

# EPIDEMIOLOGÍA DEL TIZÓN TARDÍO (*Phytophthora infestans* MONT DE BARY) DE LA PAPA EN ZONAS PRODUCTORAS DEL ESTADO TÁCHIRA, VENEZUELA

Marlyn Escalante Ortiz<sup>1</sup> y René Farrera Pino<sup>2</sup>

## RESUMEN

Con el fin de conocer la epidemiología del tizón tardío de la papa en las zonas productoras del estado Táchira, Venezuela, se instalaron tres experimentos de campo, dos en la aldea Pernía y uno en la localidad de El Cobre, de los cuales se derivaron las curvas de progreso y las tasas de infección (K) de la enfermedad. El efecto favorable del clima para la ocurrencia de la epidemia fue medido mediante el cálculo de valores de severidad (VS) y días favorables al tizón tardío (DFTT). Se utilizó un análisis de regresión múltiple para estudiar el efecto del clima sobre la enfermedad. El primer experimento se realizó bajo un manejo tradicional con aplicación de fungicidas y en los dos restantes se excluyeron estas aplicaciones. Se cuantificó la incidencia en los tres experimentos y la severidad en el segundo y tercero. Los valores de K resultaron elevados en todos los casos, variando entre 0,14 y 0,40, evidenciándose un patógeno altamente agresivo. Los VS y DFTT resultaron inadecuados para predecir la epidemia. El modelo que mejor explicó la influencia del clima sobre la enfermedad fue  $X = 5,955 - 0,014 P - 0,259 T_{max}$  ( $R^2 = 0,781$ ), donde X es la proporción de plantas enfermas, P la precipitación y T la temperatura.

**Palabras clave adicionales:** Epidemia, curvas de progreso, tasa de infección, clima, *Solanum tuberosum*

## ABSTRACT

### Potato late blight (*Phytophthora infestans* Mont De Bary) epidemiology in producer areas of Táchira State, Venezuela

To know the potato late blight epidemiology in the producer areas of Táchira State, Venezuela, three field experiments were conducted. Two of them in Pernía village and the other in El Cobre area, where the disease progress curves and infection rates (K) were obtained. The favorable effect of environment to epidemic occurrence was evaluated by calculating of severity values (SV) and favorable days to late blight (FDLB). Multiple regression was used to study the environmental effect on disease. The first experiment was carried out under traditional management using fungicides but they were excluded in the following two trials. K values were always high, ranging between 0.14 and 0.40, and making evident the aggressiveness of the pathogen. SV and FDLB were unsuitable to predict the epidemic. The model that best explained the environment influence on disease was  $X = 5.955 - 0.014 P - 0.259 T_{max}$  ( $R^2 = 0.781$ ), where X is the diseased plant proportion, P the precipitation and T the temperature.

**Additional key words:** Epidemic, disease progress curves, infection rates, climate, *Solanum tuberosum*

## INTRODUCCIÓN

El tizón tardío es la enfermedad más importante en el cultivo de la papa y se presenta en casi todas las regiones paperas, especialmente en zonas de clima húmedo y frío, pudiendo destruir totalmente la plantación en poco tiempo, razón por la cual se considera el problema más serio para su producción a nivel mundial (Agrios, 1991). Su agresividad afecta negativamente la rentabilidad del cultivo al depender en gran parte de la aplicación de fungicidas y del uso de variedades con resistencia de campo (Johnson et al., 1997).

En general, el tizón tardío puede desarrollarse como epidemia en determinados rangos de temperatura y en el campo se comporta como una enfermedad policíclica, originando una curva de progreso cuya forma varía de acuerdo con las condiciones climáticas (Harrison, 1992).

El diseño de un programa efectivo de manejo de una enfermedad requiere del conocimiento de su epidemiología, ya que comprendiendo las interacciones entre las poblaciones del patógeno, hospedero y el ambiente, se hace posible seleccionar las técnicas más apropiadas para reducir la enfermedad a un nivel que no cause daño económico (Zadoks y Schein, 1979;

Recibido: Diciembre 13, 2002

Aceptado: Noviembre 3, 2003

<sup>1</sup> INIA. CIAE-Zulia, Estación Local El Guayabo. Estado Zulia. Venezuela email: mescalante@inia.gov.ve

<sup>2</sup> INIA. CIAE-Táchira, Bramón, estado Táchira. Venezuela email: rfarrera@inia.gov.ve

Zwakhuisen et al., 1998).

