

Estrategias de control químico del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) de la papa

Joanne Parker; Oscar Navia M *

RESUMEN

Se estudió la eficiencia de diferentes estrategias con productos químicos para controlar el tizón tardío de la papa. El ensayo se estableció en la localidad de Chullchunqani, Cochabamba, Bolivia, utilizando los cultivares Alpha (susceptible), Waych'a (moderadamente resistente) y Puka Toralapa (resistente); y cuatro estrategias de control químico: T1 = Manzate 200 (mancozeb) cada 15 días; T2 = Manzate alternado con Ridomil MZ (metalaxil-mancozeb) en forma alternada cada 15 días; T3 = Manzate de acuerdo al avance de la enfermedad, y sólo en periodo crítico Ridomil MZ; T4 = Manzate (dos aplicaciones), Cobox (oxicloruro de cobre, 1 aplicación), Manzate (tres aplicaciones), Cobox (1 aplicación) y sólo en periodo crítico Ridomil MZ. En el cultivar Alpha la estrategia más eficaz, con el menor grado de daño AUDPC (Área Debajo de la Curva de Progreso de la Enfermedad), fue la de la aplicación de Manzate en forma fija cada 15 días (T1) con diferencia significativa respecto a las demás estrategias. En los cultivares Waych'a y Puka Toralapa no existieron diferencias significativas entre las cuatro estrategias. El mayor rendimiento en Puka Toralapa se obtuvo con la estrategia T1, con diferencia significativa respecto a las demás estrategias. En Waych'a y Alpha no existieron diferencias significativas en rendimiento entre las diferentes estrategias. El análisis económico establece que en Alpha y Puka Toralapa se obtuvo el mayor beneficio neto y tasa de retorno marginal con la estrategia T1, pero en Waych'a con la estrategia T4, debido a que una unidad experimental de la estrategia T1 sufrió un ataque intenso de un foco infeccioso cercano.

Palabras claves adicionales: AUDPC, tasa de retorno marginal.

Aceptada para publicación: octubre 4, 1992

* Ph.D., Ing. Agr., Jefe e Investigador Dpto. Fitopatología PROINPA (IBTA-CIP-COTES U). Casilla 4285. Cochabamba, Bolivia. Miembros de la Asociación Boliviana de Protección Vegetal (ABPV) y la Asociación Latinoamericana de la Papa (ALAP).

SUMMARY

Chemical Control Strategies for Late Blight (*Phytophthora infestans*) in Potato

Different chemical control strategies for late blight were compared in Chullchunqani, Cochabamba, Bolivia. Cultivars Alpha (susceptible to late blight), Waych'a (moderately resistant) and Puka Toralapa (resistant) were used to test four chemical control strategies: T1 = Manzate 200 (mancozeb) every 15 days; T2 = Manzate alternated with Ridomil MZ (metalaxyl-mancozeb) every 15 days; T3 = Manzate applied as the disease advanced, and Ridomil MZ applied only during the critical period; T4 = Manzate (2 applications), Cobox (copper oxychloride, 1 application), Manzate (3 applications), Cobox (1 application), and Ridomil MZ only during critical periods. In Alpha, the most effective strategy with the lowest AUDPC (area under the disease progress curve) was the regular application of Manzate every 15 days (T1), showing a significant difference compared to the other strategies. In Waych'a and Puka Toralapa, no significant differences were found between strategies. Significantly higher yields were obtained with the T1 strategy as compared to the others in Puka Toralapa, while no significant differences in yield were found between strategies for Waych'a and Alpha. The partial budget economic analysis showed that the highest net benefit and rate of marginal return were obtained with T1 in Alpha and Puka Toralapa; in Waych'a, however, they were obtained with T4 because of a severe attack of late blight in one experimental unit of T1, due to a highly infectious source of inoculum nearby.

Additional index words: AUDPC, rate of marginal return

INTRODUCCIÓN

El tizón tardío causado por el hongo *Phytophthora infestans* (Moni.) De Bary es probablemente la enfermedad más importante de la papa en Bolivia (19) y también en el mundo (14, 26). Bajo condiciones favorables de temperatura y humedad relativa es responsable de pérdidas económicas de consideración (1, 24) limitando la producción de la papa, ya que si no es controlado, las pérdidas pueden llegar a 100 % e, incluso, con niveles más bajos de infección la cosecha puede resultar no apta para el almacenamiento (14).

