sobre el tejido del hospedante (**th**), células ostiolares (**co**), epidermis (**ep**), B) telia con teliosporas (**te**). Microscopía de luz. Tejido foliar colectado de Valle de Bravo, Méx. y Los Reyes, Mich. 1998.

Las características de las especies de *Pucciniastrum* que atacan a la frambuesa y la comparación con las observadas en las cepas Valle de Bravo y Los Reyes se resumen en el Cuadro 2.

CUADRO 2. Diferencias morfológicas de las especies de *Pucciniastrum* que atacan a *Rubus* spp. con la especie problema.

Estructura	<i>P. americanum</i>	<i>P. arcticum</i>	Problema
Células ostiolares	Constreñidas en su parte media y libres lateralmente	No constreñidas en su parte media	Constreñidas en su parte media y libres lateralmente
Uredosporas	Ovoides, oblongo-elipsoidales	Ovoides u ovoide-oblonga	Ovoides, oblongo-elipsoidales o esféricas
Teliosporas	Subepidermal en un estrato con septas verticales	Subepidermal, en un estrato y con septas verticales	Subepidermal, en un estrato y con septas verticales
Peridio	Peridio más cónico y no están cubiertos por la epidermis, muy conspicuos sobre esta en la madurez.	Son hemisféricos y cubiertos por la epidermis del hospedante, muy raro sobre éste.	Peridios cónicos en su mayoría, claramente sobre la epidermis del hospedante

Elaborado con datos de Arhur y Cummins (1962) y Ziller (1974).

Análisis estadístico

Las pruebas de hipótesis para la media del largo y ancho de las estructuras de cada aislamiento indicó que la especie de Valle de Bravo, Méx. y Los Reyes no son diferentes entre sí ($P=0.05$) ni con la especie que ataca la frambuesa roja en Norte América.

Con base en las características resumidas en los Cuadros 1 y 2, la comparación estadística de las medidas de las estructuras, la especie causante de la roya en frambuesa en Valle de Bravo, Méx. y Los Reyes, Mich. es *Pucciniastrum americanum* (Farl.) Arth. comúnmente conocida en Norte América como roya amarilla tardía de la frambuesa roja. Este patógeno se

ubica en la clase Basidiomycetes, subclase Teliomycetidae, orden Uredinales y familia Melampsoraceae.

Para facilitar la identificación de los patógenos causantes de royas en frambuesa se propone la siguiente clave:

Clave para la identificación de royas que atacan a la frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.)

- 1 Ruya autoica y macrocíclica.....2
- 1' Ruya heteroica y macrocíclica.....2'
- 2 Se presenta en cañas y hojas.....*Phragmidium rubi-idaei*
- 2' En hojas, peciolas, cálices y frutos; No en cañas..... 3
- 3 Peridios embebidos en el tejido del hospedante *Pucciniastrum arcticum*
- 3' Peridios claramente sobre la epidermis del hospedante.....*Pucciniastrum americanum*

Ciclo y epidemiología

Tanto en Valle de Bravo, Méx. como en Los Reyes, Mich. la fuente de inóculo primario la constituyen las uredoporas o el micelio uredinal del ciclo anterior (Fig 1F.), ya que las inoculaciones que se realizaron de eciosporas provenientes de *Abies religiosa*, no infectaron hojas de frambuesa, lo que descarta la posibilidad de que esta especie sea hospedante alterno de *P. americanum*, aun cuando Arthur y Cummins (1962) lo reportan como hospedante del género *Pucciniastrum*, por lo que en este caso las infecciones primarias probablemente no de provienen de eciosporas en estas región del estado de México y Michoacán.

Por otra parte, de acuerdo a las observaciones hechas durante un ciclo de cultivo (otoño- invierno), las infecciones se inician en las hojas más bajas (Fig. 4) lo que sugiere que estas provienen de salpique por lluvia y arrastre por el viento y en las subsecuentes el viento juega el papel más importante en la epidemia, debido al movimiento de las uredosporas hacia las hojas superiores de la planta, de tal manera que al final de la epidemia es posible detectar mayor

cantidad de enfermedad en la parte media de ésta que en las partes altas o bajas (Fig. 5).

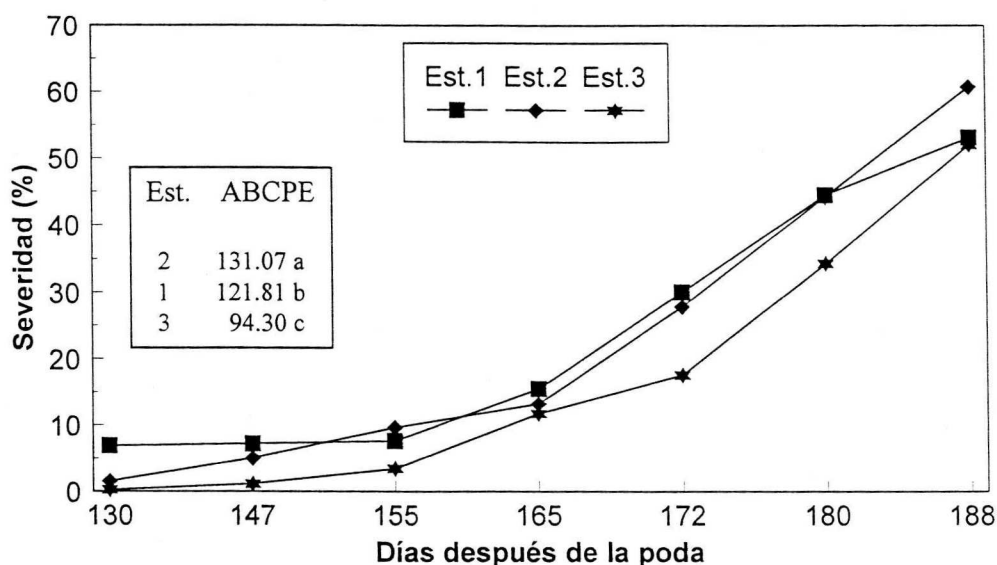


FIGURA. 4 Progreso temporal de la roya amarilla (*P. americanum*) en tres estratos (Est. 1= basal) del dosel de frambuesa roja (*R. idaeus*) en Valle de Bravo, Méx., 1998.

La aparición de los síntomas en Valle de Bravo, Méx. se dio desde la segunda semana de agosto en el cultivar Autumn bliss, indicando que las infecciones pudieron iniciar a principios de agosto, ya que el período latente fue en promedio de siete días en éste cultivar. En la segunda semana de septiembre inició la floración, apareciendo los primeros síntomas en las hojas más jóvenes y los cálices de las flores y aproximadamente dos semanas después aparecieron los primeros frutos en desarrollo infectados, continuando hasta la etapa de madurez comercial. Las teliosporas se detectaron a finales del mes de octubre en hojas viejas y con altas infecciones localizadas en el envés y en forma subepidérmica (Fig. 5).

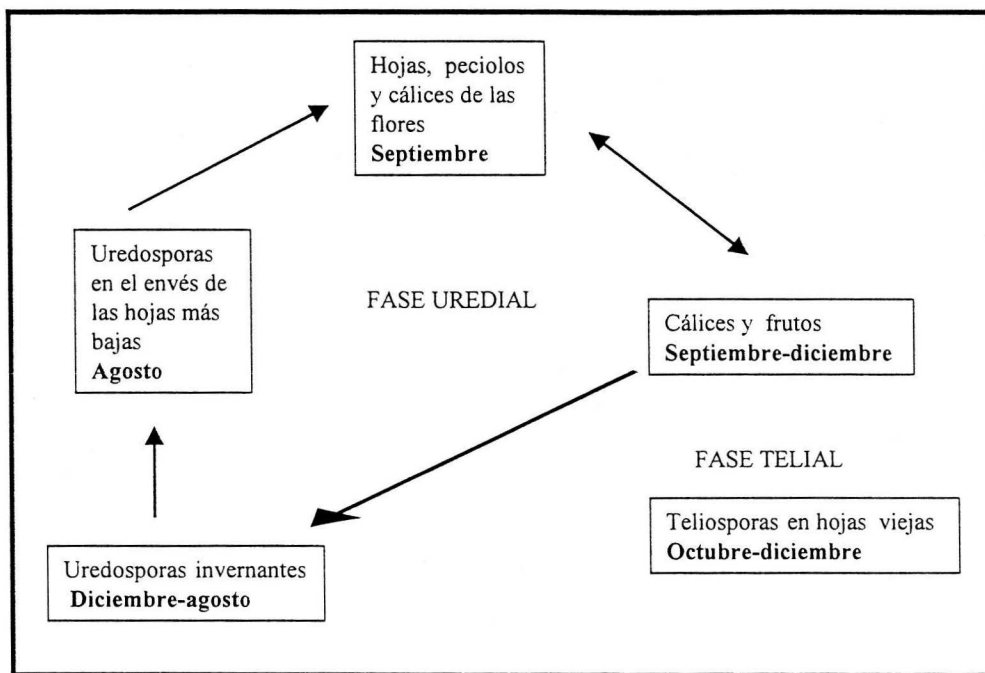


FIGURA 5. Ciclo de *P. americanum* en Valle de Bravo, Méx., 1998.

La Fig. 6 muestra cómo la severidad de la enfermedad en hojas fue mayor al final del ciclo del cultivo, y la epidemia se ajustó a un modelo logístico ($r^2=0.94$), lo cual es común en patógenos causantes de royas pues tienen varios ciclos de infección durante una temporada del cultivo (Vanderplank, 1963). Durante el desarrollo de la epidemia se observaron folíolos con una severidad $>60\%$ en la etapa de fructificación, lo cual hace más fácil la infección de los frutos.