Muchos autores han desarrollado modelos epidemiológicos que buscan explicar y predecir la ocurrencia de la epidemia con el fin de determinar el momento oportuno para la aplicación de medidas de control (Bruhn y Fry, 1981; Shtienberg et al., 1989; Raposo et al., 1993; Gudmestad, 2003; Johnson et al., 1998). Casi todos estos modelos se basan en la utilización de los parámetros climáticos, especialmente humedad relativa, temperatura y precipitación, para predecir la aparición de la enfermedad y determinar la época en que debe iniciarse la aplicación de fungicidas. Sin embargo, no han sido probados con suficiente éxito en regiones tropicales.

El objetivo de esta investigación fue desarrollar un estudio epidemiológico de *Phytophthora infestans* bajo las condiciones del municipio Vargas, estado Táchira, entidad con una alta producción de papa, a fin de generar las bases para la formulación de planes fitosanitarios.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante tres ciclos de cultivo, en dos localidades del municipio Vargas, estado Táchira, Venezuela. Se seleccionaron terrenos cercanos a plantaciones de papa para asegurar la presencia del inóculo. El primer ciclo (primer experimento) se instaló en septiembre de 1998, en la finca Buena Vista del sector Mesa de Pernía, para evaluar el comportamiento de la enfermedad bajo el manejo tradicional del productor. Se utilizó la variedad Granola, en un área de 2738 m<sup>2</sup>, a una altitud de 1950 msnm. Se estableció la siembra a 25 cm de distancia entre plantas y 80 cm entre hileras y se marcaron parcelas experimentales de 16 m<sup>2</sup> cada una. Las prácticas agronómicas se realizaron siguiendo las labores culturales de preparación de tierra, siembra, encalado, fertilización química y orgánica, riego, control de plagas y aplicación del fungicida mancozeb. En los ciclos siguientes se exceptuó la aplicación de fungicidas. El segundo ciclo (segundo experimento) se instaló en la misma finca, en noviembre de 1998. Luego de la siembra se demarcaron 21 subparcelas experimentales para un área total experimental de 700 m<sup>2</sup>. Para el tercer ciclo (tercer experimento) se trabajó en la población de El Cobre, en el sector El Zanjón a una altitud de 1850 msnm y al igual

que los anteriores experimentos se ubicó en terrenos adyacentes a otros cultivos de papa. La siembra se realizó en febrero de 1999 y se ubicaron 18 parcelas experimentales para un área total de la parcela experimental de 540 m<sup>2</sup>.

En los lotes de cada experimento se instaló un termohigrógrafo con abrigo meteorológico a nivel del suelo para registrar las temperaturas máxima (Tmax), media (Tmed) y mínima (Tmin) así como la humedad relativa horaria (HR). Así mismo, se incorporó en un área adyacente, un pluviómetro de cántaro para medir la precipitación diaria (P).

### Cuantificación de la enfermedad

En el primer ciclo sólo la incidencia de la enfermedad fue calculada considerando el número de plantas afectadas y el número total de plantas para cada parcela experimental, para luego derivar la proporción de plantas enfermas (PPE) por parcela en cada una de las evaluaciones.

