

EVALUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA Y ECONÓMICA EN EL MANEJO DEL TIZÓN TARDÍO DE LA PAPA EN LAS PLAYITAS, ESTADO TÁCHIRA, VENEZUELA

Marlyn Escalante¹ y Carlos Armas²

RESUMEN

El tizón tardío de la papa es una de las enfermedades económicamente más importantes y destructivas del mundo. Para evaluar la eficiencia de cuatro estrategias de manejo químico de esta enfermedad se instalaron ensayos durante tres ciclos en parcelas de productores ubicadas en la aldea Las Playitas, municipio Vargas del estado Táchira. Las estrategias evaluadas fueron 1) Testigo (TA) empleando mancozeb, 2) Rotación de fungicidas (TB) empleando ditiocarbamato de zinc, oxiclóruo de cobre + mancozeb, azufre micronizado, cimoxanilo + mancozeb, mancozeb, metalaxil + mancozeb y propineb + mancozeb, 3) TB + surfactante (TC) y 4) Aplicaciones de azoxistrobin, intercalado con cimoxanilo + mancozeb y metalaxil (TD). Se evaluó la severidad (S) y se cuantificó el rendimiento (Y). Se diagramaron las curvas de progreso de la enfermedad y se calcularon las tasas de infección (K). Se relacionó la S promedio y su correspondiente Y mediante análisis de regresión. Se realizó una evaluación económica por ciclo mediante rentabilidad, presupuesto parcial, dominancia y tasa de retorno marginal. La enfermedad afectó la producción según el modelo $Y = e^{(9,86-0,01*S)}$. El TD presentó valores de Y significativamente más altas en todos los ciclos. De la misma manera, los menores valores de K se registraron consistentemente para TD en los tres ciclos. En el análisis económico, TD alcanzó la mayor rentabilidad y los mejores beneficios netos, dominando a casi todos los tratamientos con una alta tasa de retorno marginal. Desde el punto de vista productivo y económico, TD resultó superior en las condiciones estudiadas.

Palabras clave adicionales: *Phytophthora infestans*, papa, fungicidas, epidemiología, análisis económico

ABSTRACT

Economical and epidemiological evaluation to the potato late blight management in Las Playitas, Táchira State, Venezuela
Potato late blight is one of the most important and economically destructive disease of the world. To evaluate the efficient of four chemical management strategies of this disease, tests in the commercial farms fields were performed through three productive cycles. The strategies were: 1) Control (TA) mancozeb, 2) Fungicide rotation (TB) using zinc dithiocarbamate, copper oxychloride + mancozeb, sulphur, cymoxanil + mancozeb, mancozeb, metalaxil + mancozeb and propineb + mancozeb, 3) TB+ Surfactant (TC) and 4) Applications of azoxystrobin, alternated with cymoxanil + mancozeb and metalaxil (TD). Severity (S) was evaluated and yield (Y) measured. Disease progress curves were plotted and infection rates (K) were calculated. S average and its corresponding Y were related by regression analysis. An economical analysis at each cycle was performed through profitability, partial budget, dominance and marginal return rate. Disease affected on the production according to the model $Y = e^{(9,86-0,01*S)}$. TD showed Y significantly higher for all cycles. In the same way, the smaller K was registered consistently for TD on the three cycles. In the economical analysis TD reached higher profitability and net benefit; dominating nearly all treatments with a very high marginal return rate. From the productive and economical standpoint, TD showed to be superior under the conditions of this study.

Additional key words: *Phytophthora infestans*, potato, fungicide, epidemiologic, economic analysis

INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) puede ser considerada como uno de los principales cultivos de los valles altos del estado Táchira y abarca gran parte de los municipios Jáuregui, Dr. J. M.

Vargas, Uribante, Urdaneta y Michelena, donde los agricultores se caracterizan por practicar una agricultura en ladera bajo la condición de riego, principalmente por aspersión. Alrededor de 3000 ha-año⁻¹ de papa son cultivadas en alternancia con hortalizas con una producción de más de

Recibido: Agosto 1, 2003

Aceptado: Julio 30, 2004

¹ Instituto de Investigaciones Agrícolas (INIA), CIAE-Zulia. Estación Local El Guayabo, estado Zulia, Venezuela.
e-mail: mescalante@inia.gov.ve

² Núcleo de Extensión Agrícola del municipio "Dr. J. M. Vargas", Fundación CIARA. El Cobre, estado Táchira, Venezuela.