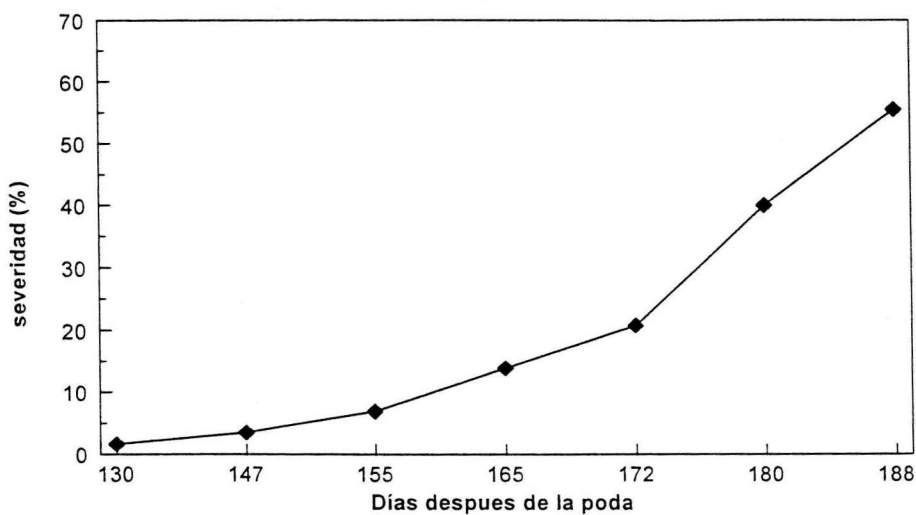


FIGURA 6. Curva de Progreso de la severidad foliar de la roya amarilla (*P. americanum*) de la frambuesa roja (*R. idaeus*) en Valle de Bravo, Méx. 1998.

De igual manera la incidencia en frutos, sobrepasó el 60% y fue disminuyendo a través del tiempo en concordancia con la producción (Fig. 7)

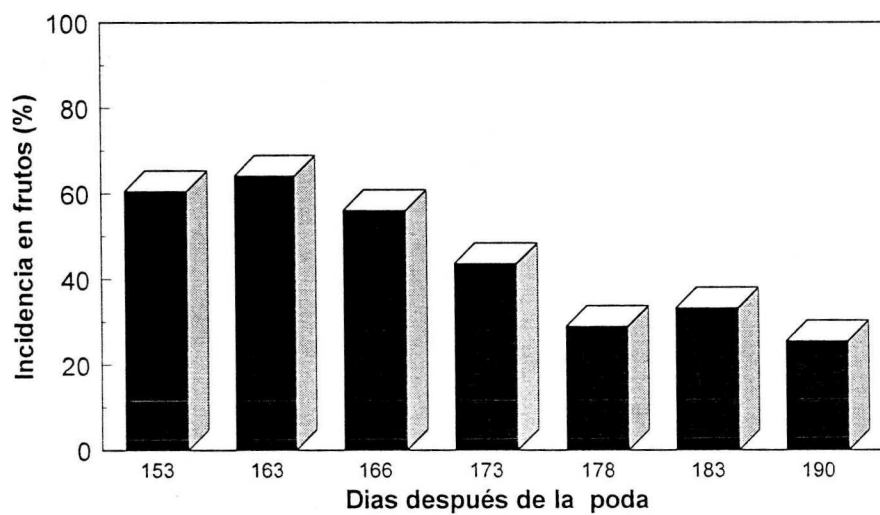


FIGURA 7. Incidencia no acumulada de la roya amarilla (*P. americanum*) en frutos de frambuesa roja (*R. idaeus*) en Valle de Bravo, Méx., 1998.

DISCUSIÓN

Sólo dos especies de *Pucciniastrum* atacan al género *Rubus* de acuerdo con Shaw (1973) y Farr *et al.*(1989) (Cuadro 1). Aunque en un principio *P. americanum* fue considerada como una subespecie de *P. arcticum*, los estudios de Daker (1929) citado por Nickerson (1991) y Arthur y Cummins (1962), mencionan además de las diferencias morfológicas (Cuadro 2), eciosporas provenientes de inoculaciones en *Picea glauca* con basidiosporas originadas a partir de teliosporas de *P. arcticum* obtenidas de *R. pubescens* fueron incapaces de infectar a *R. idaeus*, por lo que Arthur en 1920 elevó al hongo al rango específico (Ziller, 1974).

Las medidas de las estructuras de las dos poblaciones (Valle de Bravo y Los Reyes, Mich.) (Cuadro 1), estuvieron dentro de los rangos reportados por Laundon y Rainbow (1969) para *Pucciniastrum americanum* (Farl.) Arth., especialmente para el peridio ($P=0.05$), que aunque su medida no es constante, debido a variaciones de la especie, el hospedante o el ambiente, la morfología de los mismos permiten diferenciarlos de los de *P. arcticum*. En ésta especie el peridio se encuentra cubierto por la epidermis, mientras que el de *P. americanum* se observa claramente sobre la misma y las células ostiolares están constreñidas en su parte media, no así en *P. arcticum* (cuadro 2). Así mismo, hubo mucha coincidencia ($P=0.05$) en la medida de las teliosporas de las dos poblaciones con las reportadas por Laundon y Rainbow (1969).

De acuerdo a las pruebas de hipótesis que se aplicaron para comparar las medias de las poblaciones de México con las reportadas en Norte América demuestran que la especie presente en el país no es diferente a la descrita en Estados Unidos y Canadá, pues no se rechazaron las hipótesis propuestas con una confiabilidad del 95%.

La revisión de los estudios taxonómicos previos sobre ésta especie y el análisis estadístico aplicado a las medias de las medidas de cada estructura y su comparación con las descritas en la literatura para Norte América, los síntomas, la comparación de los rangos de las medidas de las estructuras y principalmente la morfología de las mismas, permiten determinar que la especie presente en las dos localidades es *Pucciniastrum americanum* (Farl.) Arthur. (Anderson, 1956; Arthur y Cummins, 1962; Laundon y Rainbow, 1969; Shaw, 1973; Ziller, 1974; Cummins y Hiratsuka, 1983; Anónimo, 1989; Luffman y Buszard, 1989; Farr *et al.* 1989; Nickerson 1991).

Este es el primer reporte de esta especie en México y preparaciones permanentes del hongo se encuentran disponibles en los laboratorios de Micología del Departamento de Parasitología Agrícola de la UACH e Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx.

Respecto al período latente Luffman y Buszard (1989a) mencionan que uno de los cultivares que resultó ser más susceptible fue Heritage, para el cual determinaron un PL de 7.63 días, mientras que Nickerson (1991) reporta un PL de 6-7 días para las variedades susceptibles. Por su parte Darker (1929), citado por Nickerson (1991), menciona que en general el rango de periodo latente va de 7-11 días. Los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con los reportados por dichos autores, siendo los cultivares Autumn bliss y Heritage los más susceptible con 7 y 8 días en promedio respectivamente. Resultados similares obtuvieron Luffman y Buszard (1989b; 1990) al inocular frutos con uredosporas y eciosporas provenientes de *Picea glauca*.

Como se muestra en el Cuadro 3, la severidad de la enfermedad fue mayor en el estrato medio, aunque el inicio de la enfermedad fue en el estrato bajo (Fig.4), probablemente debido a la pérdida de tejido vegetal por senescencia y por efecto de la enfermedad, ya que las hojas del estrato intermedio están más tiempo expuestas a una mayor densidad de inóculo, además de una humedad relativa y temperatura mayor que en el estrato

superior. En general estas observaciones coinciden con las encontradas en roya del crisantemo (*Puccinia horiana*) donde también se encontró que la enfermedad se concentra en el estrato medio de la planta (Rodríguez-Navarro *et. al.*, 1996).

El ciclo y epidemiología es muy similar al reportado por (Nickerson, 1991) con algunas diferencias, probablemente debido a las condiciones ambientales y los cultivares, pues fue descrito en Nueva Escocia EUA sobre frambuesas del cultivar Festival, una productora de verano. En Valle de Bravo la aparición de las uredosporas ocurrió mediados de agosto, mientras que las teliosporas se detectaron desde el mes de octubre; en Los Reyes, la aparición de las uredosporas ocurrió desde mediados de junio en plantas de vivero y muy pocas teliosporas se detectaron en diciembre y enero, probablemente debido al clima semicálido que predomina en el municipio.

Otra diferencia con el ciclo reportado en Nueva Escocia (Nickerson, 1991) es que en Valle de Bravo y Los Reyes la fuente de inóculo primario lo constituyan las uredosporas invernantes, no las eciosporas, ya que los resultados obtenidos en las inoculaciones de eciosporas provenientes de *Abies religiosa*, no hubo infección en las hojas de frambuesa, aun cuando Arthur y Cummins (1962) mencionan al género *Abies* como posibles hospedante alterno. Sin embargo coinciden en señalar que los hospedantes alternos más comunes de este patógeno son *Picea glauca* y *Picea engelmannii* (Arthur y Cummins, 1962; Ziller, 1974; Nickerson, 1991). En México, de acuerdo con Martínez (1963) sólo se tienen dos especies de *Picea*, *P. chihuahuana* y *P. mexicana*, la primera distribuida en áreas muy localizadas del estado de Durango y Chihuahua y reportada como en peligro de extinción y la segunda en el estado de Nuevo León (Sánchez, 1999). Debido a que ninguna de éstas especies está reportada para la zona de estudio, hace suponer que las infecciones primarias no se originan a partir de eciosporas de árboles de *Picea*, si no que provienen de uredosporas invernantes, tal y como lo mencionan Anderson (1956), Ellis y Ellet (1981) y Nickerson (1991). Sin embargo estudios

exhaustivos de muestreo son necesarios para descartar completamente la presencia la fase ecial en las áreas de estudio.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, el agente causal de la roya en frambuesa roja en México es *Pucciniastrum americanum* (Farl.) Arth., patógeno que ataca a los cultivares más comunes en el país en los cuales el PL varía de 7 a 9 días dependiendo del cultivar. En las dos entidades estudiadas, no se encontró el hospedante alterno y las inoculaciones realizadas con eciosporas provenientes de *Abies regiosa* no infectaron a las hojas desprendidas de frambuesa en las condiciones estudiadas. En adición, las primeras infecciones en campo iniciaron en las hojas más bajas, lo que hace suponer que las infecciones primarias se originan a partir de uredosporas invernantes, tal y como se ha reportado previamente. La epidemia progresa conforme al modelo logístico, comportamiento típico de muchas royas, con severidades máximas aproximadas de 65% en follaje y fruto, sin que se considere una enfermedad devastadora, pero sí de gran importancia al afectar la calidad de los frutos.