Para los ciclos 2 y 3 se evaluó la incidencia de la enfermedad en cada parcela por medio del conteo del número de hojas y tallos por planta y del número de hojas y tallos afectados por planta para obtener las proporciones de hojas (PHA) y tallos afectados (PTA). La severidad se midió como proporción de área enferma de folíolos (PAEF) marcándose dos tallos principales al azar por parcela. A cada hoja compuesta de estos tallos les fue asignado un número en orden ascendente, de acuerdo a su secuencia de formación. Así la primera hoja en desarrollarse viene a ser la hoja 1, posteriormente a cada folíolo le fue asignado un número (a partir de uno) comenzando por el más cercano al tallo en la parte izquierda. Posteriormente, por estimación visual, se le asignó el porcentaje del área de cada folíolo afectada por el patógeno. Para el cálculo de la severidad se convirtió este porcentaje de daño en proporción respecto al área de la hoja susceptible a infección. Ésta se determinó usando el área promedio de folíolos a diferentes edades, la cual fue obtenida usando un papel milimetrado sobre el cual se dibujó la silueta de la hoja y por conteo simple se determinó su área. Las evaluaciones se hicieron a intervalos de 4 días para cada ciclo, iniciándose 15 días después de la emergencia.

### Valores de severidad y días favorables al tizón tardío

De acuerdo a la metodología propuesta por Wallin (1962) las variables meteorológicas fueron

transformadas en valores de severidad (VS) y días favorables a tizón tardío (DFTT) con el fin de determinar cuan favorable habría sido el ambiente para la ocurrencia de la epidemia. Los VS son valores arbitrarios asignados a la relación entre la duración de períodos con humedad relativa mayor a 90% y la temperatura media durante esos períodos, mientras que los DFTT son aquellos días que tienen como característica que las temperaturas promedio de los 5 días anteriores fueron menores de 25,5 °C, además de una precipitación acumulada en los 10 días anteriores mayor o igual a 30 mm. El modelo indica que la epidemia se inicia de 7 a 14 días después de la acumulación de 18 VS o de 10 DFTT, por lo que se recomienda la primera aplicación de fungicidas cuando alguno de esos parámetros se cumple.

### **Generación de curvas de progreso de la enfermedad y la tasa de infección**

Los valores de incidencia medidos como proporción de plantas, hojas o tallos afectados y los de severidad de la enfermedad estimados como proporción de área foliar afectada se utilizaron para diagramar las curvas de progreso de la enfermedad en el tiempo. Para el cálculo de la tasa de infección de la enfermedad (K) se utilizó la ecuación sugerida por Vanderplank (1963):

$$K = 1/t_2 - t_1 (\ln x_2 / 1 - x_2 - \ln x_1 / 1 - x_1)$$

Donde:

t = tiempo (inicial  $t_1$  y final  $t_2$ ) (días)

$x_1$  = proporción de incidencia o severidad de enfermedad al tiempo  $t_1$

$x_2$  = proporción de incidencia o severidad de enfermedad al tiempo  $t_2$

### **Relación entre variables meteorológicas y enfermedad**

Para estudiar la relación existente entre las variables meteorológicas y el desarrollo de la enfermedad se emplearon análisis de regresión múltiple. Se tomó la incidencia como variable dependiente y los factores Tmed, Tmax, Tmin, MR y P como variables independientes. Los análisis se realizaron con el paquete estadístico Statistics.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Cuantificación de la enfermedad**

La incidencia del tizón tardío en el primer

ciclo, medida como PPE, varió entre 0,01 y 0,97 (Cuadro 1). En el segundo ciclo, la incidencia medida como PHA varió entre 0,47 y 0,81 mientras que la PTA estuvo entre 0,10 y 0,56. La severidad medida como PAEF varió entre 0,02 y 0,56 (Cuadro 2). En el ciclo 3, la incidencia de enfermedad medida como PHA varió entre 0,14 y 1,00, mientras que la PTA varió entre 0,09 y 0,96. La severidad medida como PAEF varió entre 0,03 y 0,26 (Cuadro 3).

La incidencia de la enfermedad se muestra como un parámetro de poca utilidad en la formulación de modelos de predicción, debido probablemente a la agresividad de este patógeno y su corto período de incubación y latencia. Los valores de incidencia para los tres ciclos fueron bastantes similares. Sólo para el primer ciclo las plantas llegaron a su etapa productiva, debido al efecto fungicida por lo que la severidad podría ser un mejor indicador para comparar efectos de fungicidas y resistencia de variedades. Al respecto, se han desarrollado escalas para medir la severidad (Gaunt, 1987), las cuales han sido de mucha utilidad para la cuantificación de esta enfermedad. Por lo general para establecer programas de alerta de tizón tardío se utilizan principalmente variables meteorológicas, no requiriéndose estimaciones de la enfermedad como dato de entrada (Gudmestad, 2003).