25.705 Mg·año⁻¹, lo que representa una importante fuente de ingresos para la región además de una fuente de alimento local (CENAGRI, 1995).

El tizón tardío, enfermedad causada por el hongo *Phytophthora infestans* Mont. De Bary, es el factor más limitante para el cultivo de la papa en el mundo entero, por lo que es una de las patologías más estudiadas a nivel mundial (Fry y Goodwin, 1997). No obstante, existe poca información en la zona donde se realizó este estudio

En los valles altos del estado Táchira, los agricultores controlan esta enfermedad con fungicidas protectivos como mancozeb y sistémicos, como el cimoxanilo y metalaxil, de manera empírica, lo que resulta en un exceso de aplicaciones y en algunas ocasiones inoportunas. Por otro lado, no se toman medidas para reducir el inóculo inicial, siendo muy común el apareamiento de plantas voluntarias de papa en los sembradíos. Según Zwakhuizen et al. (1998) el 74 % de los campos infectados tempranamente con la enfermedad fueron asociados con la presencia de desechos de papa cercanos a los campos de cultivo. De igual manera, las semillas infectadas provenientes de otras áreas de cultivo y plantas voluntarias parecen ser fuentes de infección de menor importancia en esas condiciones (García et al., 2000).

Fry (1977) y Johnson et al. (1997) señalan que debido a que el tizón tardío es una enfermedad de una alta agresividad y un ciclo de vida muy corto se depende en gran de la aplicación de fungicidas y del uso de variedades con resistencia de campo. Garrett et al. (2001) señalan que en las zonas altas andinas la principal estrategia de control ha sido la aplicación de fungicidas.

Sin embargo, en ambientes muy favorables al tizón tardío, el uso de sólo fungicidas de contacto no se ha reportado como eficiente en el control de la enfermedad (Fernández et al., 2000).

En el caso de los fungicidas sistémicos, sus costos altos y un uso inadecuado puede promover la aparición de razas resistentes al fungicida (Fernández et al., 2000).

El uso intensivo de algunos fungicidas sistémicos como el metalaxil para el control de la enfermedad ha ocasionado la selección de razas del hongo resistentes, por lo que actualmente se recomienda la rotación de fungicidas (García et al., 2000).

Johnson et al. (1997) reportan aumentos de hasta cinco veces en los costos de aplicación de fungicidas a causa de la aparición de nuevas razas del patógeno de un año a otro. Esto pone en evidencia el problema que ocasiona la alta capacidad mutagénica del patógeno. De igual modo, Guamán et al. (1999) reportaron que en diferentes zonas productoras de Bolivia los costos para el control del tizón tardío variaron entre 6,1 y 13,1% del costo total de producción y la mayor parte del costo del control lo representaron los agroquímicos.

Con base en lo anterior, el objetivo de este estudio fue realizar una evaluación epidemiológica y económica de cuatro alternativas de manejo de tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*) en la Aldea Las Playitas, municipio Vargas, del estado Táchira, Venezuela, mediante la determinación de la curva de progreso y tasa de infección de la enfermedad y su efecto sobre la producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron durante tres ciclos del cultivo de papa en la Aldea Las Playitas, municipio Vargas, la cual registra precipitaciones promedio anuales de 1.300 mm y una temperatura promedio de 14,5 °C (12 °C-17 °C), según la clasificación de zonas de vida de Holdridge este sector corresponde al bosque húmedo montano bajo. Los experimentos se localizaron en campos en los que el ambiente era favorable para el desarrollo de *P. infestans* y donde las áreas adyacentes cultivadas también de papa se emplearon como fuente de inóculo externo (Fry, 1977).

Ciclo 1

El día 11 de octubre de 1999 se realizó la siembra del primer ciclo del cultivo (C1) en una parcela comercial en el sector Mesa Alta, a una altitud de 2100 msnm. El cultivo se estableció utilizando tubérculos-semilla de papa variedad Granola, susceptible a la enfermedad. La distancia de siembra fue de 20 cm entre plantas y 80 cm entre hileras. Se realizaron las labores de cultivo tradicionales como preparación de terreno y control de malezas previo a la siembra con paraquat, aplicación de cal agrícola a razón de 1000 kg·ha⁻¹, fertilización química

(con 500 kg·ha⁻¹ de 12-24-12 en el momento de la siembra y en el aporque) y fertilización orgánica con 5000 kg·ha⁻¹ de estiércol de gallina, aporque, riego por aspersión y controles de insectos-plaga. Por último se realizó una defoliación 2 semanas antes de la cosecha.