Los estudios realizados en esta investigación permitirán implementar tácticas y estrategias de manejo de la enfermedad que se reflejará en la disminución de daños, así como la obtención de producto de más calidad.

LITERATURA CITADA

- Agrios, G. N. 1998. Fitopatología. Ed. Limusa. 2ª Ed. México. 838 p.
- Anderson, W. H. 1956. Diseases of Fruit Crops. Ed. McGraw-Hill. USA. pp.326-327.
- Anonymous. 1989. Ohio Plant Disease Index. Special Circular No. 128. The Ohio State university. Ohio Agriculture Research and Development Center. Wooster, Ohio, USA. pp. 66.
- Anónimo. 1981. Carta de Uso de Suelo y Vegetación de Valle de Bravo 1:50,000. SPP. México, D.F.
- Arthur, C. J. 1929. The Plant Rusts (uredinales). John Wiley and Sons. USA. 446p.
- Arthur, C. J., and Cummins, G. B. 1962. Manual of the Rusts in the United States and Canada. Hafner Publishing Company. USA. pp. 12-14.
- Anthony, V. M., and Shattock, R. C. 1985. Life-history of *Phragmidium rubi-idaei* on red raspberry in the United Kingdom. Plant Pathology 34: 510-520.
- Anthony, V. M., and Shattock, R. C. 1985b. Interaction of red raspberry cultivars with isolates of *Phragmidium rubi-idaei*. Plant Pathology 34:521-527.
- Berger, R. D. 1981. Comparison of the Gompertz and logistic equations to describe plant disease progress. Phytopathology 71:716-719.
- Campbell, C. L., and Madden. L. V. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley & Sons. 532 p.
- Crandall, P. C., and Daubeny, H.A. 1990. Raspberry Management. In: Galletta, G. J. and Himelrick, D. G. (Eds.) Small Fruit Crops Management. Prentice Hall. New Jersey, USA. 602 p.
- Cummins, G. B., and Hiratsuka, Y. 1983. Illustrated Genera of Rust Fungi. Revised Edition. APS Press, St. Paul, MN. USA. pp. 28-29.
- Ellis, M.A., and Ellett. C. W. 1981. Late leaf rust on Heritage red raspberry in Ohio. Plant Disease 65(11): 924.

- Farr, F. D., Bills, G. F., Chalnuis, P., and Rossman, A. Y. 1989. Fungi on Plants and Plant Products in the United States. APS Press, St. Paul, MN. USA. 1252 p.
- García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. México. D.F. 252 p.
- Gaudet, D. A., and Kokko, E. G. 1984. Application of scanning electron microscopy to paraffin-embedded plant tissues to study invasive processes of plant-pathogenic fungi. *Phytopathology* 74:1078-1080.
- Infante, G. S. y Zárate. de L. G. 1990. Métodos estadísticos. 2ª Ed. Trillas, México. D.F. 643p.
- Jennings, D. L., and McGregor, G. R. 1988. Resistance to cane spot in the red raspberry and its relationship to resistance to yellow rust (*Phragmidium rubi-idae*). *Euphytica* 37:173-180.
- Johansen, D. A. 1940. Plant Microtechnique. McGraw-Hill Book Co. Inc. N.Y. 523p.
- Laundon, G. F., and Rainbow, A. F. 1969. *Pucciniastrum americanum*. C.M.I. Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria No. 210. London. Engl.
- León, G. H., y Cummins. G. 1981. Uredinales (royas) de México. Vol II. INIA, México, D.F. pp. 16-23 y 305.
- 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. 1989a. Susceptibility of primocanes of six red raspberry cultivars to late yellow rust [*Pucciniastrum americanum* (Farl.) Arth.]. *Canadian Plant Disease Survey* 69 (2):117-119.
- Luffman, M., and Buszard, D. 1989b. The susceptibility of six red raspberry cultivars and tayberry to fruit infection by late yellow rust [*Puccniastrum americanum* (Farl.) Arth.]. *Acta Horticulturae* 262: 201-203.
- Luffman, M., and Buszard, D. 1990. A note on the susceptibility of six red raspberry cultivars and tayberry to fruit infection by late yellow rust. *Phytoprotection* 71: 93-95.
- Martínez, M. 1963. Las Pinaceas Mexicanas. 3º Ed. UNAM.México. D.F. 400 p.

- Nickerson, N. L. 1991. Late yellow rust. *In*: Ellis, M. A; Converse, R. H; R. N. Williams and B. Williamson (Eds). Compendium of Raspberry and Blackberry Diseases and Pests. APS Press. St. Paul, MN. USA. pp. 30 - 32.
- Parlevliet, J.E. 1979. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. *Ann. Rev. Phytopathol.* 17: 203-222.
- Rodríguez-Navarro, J. A., Zavaleta-Mejia, E., y Alatorre-Rosas, R. 1996. Epidemiología y manejo de la roya blanca (*Puccinia horiana* P. Henn.) del crisantemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev). *Fitopatología* 31(2): 122-132.
- Sánchez. B. S. 1999. Determinación de la Zona de Transición de la Madera Juvenil a la Madera Madura de *Picea chihuahuana*. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales y del Ambiente. UACH. Chapingo, Méx. 70 p.
- Sandoval-Islas, J. S. 1997. Algunos Estudios sobre la Resistencia Cuantitativa en el Patosistema Cebada (*Hordeum vulgare* L.) Roya amarilla (*Puccinia striiformis* Westend. f.sp. *hordei* Eriks.). Tesis de Doctor en Ciencias. Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. pp. 135-139.
- Shaw, G.G. 1973. Host Fungus Index for the Pacific Northwest II: Fungi. WAES Bulletin No. 766. Washington, D.C. USA. 162 p.
- Tuite, J., 1969. Plant pathological Methods. Burgess Publishing Co. Minneapolis, Minnesota. 239 p.
- USDA. 1953. Plant disease. The Year Book of Agriculture. United State Department of Agriculture, Washington D. C. pp. 203.
- Vanderplank, 1963. Plant Disease: Epidemics and Control. Academic Press. New York and London. 349 p.
- Williamson, B. 1991. Cane and leaf rust. *In*: Ellis, M. A; Converse, R. H; R. N. Williams and B. Williamson (Eds). Compendium of Raspberry and Blackberry Diseases and Pests. APS Press. St. Paul, MN. USA. pp. 29-30.

- Williamson, B., and Jennings, D.L. 1992. Resistance to cane and foliar diseases in red raspberry (*Rubus idaeus*) and related species. *Euphytica* 63:59-70
- Zadoks, J. C., and Schein. R. D. 1979. *Epidemiology and Plant Disease Management*. Oxford University Press, Oxford. 427 p.
- Ziller, W. G. 1974. *The Tree Rust of Western Canada*. Pacific Forest Research Center. Canadian Forestry Service. Publication No. 1329. Victoria B.C. Canada. 272 p.

CAPÍTULO III

EPIDEMIOLOGÍA Y CONTROL DE LA ROYA AMARILLA [*Pucciniastrum americanum* (Farl.) Arth.] DE LA FRAMBUESA ROJA (*Rubus idaeus* L.) EN VALLE DE BRAVO, MÉXICO

INTRODUCCIÓN

La roya amarilla [*Pucciniastrum americanum* (Farl.) Arth.] de la frambuesa roja (*R. idaeus*), estaba considerada como una enfermedad esporádica en algunas regiones de Canadá y EUA. Sin embargo en los últimos años ha adquirido importancia, ya que ha ocasionado intensidades de epidemia que han hecho que la fruta no sea apta para su comercialización (Luffman y Buszard, 1988). En México se ha convertido en uno de los factores que más limitan la producción de frambuesa roja, principalmente en los estados de México, Michoacán y Jalisco en los cultivares Autumn bliss y Summit, dos de los más comunes en el país (Rebollar-Alviter, 1998, Cap. II).

Los síntomas de *P. americanum* aparecen a mediados del verano en el envés de las hojas, peciolo, cáliz y frutos; se presentan en forma de masas de uredosporas de color amarillo que ocasionan necrosis de tejido y rizado de las hojas y su eventual caída (Anderson, 1956; Rebollar-Alviter, 1999 Cap. II). Por otro lado, a causa de la infección, los frutos no se desarrollan normalmente, debido al daño individual de las drupeolas, lo que se traduce en la falta de calidad para la comercialización (Ziller, 1974; Rebollar-Alviter, 1999, Cap. II).