**Cuadro 1.** Incidencia promedio del tizón tardío de la papa como proporción de plantas enfermas (PPE). Ciclo 1

DDE	Nº plantas afectadas	PPE
15	0,60	0,01
19	2,04	0,04
23	6,24	0,13
27	8,48	0,18
31	38,60	0,83
35	40,40	0,87
39	40,96	0,89
43	42,20	0,93
47	42,88	0,93
51	42,96	0,95
55	43,00	0,95
59	43,80	0,97

DDE: Días después de la emergencia

Número promedio de plantas/parcela = 44,76

### **Valores de severidad y días favorables al tizón tardío**

Durante el ciclo 1 se acumularon 18 VS a los

10 días después de la emergencia de las plantas, mientras que 10 DFTT fueron obtenidos a los 18 días luego de la emergencia (Krausse et al., 1975). En el ciclo 2 los 18 VS fueron obtenidos a los 8 días después de la emergencia, mientras que los 10 DFTT se alcanzaron a los 38 días. En el ciclo 3, los 18 VS se acumularon a los 17 días luego de la emergencia y los 10 DFTT fueron obtenidos después de 27 días.

Los VS y DFTT utilizados para medir el efecto combinado de las variables meteorológicas humedad relativa-temperatura y precipitación-temperatura (Wallin, 1962), corroboraron cuan favorables fueron los factores climáticos presentados en los tres ciclos de estudio. Se observó que para los momentos en que los modelos citados indicaban aplicación de fungicida la enfermedad estaba presente con incidencias de 12,5; 50,0 y 75,0%, respectivamente. Esto parece indicar que los modelos de predicción desarrollados en climas templados podrían no funcionar bien en condiciones tropicales.

**Cuadro 2.** Incidencia promedio del tizón tardío de la papa como proporción de hojas (PHA) y tallos afectados (PTA) y severidad promedio como proporción de área enferma por folíolo (PAEF). Ciclo 2

DDE	PHA	PTA	PAEF
15	0,47	0,10	0,02
19	0,61	0,17	0,14
23	0,77	0,29	0,45
27	0,81	0,56	0,56

DDE: Días después de la emergencia

En el ciclo 2 no se discriminan las fases de las curvas de progreso debido al comportamiento de la enfermedad durante el período evaluado. Las curvas de progreso de la enfermedad del ciclo 2 para incidencia (Figura 2) muestran que las primeras fases de la epidemia (logarítmica y exponencial) probablemente ocurrieron en períodos muy cortos y cercanos a la emergencia, no pudiendo ser registradas en las evaluaciones realizadas. Sin embargo, cuando se midió la enfermedad en términos de severidad, si se observó el patrón común de desarrollo de *P. infestans*.

**Cuadro 3.** Incidencia promedio del tizón tardío de la papa como proporción de hojas (PHA) y tallos afectados (PTA) y severidad promedio como proporción de área enferma por folíolo (PAEF). Ciclo 3

DDE	PHA	PTA	PAEF
15	0,149	0,09	0,03
19	0,21	0,25	0,12
23	0,63	0,49	0,23
27	1,00	0,96	0,26

DDE: Días después de la emergencia

### Generación de curvas de progreso de la enfermedad y cálculo de la tasa de infección

Durante el ciclo 1 la incidencia del tizón tardío medida como PPE varió entre 0,01 y 0,18, con una tasa de 0,02 durante las dos primeras semanas en donde se registró la fase logarítmica. La fase exponencial tuvo lugar la semana siguiente y la proporción de enfermedad varió de 0,18 a 0,83; con una tasa de 0,48. La fase de decadencia ("plateau") se registró a partir de la cuarta semana con una proporción de plantas enfermas que varió entre 0,83 y 0,97 y tasa de infección fue de 0,08. La tasa promedio del desarrollo de enfermedad fue de 0,19. La curva de progreso de la enfermedad para el ciclo 1 (Figura 1) muestra el comportamiento sigmoideal típico de la enfermedad de acuerdo con Harrison (1992). A pesar de esto, con la aplicación de fungicidas la fase exponencial fue retrasada obteniéndose la cosecha en el cultivo.