El área total del experimento fue de 574 m², con un área de 35,8 m² para cada parcela, aproximadamente. La cosecha se realizó en febrero del 2000, aproximadamente 14 semanas luego de la siembra.

Ciclo 2

El 10 de febrero del año 2000 se realizó la siembra del segundo ciclo (C2) en un lote comercial en el sector La Laguna a una altitud de 1950 msnm. El manejo agronómico realizado fue similar al del C1, distribuyéndose el ensayo en un área de 528 m², a razón de 33 m² por parcela, aproximadamente. La cosecha se realizó el 22 de mayo del 2000.

Ciclo 3

El 20 de julio del año 2000 se llevó a cabo el último ciclo (C3) en el mismo sector a una altitud de 1970 msnm. El manejo agronómico se realizó bajo las mismas pautas de los dos primeros ciclos. El ensayo cubrió un área total de 560 m², con 35 m² por parcela. El 31 de octubre del 2000 se realizó la cosecha.

En cada uno de los ciclos anteriores se aplicaron los siguientes tratamientos con un

diseño experimental en bloques al azar y cuatro repeticiones.

1. TA (testigo), basado en la aplicación de mancozeb durante todo el ciclo en dosis de 4 kg·ha⁻¹ cada 5 días en época de lluvia y cada 8 días en época seca, sin adherente.
2. TB, con rotación de fungicidas protectivos y sistémicos. Así, las primeras aplicaciones sólo fueron de fungicidas protectivos para evitar la infección temprana y mantener los costos bajos, lo que incluyó el aporte de micronutrientes como azufre, zinc, cobre, y manganeso. Luego, a mediados del ciclo de cultivo, cuando la enfermedad se presentó en forma más agresiva se iniciaron las aplicaciones de fungicidas sistémicos más fungicidas protectivos (Cuadro 1).
3. TC: Consistió en aplicaciones similares al TB pero con la adición de un surfactante (Surfatron) al 1 %.
4. TD: Se basó en aspersiones de azoxistrobin intercaladas con fungicidas sistémicos (Cuadro 2). Esta rotación es usualmente recomendada, ya que el azoxistrobin se comporta como un fungicida de contacto en el control de *P. infestans*.

Cuantificación de la enfermedad

Las evaluaciones se realizaron una vez por semana durante la fase de crecimiento del cultivo determinándose la severidad (S) de la enfermedad por medio de la escala de Moore (Gaunt, 1987), a excepción del C2 cuando se determinó mediante estimación visual.

Cuadro 1. Rotación de fungicidas utilizados en el tratamiento TB. Producto comercial, dosis y orden de aplicación para el control de *P. infestans* en el cultivo de papa

N° de aplicación	Producto		Dosis (kg·ha ⁻¹)
	Nombre técnico	Nombre comercial	
1	Ditiocarbamato de Zinc	Zineb	2,0
2	Oxicloruro de Cobre + Mancozeb	Cobrethane	2,0
3	Azufre Micronizado	Kumulul	2,0
4	Cimoxanilo + Mancozeb	Curazín	2,0
5	Mancozeb	Dithane	2,0
6	Metalaxil + Mancozeb	Ridomil	1,2
7	Mancozeb	Dithane	2,0
8	Propineb + Mancozeb	Antracol + Dithane	2,0 + 1,0

Análisis de las epidemias

Los valores de S obtenidos se utilizaron para diagramar las curvas de progreso de la enfermedad (CPE) y para el cálculo de la tasa de infección (K) de acuerdo a la ecuación sugerida

por Vanderplank (1963):

$$K = \frac{1}{t_2 - t_1} \left(\frac{\ln x_2}{1-x_2} - \frac{\ln x_1}{1-x_1} \right)$$

donde:

t = tiempo (inicial t_1 y final t_2) (días)
 x_1 = proporción de S de enfermedad al tiempo t_1
 x_2 = proporción de S de enfermedad al tiempo t_2

Producción y estimación de pérdidas de cosecha

La producción obtenida se analizó mediante

pruebas de F y comparación de medias según la prueba de Tukey. Así mismo, se relacionó mediante análisis de correlación y regresión con la S (%) promedio para determinar la influencia de la enfermedad en la disminución de la producción.