Según Arthur y Cummins (1962) el hospedante alterno más común es *Picea glauca* (Moench) Voss., aunque también se ha reportado a *P. engelmannii* Parry ex Engelm. y *Abies* spp (Arthur y Cummins, 1929). En México no se encontró el hospedante alterno en las áreas de muestreo (Rebollar- Alviter, 1999, Cap. II). Darker (1929) citado por Nickerson (1991) describió el ciclo de este patógeno y menciona que las eciosporas causan las infecciones primarias en la frambuesa. En Valle de Bravo y Los Reyes, Mich. es muy probable que las infecciones primarias se originen de las uredosporas invernantes (Rebollar- Alviter, 1999, Cap. II).

Esta enfermedad no se había considerado importante en algunos de los países donde se cultiva frambuesa y los estudios referentes al control de la misma son muy escasos; de estos sobresale el realizado por Luffman y Buszard (1988) referente al control de la roya amarilla tardía (*P. americanum*) de la frambuesa roja con el objetivo de encontrar el óptimo intervalo de aplicación del fungicida anilazina basado en el ciclo del patógeno. Estos autores encontraron que el mejor efecto se tuvo cuando se hicieron las aplicaciones al tiempo de la liberación de las eciosporas y sólo fue necesario realizar tres aplicaciones antes de la floración, ya que las aplicaciones durante esta etapa afectan el amarre de frutos.

Por otra parte, en Chile, Naveillan (1994), estudió la biología y control de la roya tardía (*P.americanum*) en el cultivar Heritage, y menciona que se probaron varios fungicidas, pero debido a que la infección fue muy baja (1-2%), no fue posible determinar la efectividad de los mismo, atribuyendo la baja infección al excelente manejo cultural que se le dio a la plantación.

El efecto de las diversas prácticas de manejo en parámetros cuantitativos epidemiológicos ha sido poco estudiado (Berger, 1986); 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 daño permitidos y afecten los beneficios económicos al disminuir los rendimientos. De acuerdo con Zadoks y Schein (1979), la epidemiología nos dice cómo evitar

estos daños de dos maneras generales: 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 periodo de crecimiento del cultivo.

Por su parte Fry (1982) menciona que la reducción de la cantidad o la eficacia de la población inicial del patógeno es un componente principal del manejo de las enfermedades y considera que para los patógenos con un solo ciclo de infección ésta técnica podría ser adecuada, pero también cuando la cantidad de inóculo es muy alta como en los patógenos con más de un ciclo de infección como las royas.

En México, la identificación del agente causal es muy reciente (Rebollar-Alviter, 1999, Cap. II) y las medidas que se han adoptado para su manejo no han sido efectivas, pues existe un total desconocimiento del comportamiento de la enfermedad y, aunado a esto, la cantidad de fungicidas permitidos es muy reducido. Por lo tanto, es necesario implementar tácticas que permitan un manejo adecuado de la enfermedad partiendo del conocimiento de la misma. De ésta manera, en la presente investigación se tuvo el siguiente objetivo:

Determinar el efecto de cinco programas de control químico de la roya amarilla [*Pucciniastrum americanum* (Farl.) Arth.] en la intensidad de la epidemia en frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) en Valle de Bravo Méx.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El experimento se realizó en una parcela comercial de frambuesa roja del cultivar Autumn bliss localizada en el Rancho Santa Rosa, ubicado en la población de San Martín Acatitlán Municipio de Valle de Bravo, Méx. el cual se localiza en los 19° 12' latitud norte y 100° 10' longitud oeste a una altitud de 1847m, con clima (A) Cb (w2) (w) (i') g, es decir, es un clima templado con verano fresco y largo, el más húmedo de los de este tipo, con porciento de lluvia invernal menor del 5, poca oscilación térmica y progreso de la temperatura tipo ganges; temperatura media anual es de 18.1° C. precipitación media anual de 1388.4 mm, siendo julio el mes más lluvioso con 298.9 mm. El mes más caliente es mayo con 21.4°C y el más frío es diciembre con 15.7 °C (García, 1988).

Tratamientos y diseño del experimento

Se evaluaron siete tratamientos formulados a partir de la mezcla de ingredientes activos y alternancia de los mismos, tomando como base las dosis recomendada para miembros de la familia Rosácea, o en su defecto a partir de reportes de la literatura, pues debido a la falta de estudios no fue posible conocer los intervalos y dosis más adecuadas. En el Cuadro 3 se muestran los ingredientes activos, nombre comercial y dosis que se aplicaron en cada tratamiento.

Cuadro 3. Ingrediente activo, nombre comercial, empresa, mecanismo de acción y dosis de los productos químicos usados en los tratamientos para el control de la roya amarilla (*P. americanum*) en frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) en Valle de Bravo, Méx. 1998.

Ingrediente activo	Nombre comercial	Empresa	Grupo	Mecanismo de acción	Dosis Kg,L/ha o %. de Prod. Com.
tebuconazol (te)	Folicur	Bayer	Triazoles	IBE ¹	0.5
triadimefon (tri)	Bayleton	Bayer	Triazoles	IBE	0.5
propiconazol (pro)	Tilt	Novartis	Triazoles	IBE	0.5
anilazyna (an)	Dyrene	Bayer	Triazinas	Grupos thioles ²	3.5
aceite parafínico (ap1)	Safe- T -Side	Imex	Aceites	3	1%
cobre emulsionable	Tenn Cop*	Griffin Corp.*	Cobres	4	3.0
aceite parafínico (ap2)	Citrolina emulsificada	BUCOSA	Aceites	3	0.5%

*Producto importado.

¹ Inhibidores de la biosíntesis del ergosterol

² Alterando la topografía de la hoja, disminuyendo el agua libre en la superficie de la hoja y como barrera mecánica.

³ Inactivación de los grupos tioles, lo cual reduce la viabilidad de las células.

⁴ Daño en las membranas celulares, entre otros.

Con los ingredientes activos del Cuadro 3 se definieron los siguientes tratamientos:

- 1) te- ce- ce- ce- ce
- 2) tri- an- an-tri- an
- 3) pro- ce- ce- ce- ce
- 4) an-(an+ap2)-an-an-an
- 5) ap1-ap1-ap1-ap1-ap1
- 6) Testigo absoluto
- 7) Testigo tecnificado (productor)

El experimento se realizó en el ciclo otoño-invierno de 1998, en la parte central de una parcela de dos hectáreas, se estableció el experimento, bajo un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones, cada unidad experimental se constituyó de tres metros lineales, con una población

aproximada de 60 plantas y una separación entre líneas de 1.5 m. Las plantas del experimento tuvieron el mismo manejo que la plantación comercial, excepto el manejo de la roya. Las aplicaciones se iniciaron el 8 de octubre (115 ddp³) 19 de octubre (126 ddp), 4 de noviembre (142 ddp), 18 de noviembre (156 ddp) y 4 de diciembre (172 ddp).

Variables evaluadas

Las variables que se midieron fueron: severidad foliar, incidencia en frutos y peso de frutos sanos y enfermos.

Para medir la severidad foliar, el tamaño de muestra se obtuvo con base en una muestra preliminar (muestreo piloto) usando el método reportado por Kranz (1988) y el muestreo simple aleatorio (Scheaffer *et al.*, 1987) con una muestra preliminar de 10 plantas la cual resultó en 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. En cada hoja compuesta se seleccionó el foliolo apical para hacer las mediciones de la severidad a intervalos irregulares, debido a que es el foliolo que está expuesto por más tiempo. Para estimar la severidad, se elaboró una escala logarítmica con siete clases con base en el método de Horsfall y Barrat, usando el programa de cómputo DOSLOG Ver. 1.0 MSWINDOWS[®] (Osada y Mora, 1997 no publicado), asumiendo con base en observaciones anteriores, que la severidad máxima alcanzada por la enfermedad era del 90% y se realizó la evaluación tomando en cuenta el punto medio de cada categoría (Cuadro 4) y la asignación de los valores a cada foliolo muestreado se realizó con base en una escala diagramatizada de severidad (Fig. 8). La escala no fue validada por falta de material enfermo al momento de realizar la misma, por lo que el diagrama de severidad se elaboró marcando un foliolo en una copia de papel milimétrico en acetato y sobre éste se marcó el porcentaje de daño que le correspondía de acuerdo a la escala

³ Días después de la poda

obtenida y de esta manera se pudo tener una idea visual del porcentaje de daño que cubría cada clase.

Cuadro 4. Escala logarítmica para evaluar la severidad foliar de la roya amarilla (*P. americanum*) de la frambuesa roja (*R. idaeus*) en Valle de Bravo, Méx. 1998.

Clase	Intervalo (%)	Punto medio	Descripción
0	--	-	Sin síntomas
1	0.0 a 4.00	3.0	más de 0 y menos de 4.00% de área foliar con síntomas
2	4.0 a 10.00	7.0	más de 4.00 y menos de 10.00% de área foliar con síntomas
3	10.00 a 25.00	16.0	más de 10.00 y menos de 25.00% de área foliar con síntomas
4	25.00 a 60.00	40.00	más de 25.00 y menos de 60.00 % de área foliar con síntomas
5	60.00 a 85.00	75.00	más de 60.00 y menos de 85.00% de área foliar con síntomas
6	>85.00	--	más de 85% de área foliar con síntomas

Después de determinadas las clases a la que perteneció cada foliolo de la muestra, mediante su comparación con el diagrama de severidad correspondiente (Fig.1), se calculó la severidad media por planta y por repetición en cada fecha de muestreo y estos datos fueron usados para el análisis epidemiológico y estadístico.



FIGURA 8. Escala logarítmica diagramatizada para evaluar la severidad foliar de la roya amarilla (*P. americanum*) de la frambuesa roja (*R. idaeus*) en Valle de Bravo, Méx. 1998.