La curva formada para el ciclo 3 con la incidencia vs. tiempo, mostró igualmente una forma no característica, en este caso representada por la ausencia de una meseta. La curva de progreso para severidad vs. tiempo exhibe comportamiento similar al ciclo 2, lo cual apoya la afirmación de la baja capacidad de la incidencia en la estimación de esta enfermedad (Figura 3).

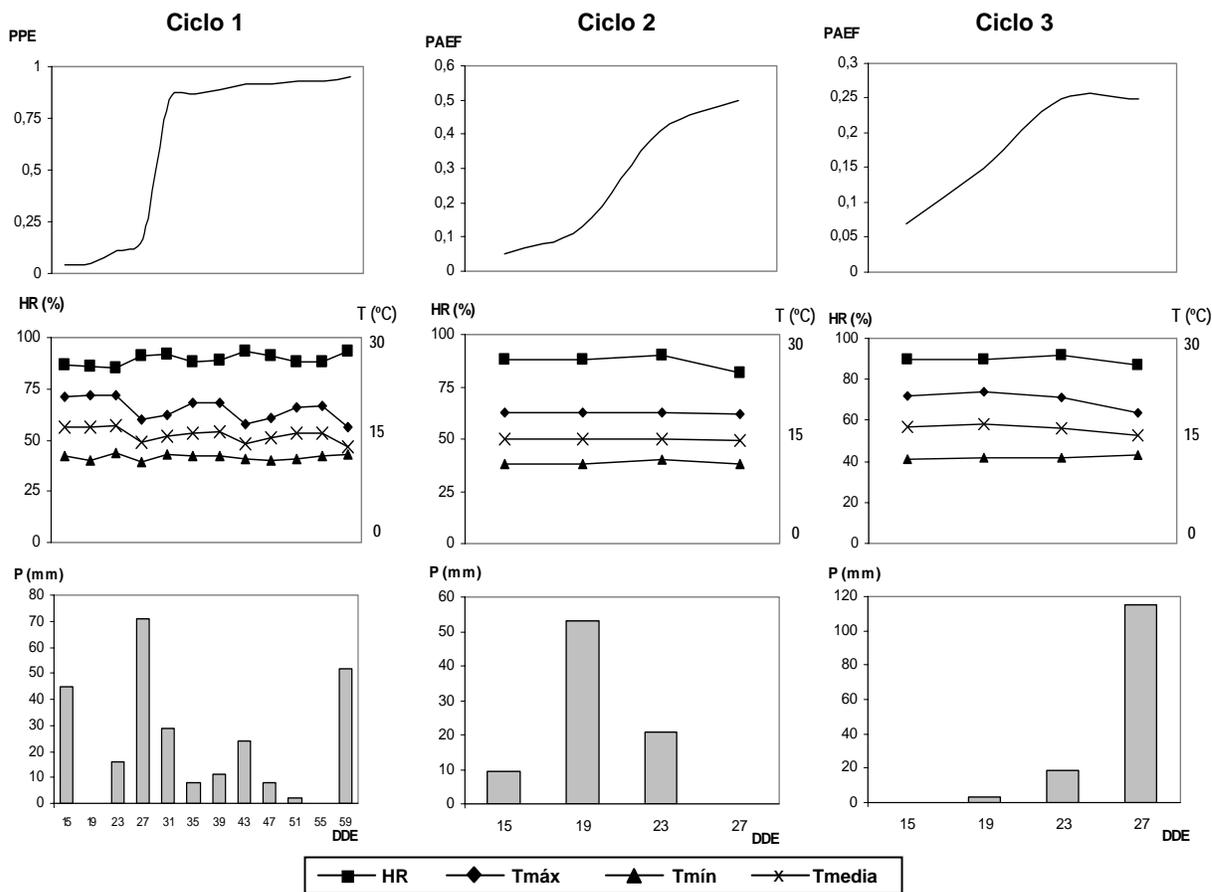
La tasa de infección conseguida en el ciclo 1 (0,19 unidades/unidad/día) mostró claramente el efecto benéfico de las aplicaciones de fungicidas en la disminución de la velocidad de multiplicación del patógeno, ubicando ésta en valores cercanos a los obtenidos con un cultivar moderadamente resistente (0,16), como lo establecen Vanderplank (1963) y Zadocks y Schein (1979) quienes reportaron una tasa de infección de 0,42 unidades/unidad/día para un