Cuadro 2. Rotación de fungicidas utilizados en el tratamiento TD, producto comercial, dosis y orden de aplicación para el control de *P. infestans* en el cultivo de papa

N° de aplicación	Producto		Dosis (kg·ha ⁻¹)
	Nombre técnico	Nombre comercial	
1	Azoxistrobin	Amistar	0,3
2	Azoxistrobin	Amistar	0,3
3	Cimoxanilo + Mancozeb	Curazín	2,0
4	Metalaxil	Ridomil	1,2
5	Azoxistrobin	Amistar	0,3
6	Azoxistrobin	Amistar	0,3
7	Cimoxanilo + Mancozeb	Curazín	2,0
8	Metalaxil	Ridomil	1,2

Evaluación económica

Se registraron los insumos empleados en cada uno de los tratamientos para determinar los costos de producción y rentabilidad para establecer cual fue el sistema de control más económico, por medio del análisis de rentabilidad, presupuesto parcial, dominancia y marginal (CIMMYT, 1988).

Para el análisis de presupuesto parcial se tomó en consideración los costos que variaron en cada tratamiento y a partir de allí se derivaron los beneficios netos, con los cuales se obtuvo el análisis de dominancia que representa una comparación entre los costos que varían y los beneficios netos de cada tratamiento. Se consideró que un tratamiento era dominado (D) cuando tuvo beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos más bajos. Por último se realizó el cálculo de la tasa de retorno marginal la cual indica como aumentan los beneficios netos al incrementarse la inversión (CIMMYT, 1988).

RESULTADOS

Cuantificación de la enfermedad

Durante el ciclo C1, la S varió entre 0,1 y 95 % para TA, entre 1 y 95 % para TB, TC y 0,1, y 75 % para TD (Figura 1). En el C2, la S varió entre 0,1 y 50 % para TA y entre 0,1 y 95 % para TB y TC, y entre 0,1 y 25 % para TD (Figura 2). Para

C3, la S de *P. infestans* varió entre 0,1 y 50 % para el TA, 0,1 y 75 % para TB y TC, y 0,1 y 5 % para TD (Figura 3).

Análisis de la epidemia

Durante C1, la CPE del tizón tardío presentó un comportamiento en el que se superponen dos curvas típicas para la enfermedad para los cuatro tratamientos (Figura 1), la primera de ellas va desde el inicio hasta aproximadamente a 36 días después de la siembra (dds), momento en que se inició la segunda curva y que culmina para TA, TB y TC con una S del 95 % y de 75 % para TD.

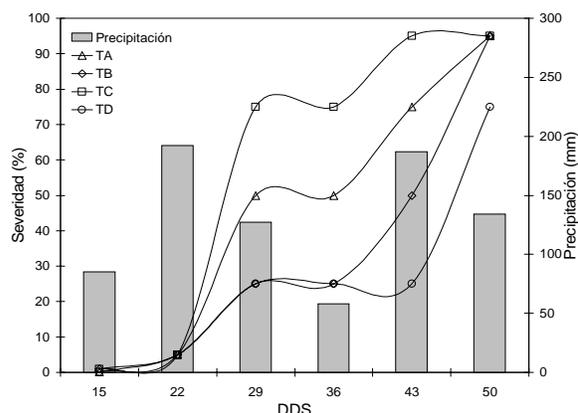


Figura 1. Curva de progreso de *P. infestans*. Severidad (%) y precipitación (mm) vs. tiempo medido en días después de la siembra (dds). Ciclo C1

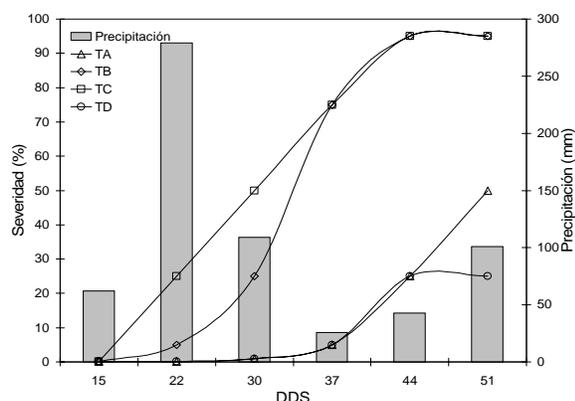


Figura 2. Curva de progreso de *P. infestans*. Severidad (%) y precipitación (mm) vs. tiempo medido en días después de la siembra (dds). Ciclo C2