Para medir la incidencia en frutos, en cada fecha de muestreo se colectaron 25 frutos al azar próximos a la madurez y en madurez comercial, en los cuales se contabilizaron los frutos con presencia y ausencia de roya. Se determinó el porcentaje de incidencia de la siguiente forma:

$$\%Inc. = (\text{No. frutos enf.} / 25) * 100$$

El efecto de los tratamientos se analizó como incidencia acumulada, pues los frutos de frambuesa durante la época de cosecha son recolectados diariamente, por lo que cada tiempo de muestreo fue totalmente independiente al siguiente, es decir el porciento de incidencia en el tiempo t no afectó al tiempo $t+1$. Estos mismos frutos fueron pesados y registrados en gramos.

La severidad en frutos no se midió debido a que un fruto con cualquier intensidad de enfermedad es considerado indeseable para su comercialización.

Análisis estadístico

Para caracterizar las diferentes epidemias y realizar la comparación de las mismas, se usaron las formas linearizadas de los modelos de Gompertz (Berger, 1981), monomolecular y logístico (Vanderplank, 1963), previa corrección por Y_{max} (Neher y Campbell, 1992), pues en cada tratamiento se alcanzó una severidad máxima diferente.

El modelo de mejor ajuste fue aquel que presentó el mayor coeficiente de determinación (r^2). Estos valores se obtuvieron usando el Proc GLM del paquete estadístico SAS. Después de seleccionado el modelo de mejor ajuste, se realizó la homologación de tasas de incremento de la enfermedad al modelo de mayor frecuencia de ajuste mediante el método de Richard, citado por Campbell y Madden (1990) y se procedió a comparar las tasas de incremento de la enfermedad en cada tratamiento.

Asimismo debido a que se esperaban formas irregulares en las curvas de progreso de la enfermedad en los diferentes tratamientos, las epidemias se caracterizaron usando 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 (Kranz, 1974; Pennypacker *et al.*, 1980; Thal *et al.*, 1984; Gilligan, 1990; Mora-Aguilera *et al.*, 1996). La separación estadística entre los valores de las tasas de infección estimadas con este modelo ($1/b$) se realizó mediante la comparación de los valores medios de las tasas usando el Proc GLM y MEANS del paquete estadístico SAS. El modelo se describe de la siguiente manera:

$$Y = \exp \{ - (t/b)^c \}, \quad t > 0$$

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 (Pennypacker *et al.*, 1980), estos parámetros se pueden seleccionar como variables descriptivas (Sandoval-Islas, 1997). 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 progresa (Pennypacker *et al.*, 1980). Para el inicio de las iteraciones de la regresión no lineal (método de DUD) (SAS, Institute, Inc., 1988), los valores iniciales de **b** y **c** se asignaron empíricamente. Con los valores obtenidos de **b**, se obtuvo el inverso ($1/b$) para los posteriores análisis.

De la misma forma, con la finalidad de conocer cuál de los parámetros epidemiológicos podía 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 folíolos e incidencia en frutos en unidades de por ciento-días o proporción-días (Campbell y Madden, 1990):

$$ABCPE = \sum_{i=1}^{n-1} [(Y_{i+1} + Y_i) / 2] (t_{i+1} - t_i)$$

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 para un diseño en bloques completos al azar, seguido por una comparación de medias usando el Procedimiento GLM y MEANS del paquete estadístico SAS (Sas Institute, 1988).

Con la finalidad de conocer el efecto de los tratamientos en plena cosecha, se realizó una comparación de las áreas bajo la curva de la severidad e incidencia en los tiempos tres al cinco, pues los parámetros de tasa de

incremento de la enfermedad (r o $1/b$), son parámetros integradores que miden por "default" el efecto de los tratamientos en toda la epidemia y la comparación de las áreas parciales en un período, podría proporcionar información de utilidad (Mora-Aguilera, 1999, comunicación personal, IFIT. C.P, Montecillo, Méx.).

Para conocer la relación entre las variables severidad, incidencia y peso se realizó un análisis de correlación usando el Proc Corr del programa SAS (SAS, Institute, Inc., 1988)

RESULTADOS

Efecto de los tratamientos en la severidad foliar

Las formas linearizadas de los modelos logístico, monomolecular y de Gompertz no fueron adecuados para describir todas las epidemias que se generaron en los tratamientos (Fig. 9) ya que sólo el 1, 2, 3, 4 y 6 ajustaron moderadamente al modelo logístico, con valores de r^2 que variaron desde 0.66 a 0.84 en el tratamiento 3 y de 0.70 a 0.97 en los restantes (Cuadro 5), previo ajuste por *Ymax* y transformación mediante el modelo de Richard. En los tratamientos 5 y 7 se obtuvieron valores de r^2 muy bajos lo cual no permitió realizar la comparación de tasas y por lo tanto determinar cuál tratamiento fue el mejor de acuerdo con éste parámetro. Por lo anterior y por la forma tan irregular de algunas de las curvas de progreso (Fig. 9), se realizó el análisis usando el modelo de Weibull, con la finalidad de hacer la comparación del parámetro $1/b$.

Cuadro 5. Tasa transformada al modelo logístico (r_L), r^2 y cuadrado medio del error de siete epidemias de la roya amarilla (*P. americanum*) de la frambuesa roja (*R. idaeus* L.) en Valle de Bravo, Méx., 1998.

Tratam.	r^2	r_L	CME
1	0.83-0.89 ¹	0.427 - 2.888	0.017 - 9.245
2	0.70-0.95	0.406 - 0.743	0.012 - 0.390
3	0.66-0.84	0.968 - 3.086	0.650 - 20.97
4	0.69-0.95	0.533 - 4.450	0.712 - 15.49
5	0.29-0.78	0.318 - 0.726	0.231 -1.634
6	0.87-0.97	0.150 - 1.428	0.110 -1.660
7	0.27-0.63	0.072 - 0.520	0.380 - 2.020

¹ Los rangos de los valores corresponden a cuatro repeticiones por tratamiento.

Al realizar el análisis usando el modelo de Weibull, se encontró una tendencia similar a la que se presentó con las formas linealizadas de los modelos no flexibles, pues también se obtuvieron coeficientes de determinación relativamente bajos, variando en las repeticiones el tratamiento 1 desde 0.81 a 0.90, en el 2 de 0.78 a 94, mientras que en el 3 y el 4 fueron valores que variaron desde 0.61 a 86, no así para el testigo absoluto que si ajustó adecuadamente con valores entre 0.98 y 0.99. Nuevamente las epidemias de los tratamientos 5 y 7 no fueron descritas por éste modelo (Cuadro 6), incluso, fue necesario multiplicar los valores de la severidad por un factor de 1.4 para intentar que todas las repeticiones convergieran, obteniéndose errores estándares muy altos (Cuadro 6).

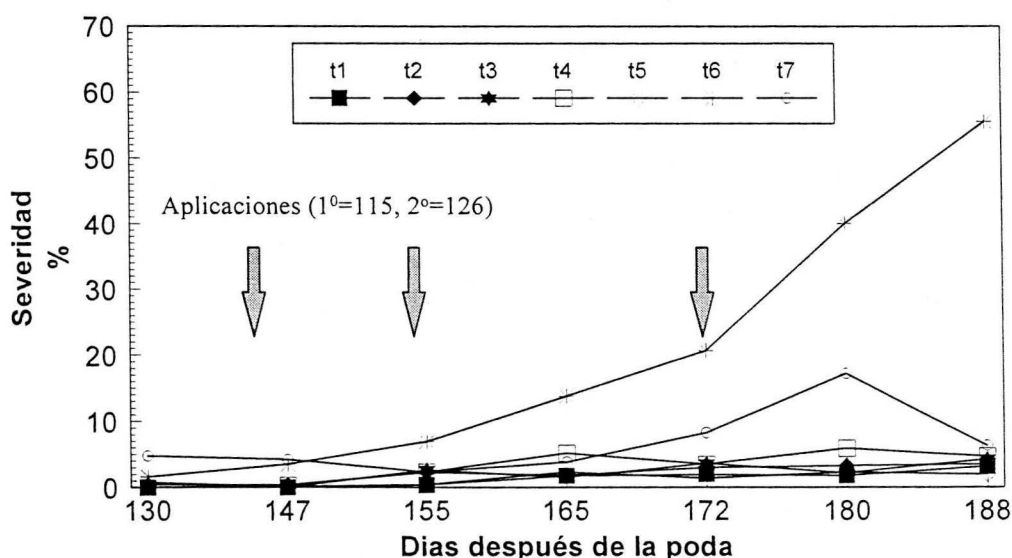


FIGURA 9. Curvas de Progreso de la severidad foliar de siete epidemias de la roya amarilla (*P. americanum*) de la frambuesa roja (*R. idaeus* L.) en Valle de Bravo, Méx. 1998.

Debido a la dificultad para comparar los tratamientos a través del uso del parámetro de tasa de los modelos no flexibles y el flexible, fue necesario el uso de otro parámetro integrador que permitiera conocer el efecto de los tratamientos en la intensidad de las epidemias, pero que además permitiera su comparación. Este parámetro fue el Área Bajo la Curva del Progreso de la

Enfermedad (ABCPE) que permite comparar epidemias que no se ajustan a ningún tipo de modelo (Campbell y Maden, 1990).

Cuadro 6. Valores del ABCPE (%-día), tasa de incremento (b^{-1}), r^2 y error estándar de siete epidemias de la roya amarilla (*P. americanum*) de la frambuesa roja (*R. idaeus*) ajustadas por el modelo de Weibull en frambuesa roja en Valle de Bravo, Méx., 1998.