En Bolivia, esta enfermedad tiene diferentes denominaciones por los agricultores, de acuerdo a las zonas donde se presenta, como ser : t'ojtu, k'asparillo, pasmo, p'aki-p'aki, lluphi, k'anura, y otras.

Según Otazú, Hoopes y Caero (22), las principales zonas donde se presenta son Escalante, Monte Punku, Epizana, Candelaria, Morochata, Tiraque, Capinota y el Valle Bajo en Cochabamba; Comarapa, San Isidro y Valle Grande en Santa Cruz y también en las partes bajas de los departamentos de Tanja, La Paz, Potosí y Chuquisaca.

Actualmente, el método más eficaz de control es el químico, y según Thurston y Schultz (26) ingentes cantidades de fungicidas se aplican a la papa en todo el mundo con el fin de protegerla contra *P. infestans*. En un cultivo susceptible, pueden ser necesarias hasta 15 aplicaciones por temporada (14), e incluso 15 a 20 aplicaciones en ciertas regiones andinas de Sud América, donde el ciclo vegetativo de las papas andinas es largo y el clima es favorable para el desarrollo del patógeno (15, 24).

Henfling (14) indica que no se puede dar recomendaciones generales para la aplicación de fungicidas, puesto que la disponibilidad, la eficacia, las condiciones y los reglamentos varían de un país a otro; y para dar recomendaciones adecuadas en un área particular, se debe recurrir a los expertos locales.

En Bolivia se han realizado investigaciones sobre control químico del tizón tardío, probándose diferentes productos químicos, principalmente por técnicos de la Estación Experimental de Toralapa, desde 1963 (6, 12) y por Loayza (17). Sin embargo, aún no existen estrategias a nivel de agricultor para un adecuado control químico del tizón tardío, que incluyan modificaciones por cultivar y el producto o series de productos que se utilizan, con el fin de disminuir el uso y por lo tanto, el costo del control.

Con base en estos antecedentes, se realizó el presente trabajo de investigación, para determinar la eficiencia de diferentes estrategias con fungicidas en el control del tizón tardío de la papa, determinar cuál es más eficiente y económico para el control de esta enfermedad y cuál es la más adecuada para cada cultivar, bajo las condiciones ambientales presentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

a) Procedimiento experimental

El ensayo se estableció en la localidad de Chullchunqani, del departamento de Cochabamba (3000 msnm), donde se presentan condiciones ambientales favorables para el ataque del tizón tardío. Se utilizaron los fungicidas mancozeb (Manzate 200, preventivo), oxiclورو

de cobre (Cobox, preventivo) y metalaxil-mancozeb (Ridomil MZ, sistémico-preventivo) en diferentes estrategias, aplicados a las dosis medias recomendadas, con un total de 5 a 7 aplicaciones.

El diseño experimental utilizado fue parcelas divididas con tres cultivares (parcelas), cuatro estrategias (subparcelas) y cuatro repeticiones. Los cultivares fueron Alpha (susceptible a tizón tardío), Waych'a (moderadamente resistente) y Puka Toralapa (resistente).

Las estrategias de control con fungicidas fueron:

- T1 = Manzate, cada 15 días, comenzando 15 días después de 80% de emergencia.
- T2 = Manzate y Ridomil MZ en forma alternada, cada 15 días, comenzando con Manzate 15 días después de emergencia.
- T3 = Manzate, de acuerdo al avance de la epidemia, comenzando después que se observaron las primeras lesiones; y aplicando Ridomil MZ sólo en el período más crítico.
- T4 = Manzate (dos aplicaciones), Cobox (1 aplicación), Manzate (tres aplicaciones), Cobox (1 aplicación); aplicando Ridomil MZ sólo en período crítico.

La unidad experimental tuvo las siguientes características:

Distancia entre surcos	=	0.70 m
Largo del surco	=	4.5 m
No surcos/ unidad exp.	=	4
No. plantas/surco	=	15
Área total ensayo	=	1210 m

b) Metodología de campo

Durante el ciclo del cultivo, se determinó el grado de daño o porcentaje de follaje afectado cada siete días empezando con las primeras lesiones, utilizando una escala modificada de la Sociedad Británica de Micología, elaborada en base a porcentajes directos (O a 100%) (2).