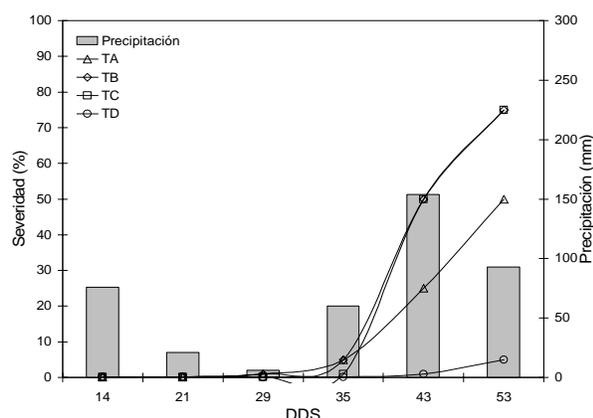


Figura 3. Curva de progreso de *P. infestans*. Severidad (%) y precipitación (mm) vs. tiempo medido en días después de la siembra (dds). Ciclo C3

Las curvas de progreso de la enfermedad del C2 aparecen en la Figura 2. Así, el TA se mantuvo en su fase logarítmica hasta 37 dds, luego pasó a una fase exponencial hasta el final del ciclo con una S de 50 %. El TB tuvo su fase logarítmica hasta 30 dds y su fase exponencial se extendió hasta 37 dds cuando comenzó la fase de decadencia. Por su parte, TC no mostró fase logarítmica sino una fase exponencial prolongada que entró en decadencia a los 44 dds alcanzando, junto con TB, una S de 95 %; en cambio TD presentó una fase logarítmica dilatada, signo de la efectividad del control; la fase exponencial no comenzó sino hasta después de 37 dds, la fase de

decadencia se inició a los 44 dds hasta una S de 25 %.

En el C3 todas las epidemias mostraron una fase logarítmica prolongada que se extendieron hasta los 35 dds (Figura 3), a partir de allí se iniciaron las fases exponenciales que llegaron al final de la etapa vegetativa hasta un 75 % en los TB y TC, a 50 % en TA y sólo hasta un 5 % en TD.

Las tasas de infección K obtenidas por ciclo y su promedio por tratamiento durante los tres ciclos evaluados aparecen en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Tasas de infección (K) por tratamiento por ciclo y promedio por tratamiento para cada ciclo

Tratamiento	Ciclo	K	K Promedio
A	1	0,281	0,215
	2	0,187	
	3	0,177	
B	1	0,281	0,251
	2	0,266	
	3	0,205	
C	1	0,281	0,251
	2	0,266	
	3	0,205	
D	1	0,229	0,162
	2	0,157	
	3	0,102	

Producción y estimación de pérdidas de cosecha

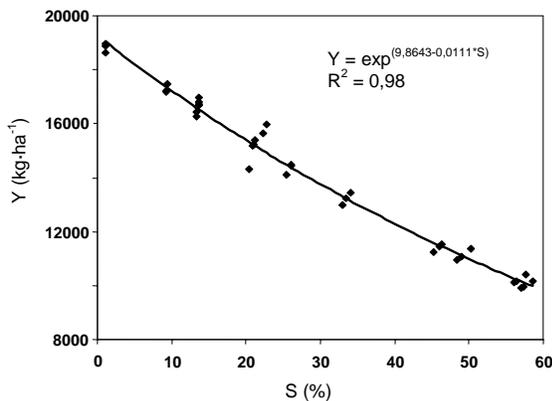
Previo al análisis de la varianza de la producción se probaron los cuatro supuestos del mismo confirmándose la normalidad de los errores, aditividad de los efectos del modelo, homogeneidad de la varianza e independencia de los errores para cada ciclo. Se encontró que el tratamiento TD superó estadísticamente a los otros tratamientos en los tres ciclos, mientras que el TC ocupó siempre el último lugar (Cuadro 4).

El coeficiente de correlación entre las variables Y y S fue de -0,79 lo que demuestra una alta relación, de manera negativa, para el rango de valores obtenidos. El análisis de regresión para establecer la ecuación que mejor explicó esta correlación mostró que fue el modelo exponencial $Y = e^{(9,8643-0,0111*S)}$ con un $R^2 = 0,98$; donde Y = Producción ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y S = Severidad (%) (Figura 4).