Tratam.	ABCPE	b^{-1}	r^2	error stand
1	7.10 d ¹	0.0159-0.0353 ²	0.81-0.90	15.0 - 54.2
2	10.86 cd	0.0054-0.0170	0.78-0.94	22.1 - 208.2
3	12.63 cd	0.0088-0.0230	0.63-0.87	29.1 - 193.4
4	20.29 c	0.0070-0.0233	0.60-0.86	26.1 - 255.9
5	7.60 cd	0.0001-0.0120	0.32-0.66	97.8- 45297.6
6	100.03 a	0.1456-0.1805	0.98-0.99	0.01 - 14
7	41.95 b	0.0138-0.0893	0.22-0.43	39.2- 187.9

¹ Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey $\alpha = 0.05$)

² Valores de los intervalos formados por el límite superior e inferior de las cuatro repeticiones.

De esta manera se determinó que el tratamiento 1 fue el mejor, el cual se formó con tebuconazol en la primera aplicación (8 de octubre) y se continuó con cobre emulsionable, obteniendo un ABCPE de 7.10, seguido de los tratamientos 5, a base de aceite parafínico con un ABCPE de 7.6, 2 con 10.8 y el 3 con 12.6, sin que se hubieran detectado diferencias significativas entre ellos ($P=0.05$). La mayor intensidad de epidemia se obtuvo en el testigo absoluto con 100.03 %-día, seguido del testigo tecnificado con 41.95%-día (Cuadro 6 y Fig. 10), los cuales difirieron entre si con respecto a las otras medidas de control ($P=0.05$).

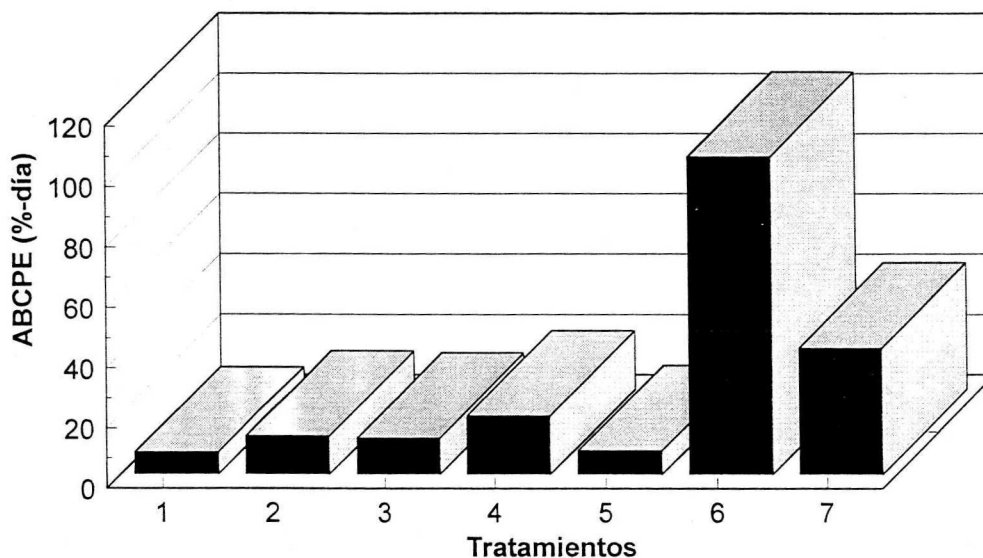


FIGURA 10. Área bajo la curva de progreso de la severidad foliar de la roya amarilla (*P.americanum*) en cinco programas de control en frambuesa roja (*R. idaeus*) y dos testigos en Valle de Bravo, Méx., 1998.

Por otro lado cuando se realizó la comparación de las áreas bajo la curva parciales en el período que transcurrió en los tiempos del tres al cinco, por coincidir con la plena cosecha, la tendencia se mantuvo, pues también se encontraron diferencias significativas en los tratamientos, siendo nuevamente los mejores tratamiento el 1 y el 5 con ABCPE de 2.85 y 3.29, respectivamente. Por el contrario el testigo absoluto y el tecnificado obtuvieron los valores más altos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Valores promedio del ABCPE de la severidad foliar e incidencia de la roya amarilla (*P. americanum*) de la frambuesa roja (*R. idaeus*) en el período 130-188 días después de la poda en otoño-invierno en Valle de Bravo, Méx., 1998.

Severidad foliar		Incidencia en fruto	
Tratamiento	Media	Tratamiento	Media
1	2.85 d ¹	1	309.44 bc
2	4.42 bcd	2	216.65 d
3	4.55 bcd	3	342.99 b
4	7.99 bc	4	295.90 bcd
5	3.29 cd	5	249.59 cd
6	19.51a	6	440.11 a
7	9.16 b	7	340-91 b
Tukey ($\alpha=0.05$)		Duncan ($\alpha=0.05$)	

¹Medias con la menos una letra en común no son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba indicada

Efecto de los tratamientos en la Incidencia en frutos

El modelo de Weibull describió adecuadamente el progreso de la incidencia acumulada en frutos (Cuadro 8 y Fig. 11) con coeficientes de determinación que variaron de 0.97 a 0.99, lo cual justificó realizar la comparación de tasas (1/b).

Se encontró que los tratamientos que obtuvieron los valores más bajos de la tasa de incremento de la incidencia fue el 2, es decir, en el que se inició con triadimefon y se continuó con anilazyna con una tasa de 0.02426, seguido del tratamiento 3, que inició con propiconazol y continuó con cobre emulsionable con un valor de 0.02955. La tasa más alta la tuvo el testigo absoluto con un valor de 0.04102, al cual le siguió el tratamiento 1 que obtuvo una valor de tasa de 0.03825.

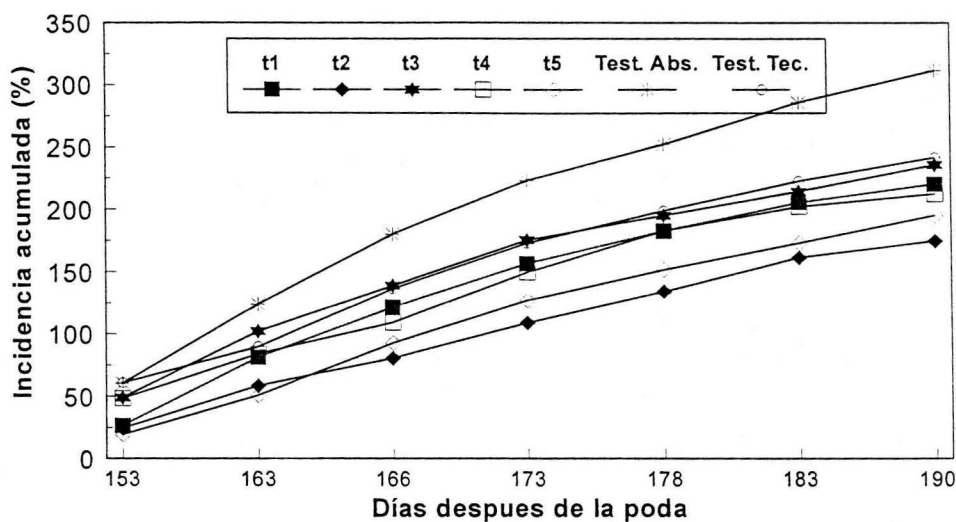


FIGURA 11. Curvas de progreso de la incidencia de la roya amarilla (*P.americanum*) de la frambuesa roja (*R. idaeus*) en cinco programas de control y dos testigos en Valle de Bravo, Méx., 1998.

Con respecto al ABCPE, el valor más bajo se obtuvo en los tratamientos 2 con 643.8 %-día y el tratamiento 5 (aceite parafínico) con 703.4 %-día (Cuadro 8, Fig. 12). Los valores más altos fueron obtenidos en el testigo absoluto con 1252%-día, el tratamiento 3 con 969.5%-día y el testigo tecnificado con 964.8%-día.

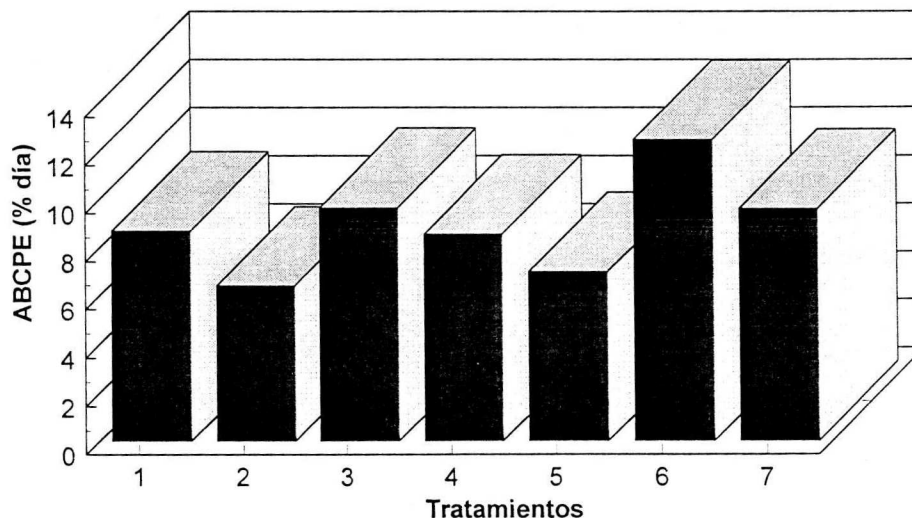


FIGURA 12. Área Bajo la curva de progreso de la incidencia de la roya amarilla (*P. americanum*) en frutos de frambuesa roja (*R. idaeus* L.) en cinco programas de control y dos testigos en Valle de Bravo, Méx.1998.

CUADRO 8. Valores promedio de ABCPE, tasa de incremento de la incidencia (b^{-1}), r^2 y error estándar en siete epidemias de la roya amarilla (*P. americanum*) de la frambuesa roja (*R. idaeus*) en Valle de Bravo, Méx. 1998.