La cosecha se realizó en los dos surcos centrales de cada unidad experimental, eliminando los surcos laterales para evitar efectos de bordura y arrastre de fungicida.

c) Análisis estadístico

Con los datos de grado de daño, se realizó el cálculo de AUDPC (Área Under the Disease Progress Curve o área debajo de la curva de progreso de la enfermedad), mediante la fórmula descrita por Shaner y Finney (23), para obtener un solo dato para comparaciones estadísticas:

$$\text{AUDPC}_i = \frac{\sum_{i=1}^n ((X_{i+1} + X_i)/2)(T_{i+1} - t_i)}{1}$$

Donde:

X_i = la proporción del tejido afectado en la observación i
 $(T_{i+1} - t_i)$ = tiempo (días) entre dos lecturas
 n = número total de observaciones

Con estos datos de AUDPC y rendimiento se realizaron análisis de varianza y pruebas múltiples de Duncan (16), y un análisis económico de presupuesto parcial siguiendo los lineamientos del CIMMYT (7).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a) Grado de daño

Estableciendo el análisis de varianza, diferencias significativas para la interacción de variedades por estrategias, se realizó la prueba de Duncan. En la Figura 1, se observa que en el cultivar Alpha el menor grado de daño (AUDPC) se obtuvo con la estrategia de la aplicación de Manzate en forma fija cada 15 días (T1), con diferencia significativa ($P < 0.05$) comparándola con las estrategias (T3), (T2) y (T4), con valores de 32.16, 33.99 y 35.74, respectivamente. En los cultivares Waych'a y Puka Toralapa, el grado de daño (AUDPC) no varió significativamente entre las cuatro estrategias.

El cultivar Alpha mostró diferencias significativas entre las estrategias químicas debido a que es un cultivar susceptible al tizón tardío (AUDPC = 32.46), y por lo tanto, reacciona con más sensibilidad a las diferentes estrategias químicas.

Al respecto, Tegera (25) comparó el efecto de la aplicación de mancozeb (Dithane) sobre el rendimiento, con un cultivar resistente al tizón tardío (Sangema) versus un cultivar sensible (Marilahinda), y estableció que este último tuvo un incremento marcado

en sus rendimientos (385 % más con respecto al testigo), mientras que el cultivar resistente, Sangema, tuvo un incremento de sólo 185 % más con respecto al testigo. Christ (8) encontró resultados similares en el control del tizón temprano.

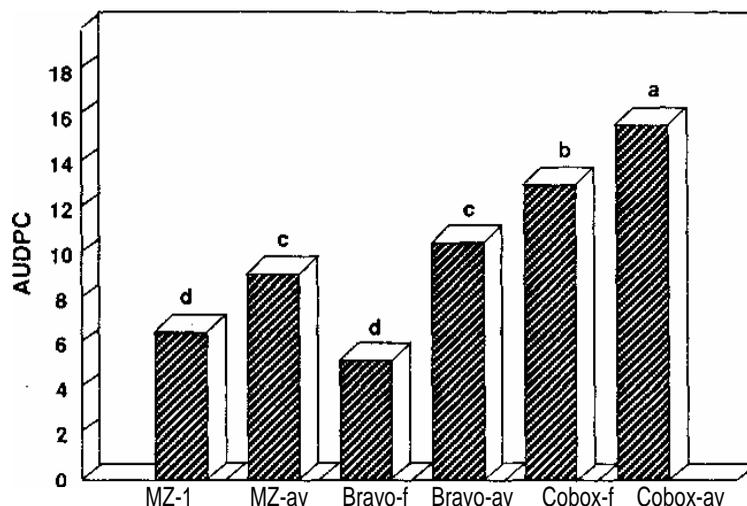


Figura 1. Áreas debajo de la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC) de manchas foliares en papa bajo seis estrategias de control químico. "I" = aplicación fija; "av" = aplicación de acuerdo al avance de la enfermedad.