Cuadro 4. Prueba de comparación de medias para producción (Y) por ciclo

Ciclo	Tratamiento	Media
1	A	11.408,0 c
	B	13.216,0 b
	C	9.998,5 d
	D	14.334,0 a
2	A	16.544,0 b
	B	11.120,0 c
	C	10.233,0 d
	D	17.228,0 a
3	A	16.729,0 b
	B	15.320,0 c
	C	15.268,0 c
	D	18.834,0 a

Medias con igual letra no presentan diferencias significativas entre si según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)

**Figura 4.** Análisis de regresión de producción (Y) vs. severidad (S)

Evaluación económica

Durante el C1 se realizaron 11 aplicaciones de fungicidas, 9 en el C2 y 8 en el C3. Esto se debió a las diferentes condiciones de precipitación ocurridas durante cada uno de los ciclos (más lluviosas en el primer ciclo y menores en los restantes). Así, los costos de los fungicidas y su aplicación fueron mayores en el C1 (Cuadro 5).

En la última columna de este cuadro se observa que en C1 y C2 el TD dominó a los tratamientos restantes y sólo en el C3 el comportamiento fue diferente ya que dicho tratamiento no logró superar al tratamiento B.

Para el análisis marginal o de tasa de retorno marginal se trabajó sólo para el ciclo 3 ya que fue el único en el que no hubo dominancia total por parte de TD (Cuadro 6). Se observa que el TD tuvo una alta tasa de retorno marginal al ser

comparado con el TB.

DISCUSIÓN

Las CPE del tizón tardío para todos los tratamientos en el C1 presentaron una especie de solapamiento de dos curvas sigmoidales (Figura 1). La primera va desde 15 hasta 36 dds mientras que la segunda curva desde este día hasta el final del ciclo. El intervalo de estabilidad que permite la visualización de éstas dos curvas, aparentemente responde al efecto positivo de la aplicación de fungicidas en un corto período durante el cual las lluvias disminuyeron su intensidad, permitiendo que la severidad en campo no aumentara. Debido a que la precipitación ocurrida alcanzó valores muy altos (2049 mm durante el ciclo), se observa que la severidad ascendió a niveles cercanos al 100 % exceptuando a TD, que logró mantener la enfermedad a valores inferiores que los otros tratamientos en todo el ciclo, lo que a su vez permitió obtener rendimientos superiores. Durante el ciclo C2 las CPE obtenidas presentan diferencias de las que se puede inferir la eficiencia de los tratamientos para el control de la enfermedad (Figura 2). TB y TC muestran que comparativamente su capacidad para la detención de la enfermedad fue muy baja, siendo incluso superado por el tratamiento testigo (TA) en un 45 % y en un 75 % por el tratamiento que involucra el uso de azoxistrobin (TD). La precipitación acumulada para este ciclo fue de 1.085 mm Si bien en todos los casos se obtuvo producción, el análisis económico determinó que TD sería el tratamiento a recomendar.

En el ciclo C3, la precipitación fue la más baja de los tres experimentos (603 mm) y la enfermedad no se desarrolló como en los otros ciclos, por lo que se observan CPE que representan epidemias mucho menos agresivas (Figura 3). Sin embargo, se observa que TB y TC fueron los tratamientos menos eficientes para controlar la enfermedad, mostrando gran velocidad en sus epidemias cuando entraron en la fase exponencial. Se observa que TA fue bastante eficiente en impedir el incremento de la severidad, pero no logró alcanzar los niveles de control de TD que obtuvo una severidad de sólo 5 % al final del ciclo.

Cuadro 5. Análisis de rentabilidad, presupuesto parcial y dominancia por ciclo en el manejo del tizón tardío de la papa