Tratam.	ABCPE	b^{-1}	R^2	error stand
1	872.4 bc ¹	0.03825 ab	0.97	3.1707 - 10.980 ²
2	643.8 c	0.02426 d	0.99	2.7865 - 5.1175
3	969.5 b	0.02955 cd	0.98	5.1857 - 12.454
4	858.8 bc	0.03029 bcd	0.98	3.2749 - 7.9870
5	703.4 c	0.03656 abc	0.98	2.248 - 4.82480
6	1252 a	0.04102 a	0.99	1.0810 - 3.2941
7	964.8 b	0.03009 bcd	0.98	2.9543 - 7.0243

¹ Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey $\alpha = 0.05$)

² Límite superior e inferior de cuatro repeticiones

Cuando se realizó el análisis de la incidencia en el período que comprendió los tiempos tres al cinco (Cuadro 7), hubo diferencias significativas ($P=0.05$) entre los tratamientos, encontrándose que el tratamiento 2 fue nuevamente el mejor con un valor de 216.65% día, seguido del tratamiento 5 con 249.59%-día, comparados con el testigo absoluto, con un ABCPE de 440.11 %-día, el valor más alto, sólo seguido del tratamiento 3 (Cuadro 7).

Efecto de la severidad e incidencia de la roya en el peso del fruto

De acuerdo con el análisis de correlación realizado con las variables severidad, incidencia y peso de fruto, no se encontró una relación fuerte entre las variables, ya que los coeficientes de correlación entre las variables fueron muy bajos (Cuadro 9), indicando que el peso del fruto no está influenciado sólo por la incidencia y severidad de la enfermedad, o que el nivel de intensidad de la enfermedad observado en campo no afecta el peso, pero sí a la calidad del fruto.

CUADRO 9. Coeficientes de correlación de Pearson entre severidad foliar, incidencia de la roya amarilla (*P. americanum*) en frutos y peso de fruto de frambuesa roja (*R. idaeus*) en Valle de Bravo, Méx. 1998.

Variables	Incidencia	Peso fruto
Severidad	-0.09418	-0.26215
	0.2048	0.0003**
Incidencia		0.42496
		0.0001

** Probabilidad

DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos, sólo cinco de los siete tratamientos comparados en su efectividad para el control de la roya amarilla (*P. americanum*) ajustaron al modelo logístico con r^2 que permitieran la comparación de tasas de incremento promedio de la severidad. Probablemente esto se debió a las formas tan irregulares de las curvas que se presentaron en los tratamientos, así como a los valores en general bajos de intensidad de epidemia para tratamientos distintos a los controles. 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 el de la hoja del trigo (Subbarao *et al.*, 1990).

Debido a las formas irregulares de las curvas, las epidemias se intentaron caracterizar con el modelo de Weibull. Sin embargo, éste no describió todas las epidemias, ya que nuevamente, los tratamientos 5 y 7 tuvieron problemas para converger estadísticamente. Este comportamiento se debe a que de acuerdo con Xiao *et al.* (1996) y Mora-Aguilera (1999, Comunicación Personal, IFIT, C.P. Montecillo, Méx.), el modelo de Weibull tiene problemas para describir epidemias en las cuales los valores máximos de severidad son menores al 5 % y en este experimento se obtuvieron severidades muy cercanas a este valor, por lo que nuevamente no fue posible comparar los tratamientos, de acuerdo al parámetro de tasa ($1/b$), pero si fue posible corroborar que los valores de las tasas fueron menores que los del testigo, lo cual coincide con lo mencionado por Vanderplank (1963), Zadoks y Schein (1979) al mencionar que tanto los fungicidas sistémicos como los de contacto afectan la tasa de incremento de la enfermedad reduciendo su valor.

Asumiendo que los efectos de las oscilaciones de la enfermedad se deben a efectos del programa de manejo y no a diluciones de la enfermedad o

pérdida de tejido, la mejor opción para el análisis de este tipo de experimentos es mediante el Área Bajo la Curva del Progreso la Enfermedad (ABCPE), ya que de acuerdo con Berger (1977), Pedroza y Téliz (1994) y Mora-Aguilera (1999, comunicación personal, IFIT, C.P, Montecillo, Méx.) esta opción también es un parámetro integrador que estabiliza la varianza y hace factible la identificación de posibles efectos de los tratamientos al usar valores promedio e incrementar la confiabilidad de los efectos. Kranz (1974), Fry (1978), Zadoks y Schein (1979), Fry (1980), Fry (1982) y Berger (1988), por su parte coinciden en que el parámetro de tasa es un parámetro integrador que resume los efectos del ambiente, hospedante y patógeno, pero en este tipo de estudios no ha sido muy efectivo, pues está sujeto a efectos del ambiente y el mismo fungicida. De esta manera el ABCPE se vislumbró como la mejor opción para detectar diferencias entre los tratamientos.

De acuerdo con el parámetro ABCPE, el mejor tratamiento para el control de la roya amarilla (*P. americanum*) en hoja fue el 1, es decir el que inició con la aplicación de tebuconazol y continuó con cobre emulsionable, pero es importante mencionar que debido a que la frambuesa roja en su mayor parte se destina a la exportación, el tebuconazol es un fungicida no autorizado para su uso, pero probablemente podría ser usado a inicios de la epidemia y realizar muestreos a lo largo de la temporada de cultivo para detectar sus residuos. De otra forma, los tratamientos 2 y 5 podrían ser la opción pues obtuvieron valores muy bajos estadísticamente no distintos al tratamiento 1 ($P=0.05$) (Cuadro 4), con la ventaja de incluir en el 2, productos permitidos y en el 5 un aceite parafinico que no deja residuos tóxicos y sin restricciones comerciales. Con respecto a este aceite, no se conoce con exactitud su mecanismo de acción, pero se ha sugerido que funciona como cubierta epidermal al actuar como barrera artificial que inhibe el desarrollo de los patógenos foliares de varias especies (Ziv y Zitter, 1992; Ziv y Hagiladi, 1993; Kawamoto y Porter, 1992), además de evitar la acumulación de humedad que favorece la germinación de las esporas (Ziv, 1983) o bien alterando la topografía de la hoja, lo cual desorienta al tubo germinativo y se inhibe el proceso de penetración por estomas (Whyne y Stamples, 1981).

Entre las ventajas que tiene este tipo de aceites es su baja fitotoxicidad a las dosis adecuadas (Anónimo, 1998), pero ha sido poco usado en el control de enfermedades en México, destacando el trabajo de Rodríguez *et al.* (1996) para el control de la roya blanca del crisantemo (*Puccinia horiana*). En nuestro estudio, se observaron algunos daños ligeros por fitotoxicidad, probablemente debido a que algunas aplicaciones se realizaron a pleno sol o por la dosis comercial usada, por lo que aún se tendrán que realizar más experimentos al respecto. De igual manera, con la aplicación de citrolina emulsificada se observaron efectos fitotóxicos.

Por otro lado, el tratamiento 2 no tuvo diferencias significativas con el 5. Este inició con una aplicación de triadimefon y continuó con aplicaciones de anilazina; la aplicación del fungicida sistémico fue con el objetivo de eliminar las infecciones latentes y el de contacto para proteger de nuevas infecciones. El triadimefon es un fungicida del grupo de los triazoles, que inhiben la síntesis de los esteroides, ampliamente recomendado y usado en patógenos que ocasionan royas y cenicillas, en varios cultivos (Fry, 1982; Shattock y Batti, 1983; Ware, 1994). En frambuesa es el único producto sistémico autorizado por EPA (Environmental Protection Agency), pero según los productores, el efecto para el control de la roya amarilla no ha sido satisfactorio, probablemente debido a una mala programación de las aplicaciones o la falta de manejo adecuado en combinación con fungicidas de otros grupos. Por otra parte, la anilazina, del grupo de las triazinas, es un fungicida de contacto recomendado para una gran variedad de cultivos hortícolas (Ragsdale y Sisler, 1991; Anónimo, 1998), pero no para frambuesa en México. Luffman y Buszard (1989) mencionan resultados muy prometedores para el control de *Pucciniastrum americanum* en este mismo cultivo siempre que se aplique antes de la floración, pues según estos autores puede provocar aborto de flores, por lo que sólo se recomienda antes de esta etapa, pero tiene la ventaja de ser un producto permitido por EPA siendo muy recomendable incluirlo en programas de manejo en combinación de otros fungicidas permitidos. Los resultados obtenidos en este experimento fueron muy similares a los obtenidos en Canadá por Luffman y Buszard (1989).

Al realizar el análisis de los tiempos 3 al 5, por la importancia biológica que representa, ya que coincide con la plena cosecha, nuevamente los tratamientos 1, 5 y 2 mostraron los valores de ABCPE más baja en la severidad foliar.

La roya amarilla además de presentarse en hojas, peciolo y cáliz, también lo hace en frutos, lo cual le confiere mayor importancia, pues es la parte que se comercializa (Rebollar-Alviter, 1999, Cap. II). De esta manera al analizar la incidencia acumulada usando el modelo de Weibull éste describió perfectamente la incidencia acumulada, lo que permitió realizar la comparación de tasas ($1/b$) y mostrar que el mejor tratamiento nuevamente fue el 2, pues hubo una clara disminución de la tasa de incremento de la enfermedad, tal y como lo mencionan Vanderplank (1963), Zadoks y Schein (1979), Fry (1978), Fry (1982) y Berger (1977).

Con respecto al ABCPE, la tendencia se mantuvo, ya que nuevamente los tratamientos 2 y 5 obtuvieron los valores más bajos, lo cual coincide en parte con el parámetro de tasa para las variables incidencia en frutos y severidad foliar, de hecho, Kranz (1974) menciona que epidemias que presentan una tasa mayor, también pueden presentar una área bajo la curva mayor, lo cual difiere con lo citado por Pedroza y Téliz (1994) quienes mencionan que r y ABCPE no siempre están correlacionados.