cultivar muy susceptible al tizón tardío (Bintje) una de 0,21 unidades/unidad/día para uno susceptible (Eigenheimer) y 0,16 unidades/unidad/día en un cultivar moderadamente resistente (Voran). En el ciclo 2 a pesar de observarse la alta agresividad de la enfermedad en campo, se obtuvo una tasa para la incidencia medida como PHA de 0,14 unidades/unidad/día. Este bajo valor se debió a que la enfermedad atacó desde los estados iniciales del cultivo por la presencia de una gran cantidad de tubérculos infectados de la cosecha anterior.

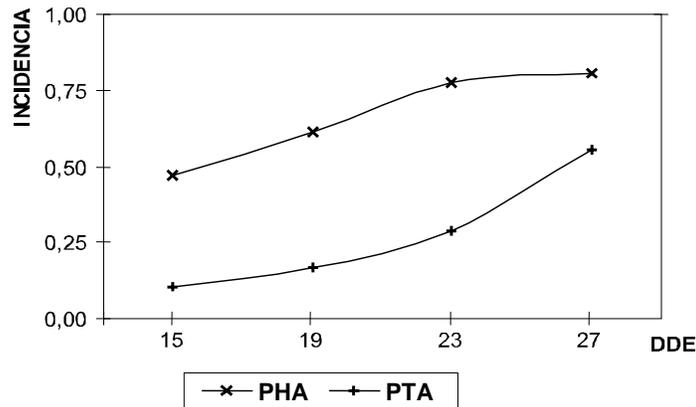
En consecuencia, en la primera evaluación cerca de la mitad de las hojas ya presentaban síntomas de la enfermedad (incidencia de 0,46) lo

que impidió que se obtuviera una tasa mas elevada; las otras dos tasas calculadas (0,22 a partir de PTA y 0,38 a partir de PAEF) y de igual manera las tasas obtenidas en el tercer ciclo 0,52 (PHA); 0,40 (PTA) y 0,15 (PAEF) se encuentran en el rango proporcionado por la literatura para un cultivar susceptible.

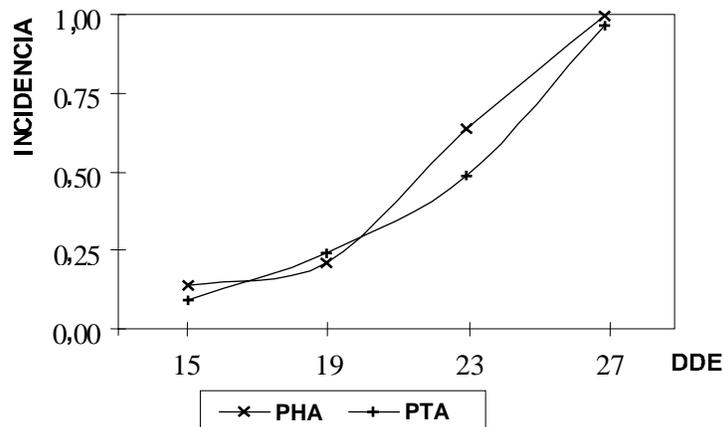
En general, se puede decir que las tasas de infección obtenidas con los datos de la medición de la enfermedad son elevadas en todos los casos lo que demuestra la agresividad del patógeno (Zwakhuzen et al., 1998). El valor de estas tasas es importante, desde el punto de vista comparativo en pruebas de variedades, para establecer diferencias de tolerancia a la enfermedad.