En cuanto al grado de daño en Waych'a y Puka Toralapa, a pesar de que la estrategia T1 tuvo el menor grado de daño en ambos cultivares, no hubo diferencias significativas entre las estrategias, debido probablemente a que éstos son cultivares moderadamente resistentes y resistentes al tizón tardío (AUDPC= 17.59 y 3.020, respectivamente), y por lo tanto, reaccionaron con menor sensibilidad en respuesta a las estrategias químicas.

La aplicación de Manzate en forma fija cada 15 días controló más eficientemente el tizón tardío, por ser un producto de contacto que actúa en forma preventiva, inhibiendo la germinación y penetración de las esporas, que, además tiene persistencia en las hojas y resiste a las lluvias (4, 5, 14). Nuestros resultados corroboran lo señalado por Mantecon y Escande (18) y Evo *et. al.* (13), quienes establecieron como el tratamiento más eficaz y rentable el uso de mancozeb, probando nueve y doce tratamientos químicos, respectivamente.

b. Rendimiento

La interacción variedades-estrategias fue significativa según el análisis de varianza; utilizando la prueba de Duncan se mostró que en Puka Toralapa se obtuvo el mayor rendimiento con la estrategia de Manzate aplicado cada 15 días en forma fija (T1) con diferencia significativa ($P < 0.05$) respecto a las otras estrategias (T2, T4 y T3). En los cultivares Waych'a y Alpha no se observaron diferencias significativas entre las estrategias químicas; sin embargo, la estrategia T1 en Alpha mostró rendimientos levemente más altos, y en Waych'a los rendimientos bajaron porque una unidad experimental de T1 sufrió un ataque intenso por un foco infeccioso cercano (Figura 2). Estos resultados en cuanto a rendimiento corroboran lo encontrado por otros autores (3, 20).

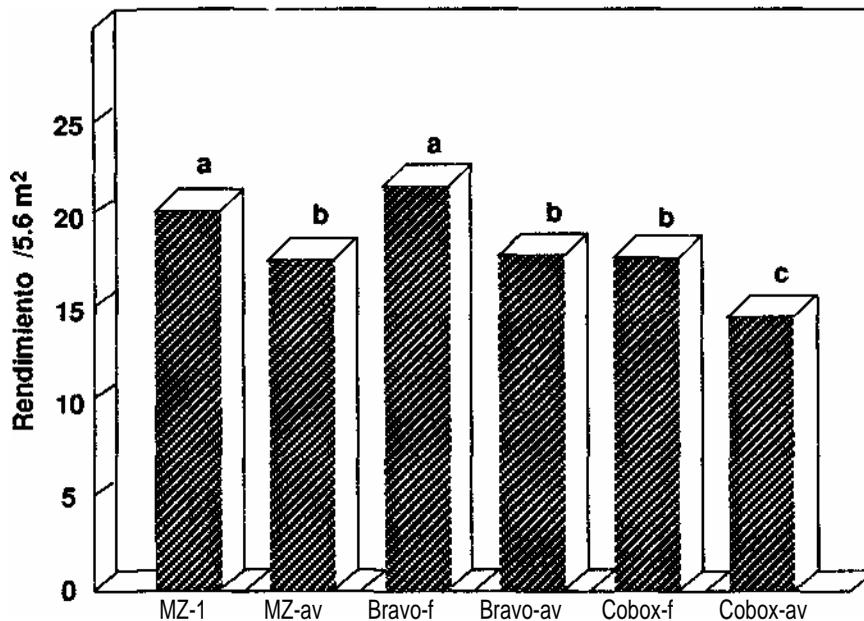


Figura 2. Rendimiento bajo seis estrategias de control químico de manchas foliares fungosas
 "I" = aplicación fija; "av" = aplicación de acuerdo al avance

El fungicida sistémico Ridomil MZ (metalaxil-mancozeb) es señalado como un producto eficaz para el control del tizón tardío por varios autores (6, 9, 11, 17, 21). Sin embargo, en el presente estudio, Ridomil MZ no mostró su eficacia, debido probablemente a que en estas zonas el patógeno hubiera podido adquirir resistencia a este fungicida por el uso indiscriminado que se le ha dado.

c) Análisis Económico

El análisis económico (Tabla 1) establece que, en Alpha y Puka Toralapa, se obtuvo el mayor beneficio neto (10377.75 y 33164.07 Bs/ha, respectivamente) y el mayor porcentaje de retorno marginal (10577.05 y 5679.17%, respectivamente) con la estrategia de aplicación de Manzate cada 15 días (T1), por ser éste un producto de bajo costo. Resultados similares fueron encontrados por De y Sengupta (10), quienes compararon cuatro fungicidas, y determinaron que el mancozeb tuvo la menor incidencia, los mayores rendimientos y el mayor beneficio económico.