El análisis de los tiempos tres al cinco confirma la consistencia de los resultados, ya que los tratamientos 2 y 5 presentaron el ABCPE más baja, con lo que se corrobora que la aplicación de triadimefon al inicio de la epidemia seguido de la aplicación de anilazina cada 8 a 10 días, la incidencia en frutos y la severidad foliar de la enfermedad se disminuye significativamente. De manera similar con la aplicación de aceite parafínico (safe-T-side) la enfermedad disminuye de manera importante, siendo ésta una táctica muy prometedora para el manejo de la enfermedad, pues no deja residuos tóxicos y no es de uso restringido, por lo que es muy importante continuar con

investigaciones tendientes al conocimiento y uso de las cubiertas epidermales como parte de programas de manejo de enfermedades que ayuden a reducir el número de aplicaciones y los residuos de fungicidas en los cultivos.

LITERATURA CITADA

- Anderson, W. H. 1956. Disease of Fruit Crops. Ed. McGraw-Hill. pp. 326-327.
- Anónimo, 1998. Diccionario de Especialidades Agroquímicas. Ed. PL.M. México. D.F.
- Arthur, C. J. 1929. The Plant Rusts (uredinales). John Wiley and Sons. USA. 446 p.
- Arthur, C. J., and Cummins G. B. 1962. Manual of the Rusts in the United States and Canada. Hafner Publishing Company. USA. pp 12-14.
- Berger, R. D. 1977. Application of epidemiological principles to achieve plant disease control. Ann. Rev. Phytopathol. 15:165-183.
- 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 Kranz. J., and Rotem. J. (Eds.). Experimental Techniques in Plant Disease Epidemiology. Springer-Verlag. Germany.
- Campbell, C. L., and Madden. L. V. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley & Sons. 532 p.
- Fry, W. E. 1978. Quantification of general resistance of potato cultivars and fungicides effects for Integrated control of potato late blight. Phytopathology 68: 1650-1655.
- 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. USA. 378 p.
- García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. México. D.F. 252 p.
- Guilligan, C. A. 1990. Comparison of disease progress curves. New Phytol. 115:223-242.

- Horst, R. K., Kawamoto, S.O., and Porter, L. L. 1992. Effect of sodium bicarbonate and oils on the control of powdery mildew and black spot of roses. *Plant Disease* 76:247-251.
- Kranz, J. 1974. Comparison of Epidemics. *Ann. Rev. Phytopathol.* 12:355-374.
- Kranz, J. 1988. Measuring Plant Disease. pp 35- 49. *In*: Kranz, J., and Rotem, J. (Ed.). *Experimental Techniques in Plant Disease Epidemiology*. Springer-Verlag. Germany.
- 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.
- Mora-Aguilera, G., Nieto, A. D., Campbell, L. C., Téliz, O. D., y García, E. 1996. Multivariate comparison of papaya ringspot epidemics. *Phytopathology* 86:70-78.
- Naveillan-A. A.S.1994. Biología y control de la roya tardía (*Pucciniastrum americanum*) de la frambuesa variedad Heritage. Chillan (Chile). 57p. (Abs.).
- Neher, D. A., and Campbell, C. L. 1992. Underestimation 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. *In*: Ellis, M. A; Converse, R. H; R. N. Williams and Williamson B. (Eds.). *Compendium of Raspberry and Blackberry Diseases and Pests*. APS Press. St. Paul MN. USA. pp. 30-32.
- 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.
- Pedroza, S. A., y Téliz, O. D. 1993. Dinámica temporal de un complejo epidémico foliar en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) usando

diferentes prácticas de manejo. Revista Mexicana de Fitopatología 11:118-123.

Ragsdale, N. N., and Sisler, H. D. 1991. The Nature, Modes of Action, and Toxicity of Fungicides. pp 461-495. In: Pimentel, D. (Ed.) Hand Book of Pest Management in Agriculture. CRC Press. 2^o Edition. Bakersfield Cal. USA.

Rodríguez-Navarro, J. A., Zavaleta-Mejia, E., y Alatorre-Rosas, R. 1996. Epidemiología y manejo de la roya blanca (*Puccinia horiana* P. Henn.) del crisantemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev). Fitopatología 31: 122-132.

Sandoval-Islas, J. S. 1997. Algunos Estudios sobre la Resistencia Cuantitativa en el Patosistema Cebada (*Hordeum vulgare* L.)-Roya Amarilla (*Puccinia striiformis* Westend. f.sp. *hordei* Eriks.). Tesis de Doctor en Ciencias. Instituto de Fitosanidad. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx.

Scheaffer, L. R., Mendenhall, W., y Lyman, O. 1987. Elementos de Muestreo. Ed. Grupo Editorial Iberoamérica. México, D.F.321p.

Shattock, R. C. and Bhatti, M. H. R.1983. Fungicides for control of *Phragmidium mucronatum* on hort. Plant Pathology 32: 67-72.

Subba Rao, K. V., Berggren, G. T. an Snow, J. P. 1990. Characterization of wheat leaf rust epidemics in Lousiana. Phytopathology 80: 402-410.

Thal, W. M., Campbell, C. L., and Madden, L. V. 1984. Sensitivity fo Weibull parameter stimates to variation in simulated disease progression data. Phytopathology 74: 1425-1430.

Vanderplank, 1963. Plant Disease: Epidemics and Control. Academic Press, New York and London. 349 p.

Ware, W. G, 1994. The Pesticide Book. Thompson Publ. pp. 139-154.

Whyn, W. K., and Stamples, R. C. 1981. Tropisms of fungi in host recognition. in: Pirson, A. and Zimmerman, M. H. (Eds.) Physiological Plant Pathology. En cyclopedia of plant Physiology. Springer-Verlag. Germany. pp. 45-69.

- Xiao, C. L., Subbarao, K. V., and Zeng, S. M., 1996. Incorporating an asymptotic parameter into the Weibull model to describe plant disease progress. *J. Phytopathology* 144:375-382.
- Zadoks, J. C., and Schein, R. D. 1979. *Epidemiology and Plant Disease Management*. Oxford University Press, Oxford. England. 427 p.
- Ziller, W. G. 1974. *The Tree Rusts of Western Canada*. Pacific Forest Research Center. Canadian Forestry Service. Publication No. 1329. Victoria B.C. Canada. 272 p.
- Ziv, O., and Zitter, T. A. 1992. Effects of bicarbonates and film-forming polymers on cucurbit foliar diseases. *Plant Disease*. 76:513-517.
- Ziv. O., and Hagiladi, A. 1993. Controlling powdery mildew in euonymus with polymer coatings and bicarbonate solution. *Hort Science* 28 (2): 124-126.
- Ziv. O., and Frederiksen, R. A. 1983. Control of foliar diseases with epidermal coating materials. *Plant Disease* 67:212-214.

CONCLUSIONES GENERALES

1. El agente causal de la roya amarilla de la frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) en México es *Pucciniastrum americanum* (Farl.) Arth., conocida en Norte América como roya amarilla tardía.
2. La enfermedad inició en el estrato bajo de la planta, pero la severidad fue mayor en el estrato medio y progresó conforme al modelo logístico ($r^2=0.94$).
3. La fase ecial no se encontró en las áreas de estudio, por lo que se sugiere que el inóculo primario se origina de las uredosporas invernantes del ciclo otoño-invierno.
4. El período latente en los cultivares inoculados fue de 7 y 8 días para Autumn bliss y Heritage respectivamente y de 9 para Amity y Summit.
5. Los modelos de Gompertz, monomolecular, logístico y de Weibull no fueron adecuados para describir la severidad foliar de la enfermedad en los tratamientos de control. Sólo el modelo de Weibull describió adecuadamente el progreso de la incidencia acumulada en frutos.
6. El Area Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad permitió comparar el efecto de los tratamientos en la severidad e incidencia acumulada de la roya amarilla (*P.americanum*) de la frambuesa roja (*R. idaeus*) en Valle de Bravo, Méx.
7. Los mejores tratamientos para controlar la roya amarilla (*P. americanum*) de la frambuesa roja (*R. idaeus*) en hojas y fruto, fueron el que inició con triadimefon alternado con aplicaciones de anilazina (2) y el que se basó en aplicaciones de aceite parafínico (5).

APÉNDICE



BOTANICAL RESEARCH INSTITUTE OF TEXAS

509 Pecan Street

Fort Worth, Texas 76102-1000 USA

Tel: 817 332-1111 FAX: 817 332-1112

Conserving the herbaria of BRIT, SAU, and VDB

15 March, 1999

Angel Rebollar-Alviter
Universidad Autonoma Chapingo
Departamento de Parasitologia Agricola
Carretera Mexico-Texcoco, km 38.5
Chapingo, Mexico, Mexico
C. P. 56230

Dear Angel Rebollar-Alviter,

The specimen you sent me was well prepared. This rust on raspberry leaves is the uredinial stage of *Pucciniastrum americanum*. This species is identified by the very characteristic uredinial sori that are somewhat narrowly cone-shaped, stand up from the leaf surface, and have well developed, sculptured ostiolar cells.

Sincerely,

Joe F. Hennen
Resident Research Associate, Botanical Research Institute of Texas (BRIT)
Professor Emeritus, Dept. of Botany and Plant Pathology, Purdue University

IMPRESA POR:

MULTIGRAF

Multiservicios Gráficos
y Editoriales S.A. de C.V.

HNOS. SERDAN No.5
FRACC. SAN MATEO II
TEXCOCO, EDO. DE MEXICO
TEL. 01(595) 519-52