**Figura 1.** Gráficos conjuntos de la curva de progreso de la enfermedad de *P. infestans*, con incidencia como proporción de plantas enfermas (PPE), y severidad como proporción de área enferma por folíolo (PAEF). Temperatura máxima (Tmax), media (Tmed) y mínima (Tmin), humedad relativa (HR) y precipitación (P) registradas por ciclo vs. tiempo en días después de la emergencia (DDE).



**Figura 2.** Curva de progreso de *P. infestans*. Incidencia como proporción de hojas (PHA) y tallos afectados (PTA) y severidad como proporción de área enferma por foliolo (PAEF) vs. tiempo en días después de la emergencia (DDE). Ciclo 2.



**Figura 3.** Curva de progreso de *P. infestans*. Incidencia como proporción de hojas (PHA) y tallos afectados (PTA) y severidad como proporción de área enferma por foliolo (PAEF) vs. tiempo en días después de la emergencia (DDE). Ciclo 3.

### Relación entre variables meteorológicas y la enfermedad

En la Figura 1 aparecen los datos climáticos relativos a precipitación, temperaturas y humedad relativa correspondientes a los tres ciclos del ensayo.

El resultado del análisis de regresión, entre la PPE como variable dependiente y las variables P, HR, Tmax, Tmed y Tmin, como variables independientes, en el primer ciclo,

mostró que el coeficiente de determinación varió muy poco entre los modelos obtenidos, quedando el modelo más simple representado por la siguiente ecuación:

$$X_i = 5,955 - 0,014 P - 0,259 T_{\max} (R^2 = 0,781)$$

donde  $X_i$  = proporción de plantas enfermas (PPE).

En los dos ciclos sucesivos, los modelos más simples se representaron con relación a PHA como variable dependiente con las ecuaciones

siguientes:

Ciclo 2

$$X_s = 26,546 - 0,0009 P - 1,432 T_{max} \quad (R^2 = 0,561)$$

Ciclo 3

$$X_s = 0,220 + 0,001 P - 0,006 T_{max} \quad (R^2 = 0,676)$$

donde  $X_s$  = proporción de hojas afectadas (PHA).

Gudmestad (2003) menciona que los factores climáticos asociados con la distribución de tizón tardío fueron prolongados períodos de humedad con incrementos de temperatura que pudieron promover la esporulación, seguido de períodos de agua líquida sobre las hojas que favorecieron la germinación de los esporangios y la infección. Los factores climáticos presentados en los tres ciclos guardan cierta similitud a los apreciados por este autor. Así, se observa en la Figura 1 que cuando la curva de progreso de la enfermedad para el ciclo 1 alcanzó su fase exponencial, previamente se registraron los valores más altos de P (69,86 mm), de igual manera la HR se mantuvo por encima de 75%, valor mínimo considerado para la producción de esporangios (Thurston y Schultz, 1981), y en gran parte del período por encima de 90%, lo que se traduce en una mayor duración de agua líquida sobre las hojas. Las temperaturas presentaron valores que se incluyen dentro de los rangos reportados por Harrison (1992) como propicios para el desarrollo del patógeno (18,3 a 23,3 °C). Para el ciclo 2 se observa el efecto de P en la severidad (Figura 1) e incidencia (Figura 2) de la enfermedad, la cual se incrementó notoriamente luego de que ocurrió la mayor precipitación (52,81 mm). La HR se mantuvo dentro del rango óptimo (75 a 100%) y las temperaturas, aunque fueron más bajas que en el ciclo anterior, siguieron localizándose entre 18 y 23 °C. Durante el ciclo 3 (Figuras 1 y 3) aunque el pico de precipitación más importante al final del período no coincidió con el incremento de la enfermedad, la misma cumplió su fase exponencial posiblemente asociada a la aplicación del riego que fue necesario aplicar en ese momento. Los valores de humedad relativa y temperatura se comportaron de igual manera que en los dos primeros ciclos.