Tabla 1. Análisis económico de retorno marginal (AERM)¹

Trat.	Rend. kg/ha	Benef. Neto Bs/ha	Costo Variable Bs/ha	Incremento Beneficio Neto Bs/ha	Marg. Costo Var. Bs/ha	Tasa Retorno Marginal %
cv. Alpha						
T4	9357.1	7228.1	654		DOMINADO	
T2	10339.3	8143.4	578		DOMINADO	
T1	11732.1	10337.8	516	1269.25	12	10577.1
T3	11285.7	9108.5	504	-	-	
cv. Waych'a						
T2	11846.4	10579.9	738		DOMINADO	
T4	11874.9	10720.2	678	2622.71	88	2980.3
T3	9107.1	8097.5	590	783.2	74	1058.3
T1	8160.7	7314.3	516	-	-	
cv. Puka Toralapa						
T2	27035.7	26871.5	824		DOMINADO	
T4	26446.4	26110.1	606		DOMINADO	
T1	32660.7	33164.1	602	9768.18	172	5679.2
T3	24240.7	23395.9	430	-	-	

Se asume una pérdida del 10 % de la cosecha.
Cambio dolar: 1 \$US = 3.61 Bs.

(Fuente: Banco del Estado, agosto 1991)

¹ El análisis económico se realizó con base en un presupuesto parcial. Según el CIMMYT (7), debido a que lo importante son las diferencias entre los dos tratamientos, más que sus valores absolutos, los costos que no varían entre tratamientos no afectarán el cálculo de la tasa de retorno marginal.

En Waych'a, la estrategia T4 (2 Manzate, 1 Cobox, 3 Manzate, 1 Cobox) mostró el mayor beneficio neto (11874.99 Bs/ha) y el mayor porcentaje de retorno marginal con un valor de 2980.3 %, debido, como ya indicamos, a que una unidad experimental de la estrategia T1 sufrió un ataque intenso, lo cual bajó sus rendimientos.

El método del CIMMYT utilizado aquí, normalmente da retornos marginales de alto porcentaje, por lo tanto, es más apropiado comparar los retornos de los tratamientos en forma relativa.

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones establecidas son :

- La estrategia más eficaz y económica, bajo las condiciones ambientales presentes, y para los cultivares Alpha y Puka Toralapa, fue la aplicación de Manzate (mancozeb) en forma fija cada 15 días, empezando 15 días después de emergencia.
- Para el cultivar Waych'a, la estrategia más eficiente y económica fue T4 (2 Manzate, 1 Cobox, 3 Manzate, 1 Cobox). La estrategia de aplicación de Manzate en forma fija (T1), no fue la más eficiente en este cultivar, debido a que una unidad experimental sufrió un ataque intenso por un foco infeccioso cercano.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Proyecto PROINPA (IBTA-CIP-COTESU) por las facilidades prestadas para la realización de esta investigación y al Dr. Nelson Estrada por la revisión y sugerencias realizadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alexopoulos, C.I.; Mins, C.W. 1979. Introductory Mycology. Third ed. John Wiley and Sons. New York, Chichester, Brisbane, Toronto. 632 p.
2. Anonymous. 1947. The measurement of potato blight. Trans. Br. Mycol. Soc. 31: 140-141.
3. Bazán de Segura, C. 1953. Experimento comparativo de fungicidas para el control del "huelo" de la papa, en el valle de Carabayllo. Estación Experimental Agrícola de "La Molina". Ministerio de Agricultura. Lima, Perú. 16 p.
4. Benson, D.M. 1979. Efficacy and *in vitro* activity of two systemic acylalanines and ethazole for control of *Phytophthora cinnamomi* root rot of Azalea. Phytopathology 69: 174-178.
5. Bruck, R.I.; Fry, W.F.; Mundt, C.C. 1981. Effect of protectant fungicides on the developmental stages of *Phytophthora infestans* in potato foliage. Phytopathology 71 (2):164-166.
6. Caero, G.W.; Brown, W.; Otazú, V. 1982. Control químico del tizón tardío *Phytophthora infestans* de la papa en Bolivia. Consortium For International Development C.I.D. La Paz, Bolivia. p. 127-130.
7. CIMMYT. 1988. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Ed. completamente revisada. México,D.F., México: CIMMYT.
8. Christ, B.J. Influence of potato cultivars on the effectiveness of fungicide control of early blight. American Potato Journal 67 (7): 419-425.
9. Cooke, L.R.; Clifford, D.R.; Roigate, M.E. 1981. Control of potato late blight (*P. infestans*) with systemic fungicides. Pestic. Sci. 12: 678-684.
10. De, D.K.; Sengupta, P.C. 1988. Studies on spray schedule of fungicides against late blight disease of potato caused by *Phytophthora infestans*. Indian Agriculturist 32: 7-11.
11. Dickinson, C.H.; Lucas, J.A. 1987. Patología vegetal y patógenos de plantas. Versión española por Manuel Guzmán O. México D.F., Ed. LIMUSA. p. 257-259.