Tratamiento	CI (\$·ha ⁻¹)	CM O (\$·ha ⁻¹)	CA (TCV) (\$·ha ⁻¹)	DL (\$·ha ⁻¹)	CT (\$·ha ⁻¹)	Y (kg·ha ⁻¹)	IB (\$·ha ⁻¹)	IN (IB-CT)	R (%) (IN/CT)x100	BN (\$·ha ⁻¹)	
CICLO 1											
TA	197,44		338,46		1.914,23	11.408,00	3.656,41	1.742,18	91,01	3.317,95	D
TB	160,90	141,03	301,92	1.575,77	1.877,69	13.216,00	4.235,90	2.358,21	125,59	3.933,97	D
TC	177,82		318,85		1.894,62	9.999,00	3.204,81	1.310,19	69,15	2.885,96	D
TD	159,23		300,26		1.876,03	14.334,00	4.594,23	2.718,21	144,89	4.293,97	
CICLO 2											
TA	161,54		276,92		1.852,69	16.544,00	5.302,56	3.449,87	186,21	5.025,64	D
TB	135,26	115,38	250,64	1.575,77	1.826,41	11.120,00	3.564,10	1.737,69	95,14	3.313,46	D
TC	149,10		264,49		1.840,26	10.233,00	3.279,81	1.439,55	78,23	3.015,32	D
TD	129,74		245,13		1.820,90	17.228,00	5.521,79	3.700,90	203,25	5.276,67	
CICLO 3											
TA	143,59		246,15		1.821,92	16.729,00	5.361,86	3.539,94	194,30	5.115,71	D
TB	110,26	102,56	212,82	1.575,77	1.788,59	15.320,00	4.910,26	3.121,67	174,53	4.697,44	
TC	122,56		225,13		1.800,90	15.268,00	4.893,59	3.092,69	171,73	4.668,46	D
TD	120,77		223,33		1.799,10	18.834,00	6.036,54	4.237,44	235,53	5.813,21	

T: Tratamiento, Y: Rendimiento, BB: Beneficio bruto, CI: Costo insumos, CMO: Costo mano de obra, CA: Costos de aplicación, TCV: Total costos variables, DL: Demás labores, CT: Costos totales, Y: Producción, IB: Ingreso bruto (~0,32 \$·kg⁻¹), IN: Ingreso neto, R: Rentabilidad, BN: Beneficios netos. Los tratamientos dominados por el primer tratamiento de la lista (de menor TCV) son denotados con la letra D según la prueba de dominancia (CIMMYT, 1988)

Cuadro 6. Análisis marginal en el manejo del tizón tardío de la papa para el ciclo C3

Tratamiento	TCV (\$·ha ⁻¹)	CM (\$/ha) TCV _D -TCV _B	BN (\$·ha ⁻¹)	BNM (\$/ha) BN _D -BN _B	TRM (%) (BNM/CM) x100
TB	212,82	10,51	4.697,44	1.115,77	10.613,41
TD	223,33		5.813,21		

TCV: Total costo variable, CM: Costo marginal, BN: Beneficio neto, BNM: Beneficio neto marginal, TRM: Tasa de retorno marginal

La tasa promedio de infección (K) durante los tres ciclos (Cuadro 3) muestra que la velocidad de la epidemia en TB, TC y TA (0,251; 0,251 y 0,215, respectivamente) superó abiertamente a la tasa del TD (0,162) que equivale a la tasa aceptada para un cultivar moderadamente resistente (0,16), siendo 0,21 la establecida para cultivares susceptibles (Vanderplank, 1963; Zadocks y Schein, 1979). Este resultado corrobora lo observado en las CPE, las cuales muestran en todo momento al TD en una línea de perfil más bajo y con etapas exponenciales menos pronunciadas.

Los registros de producción muestran que el TD fue el más eficiente en los tres ciclos. Así mismo, el TB, a pesar de no tener un buen efecto en los dos últimos ciclos, resultó como el segundo mejor tratamiento en el primer ciclo, en el cual, como se señaló anteriormente, se presentaron las condiciones más predisponentes para el desarrollo de la epidemia. El tratamiento testigo (TA), probablemente no funcionó adecuadamente por estar basado en la aplicación de fungicidas preventivos sin utilizar fungicidas sistémicos. Fue contraproducente la adición de surfactante a los fungicidas para el control del tizón tardío (TC), lo

cual se atribuyó a que este producto, al ejercer una acción de humectación de las hojas incrementaría el tiempo de permanencia de agua líquida en ellas, lo que según Agrios (1991) y Harrison (1992) favorece las condiciones para la penetración del patógeno a la planta. En general, el TD, al reducir la velocidad de multiplicación del patógeno permitió una producción mayor por el incremento de la relación fuente (hojas)/ sumidero (tubérculos). Resultados similares fueron encontrados por Olanya et al. (2001) quienes señalan que aplicaciones preventivas de Mancozeb tuvieron un efecto retardante en el desarrollo del tizón tardío y un efecto positivo en la acumulación de biomasa en las plantas.