En los modelos predictivos de tizón tardío

generalmente se usan sólo variables climáticas, no incluyendo el inóculo ya que éste se asume como presente en el campo o proveniente de otras zonas debido a su agresividad, su bajo período de incubación-latencia y la alta capacidad de diseminación del patógeno. Así, en los análisis de regresión obtuvieron modelos que destaca la importancia de P para el desarrollo de la epidemia en las zonas tropicales. Este es un punto adicional al hecho de que existen modelos de predicción que sólo toman en cuenta el efecto de lavado que la P efectúa a los fungicidas protectivos para realizar una nueva aplicación. Finalmente, es importante puntualizar que es necesario profundizar en este tipo de estudio, por lo que estos resultados sólo presentan una visualización global de lo que se pudiera obtener en un cultivo bajo estas condiciones.

## CONCLUSIONES

Las curvas de progreso de la enfermedad, en cada uno de los ciclos, como los valores de incidencia y severidad se mostraron elevados en todos los casos, confirmando la alta agresividad del patógeno.

El registro de los valores de severidad y de los días favorables al desarrollo de la epidemia se mostró como ineficiente para predecir la enfermedad, lo que demuestra su inadaptabilidad a los climas tropicales.

El modelo que explicó la influencia de las variables climáticas sobre la enfermedad fue  $X = 5,955 - 0,014 P - 0,259 T_{max}$  ( $R^2 = 0,781$ ).

## LITERATURA CITADA

1. Agrios, G. 1991. Fitopatología. Ed. Limusa. México.
2. Bruhn, J. y W. Fry. 1981. Analysis of potato late blight epidemiology by simulation modeling. *Phytopathology* 71(6): 612-616.
3. Gaunt, R. 1987. Measurement of disease and pathogens. *In*: P. S. Teng (ed.). *Crop Loss Assessment and Pest Management*. APS Press. New York.
4. Gudmestad, N. 2003. Forecasting late blight and fungicide application technology. *Potato*

- Late Blight Workshop. APS net- The American Phytopathological Society. <http://www.apsnet.org/online/feature/lateblit/workshop/papers/lb005.htm>. (consulta de octubre 2003).
5. Harrison, J. 1992. Effects of the aerial environment on late blight of potato foliage- a review. *Review Plant Pathology* 41(4): 384-416.
  6. Johnson, D., T. Cummings, P. Hamm, R. Rowe, J. Miller, R. Thornton, G. Pelter y E. Sorensen. 1997. Potato late blight in the Columbia basin: an economic analysis of the 1995 epidemic. *Plant Disease* 81(1): 103-106.
  7. Johnson, D., R. Alldredge y P. Hamm. 1998. Expansion of potato late blight forecasting models for the Columbia basin of Washington and Oregon. *Plant Disease* 82(6): 642-645.
  8. Krausse, R., L. Massic y R. Hyre. 1975. Blitecast: a computerize forecast of potato late- blight. *Plant Disease Reporter* 59 (2): 95-98.
  9. Raposo, R., D. Wilks y W. Fry. 1993. Evaluation of potato late blight forecast modified to include weather forecast: a simulation analysis. *Phytopathology* 83(1): 103-108.
  10. Shtienberg, D., M. Doster, J. Pelletier y W. Fry. 1989. Use simulation models to develop a low-risk strategy to suppress early and late blight in potato foliage. *Phytopathology* 79(5): 590-595.
  11. Thurston, H y O. Schultz. 1981. Tizón tardío. *In: W. Hooker (ed.). Compendio de Enfermedades de Papa. American Phytopathological Society. Lima- Perú. pp. 56- 60.*
  12. Vanderplank, J. E. 1963. *Plant Diseases: Epidemics and Control. Academic Press. New York. 216.*
  13. Wallin, J. 1962. Summary of recent progress in predicting late blight epidemics in the United States and Canada. *Am. Potato J.* 39: 306-312.
  14. Zadoks, J y R. Schein, R. 1979. *Epidemiology and Plant Disease Management. Oxford University Press. Oxford.*
  15. Zwakhuisen, M., F. Govers y J. Zadoks. 1998. Development of potato late blight epidemics: disease foci, disease gradients, and infection sources. *Phytopathology* 88(8): 754-763.