12. Estación Experimental Toralapa. 1981-82. Comparativo de fungicidas para el control de *P. infestans* (Mont) De Bary. Informe no publicado. Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios I.B.T.A. Cochabamba, Bolivia.
13. Evo, E.P.; Ochoa, R.; Baba, T.; Monterroso, D. 1987. Criterios de aplicación de fungicidas sistémicos y del manejo del patosistema *Phytophthora-Solanum*. Fitopatología 22 (2): 58.
14. Henfling, J.W. 1987. El tizón tardío de la papa: *Phytophthora infestans*. 2^a ed. revisada. Lima, Centro Internacional de la Papa (CIP). 25 p. (Boletín de Información Técnica 4).
15. Hodgson, W.A. 1963. The erradicant effect of some fungicides on Potato Late Blight. Am. Potato J. 40:143-148.
16. Little, T. y HILLS, J. 1987. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Séptima reimpresión. México D.F., Editorial Trillas. 270 P-
17. Loayza, P. 1988. Control químico de *P. infestans* (Mont) De Bary en el cultivo de papa en la región de Independencia. Tesis Ing. Agr. Cochabamba, Bolivia, Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias "Martín Cárdenas". 133 p.
18. Mantecón, J.; Escande, A. 1985. Eficacia de tratamientos químicos para controlar el tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans* (Mont) De Bary). Balcarce (Argentina), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 11 p. (Boletín Técnico INTA N° 96).
19. Parker, J.; Navia, O. 1991. Estrategias de control químico del tizón tardío (*Phytophthora infestans*). En: Informe Anual 1990-91 del Proyecto de Investigación de la Papa PROINPA (IBTA-CIP-COTESU), p. 45-74.
20. Platt, H.W. 1980. Efficacy of chemical control of Potato Late Blight. In, Agriculture Canada, p. 92-93.
21. Platt, H.W. 1982. Fungicides for the eradication of Potato Late Blight. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú. 89 p.
22. Otazú, V.; Hoopes, R.W.; Caero, G. 1982. El tizón tardío de la papa y su control. Cochabamba (Bolivia), Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA)-Consortio Internacional para el Desarrollo (CID). (Boletín Técnico).
23. Shaner, G.; Finney, R.E. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheal. Phytopathology 67: 1051-1056.

24. Stakman, E.C.; Harrar, J.G. 1968. Principios de patología vegetal. Trad. Juan Lindquist. 2^a ed. Argentina, EUDEBA. 603 p.
25. Tegera, P. 1989. Utilization des fongicides contre le mildiou de la pomme de terre au Rwanda. Institut des Sciences Agronomiques du Rwanda (ISAR), Programme National D'amélioration de la pomme de terre (PNAP). Séminaire tenu á Ruhengeri du 2-5 Mai. p. 16-18.
26. Thurston, H.D.; Schultz, O. 1980. Tizón tardío. *En*: Hooker EJ. (ed.). Compendio de Enfermedades de la Papa. Trad. por Dra. Teresa Ames de Icochea. Lima-Perú, Centro Internacional de la Papa (CIP). p. 56-60.