En cuanto al análisis económico, el cual evalúa la estrategia del control químico del tizón y no los diferentes fungicidas (Thiele et al., 1999), se encontró que en cada uno de los análisis realizados se hizo evidente la superioridad del TD, el cual alcanzó la rentabilidad más alta y los mayores beneficios netos en cada uno de los ciclos, superando a casi todos los tratamientos y exhibiendo una alta tasa de retorno marginal al ser comparado en el ciclo C3 con el tratamiento TB.

CONCLUSIONES

Se determinaron las curvas de progreso del tizón tardío de la papa para tres ciclos y se halló que las tasas fueron siempre menores cuando se aplicó azoxistrobin intercalado con fungicidas sistémicos. Esta estrategia resultó ser epidemiológica y económicamente la más efectiva para el manejo de la enfermedad en las condiciones estudiadas.

La enfermedad afectó la producción del cultivo según el modelo $Y = e^{(9,8643-0,0111*S)}$ donde Y es la producción en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y S la severidad en porcentaje.

LITERATURA CITADA

1. Agrios, G. 1991. Fitopatología. Ed. Limusa. México.
2. CENAGRI. 1995. Censo Nacional Agrícola. Municipio Vargas. Dirección de Agrícola, Industrial y Comercial, Gobernación del estado Táchira. 34 pp.
3. CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones desde datos agronómicos: Manual metodológico de evaluación económica. Ed. CIMMYT. México, DF. 79 p.
4. Fernández-Northcote, E., O. Navia y A. Gandarillas. 2000. Basis of strategies for control of potato late blight developed by Proinpa in Bolivia. *Fitopatología* 35(3): 137-149.
5. Fry, W. 1977. Integrated control of potato late-blight-effects of polygenic resistance and techniques of timing fungicide applications. *Phytopathology* 67(3): 415-420.
6. Fry, W. y S. Goodwin. 1997. Reemergence of potato and tomato late blight in the United States. *Plant Disease* 81(12): 1349-1357.
7. García, J., T. Correa, F. Gastelum, T. Orum, C. Wasmann y M. Nelson. 2000. Temporal and spatial patterns of genetic structure of *Phytophthora infestans* from tomato and potato in the Del Fuerte Valley. *Phytopathology* 90(11): 1188-1195.
8. Garrett, K., R. Nelson, C. Mundt, G. Chacón, R. Jaramillo y G. Forbes. 2001. The effects of host diversity and other management components on epidemics of potato late blight in the humid highland tropics. *Phytopathology* 91 (10): 993-1000.
9. Gaunt, R. 1987. Measurement of Disease and Pathogens. *In*: P. S. Teng (ed.). Crop Loss Assessment and Pest Management. APS Press. Saint Paul.
10. Guamán S., R. Torrez, J. Quiroga, T. Graham. 1999. Estudio de línea base del manejo del tizón de la papa en Cochabamba. Red Electrónica de la Papa. <http://redepapa.org/socioeconomica/red.html>. (Consulta del 31/08/2004).
11. Harrison, J. 1992. Effect of aerial environment on late blight of potato foliage-a review. *Review Plant Pathology* 41(4): 384-416.
12. 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.
13. Olanya, O., R. El-Bedwy, P. Ojiambo, P. Ewell y J. Hakiza. 2001. Relationships of fungicide application to late-blight development and potato growth parameters in the tropical highland of Uganda and Kenya. CIP Program Report. <http://www.cipotato.org/market/PgmRprts/pr99-00/>. (Consulta del 22/08/2004).
14. Thiele, G., O. Navia y E. Fernández-Northcote. 1999. Análisis económico de la estrategia de control químico del tizón (*Phytophthora infestans*) para cultivares de papa susceptibles en Cochabamba, Bolivia. Red Electrónica de la Papa. <http://redepapa.org/socioeconomicared.html> (Consulta del 31/08/2004)
15. Vanderplank, J. E. 1963. Plant Diseases: Epidemics and Control. Academic Press. New York. 216 pp.
16. Zadocks, J. y R. Schein. 1979. Epidemiology and Plant Disease Management. Oxford University Press. Oxford. 427 pp.
17. Zwakhuzen, M., F. Govers y J. Zadocks. 1998. Development of potato late blight epidemics: disease foci, gradients, and infection sources. *Phytopathology* 88(8): 754-763.