

FRECUENCIAS DE APLICACIONES DEL FUNGICIDA
CLOROTALONIL 82.5 PARA EL MANEJO
DE *Phytophthora infestans* EN TRES VARIEDADES DE PAPA

Rodrigo A. Morales A¹; Jorge Muñoz²

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar el intervalo de aplicación del fungicida Clorotalonil 82.5 para el manejo del hongo *Phytophthora infestans* en las variedades de papa Amigo, Granola e IDIAP-92, durante la época lluviosa. Se estableció en Cerro Punta, Chiqui, en el periodo de agosto a diciembre de 1998. Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar con arreglo de Parcelas Divididas y cuatro repeticiones. La parcela principal fue variedades de papa (Amigo, Granola e IDIAP-92), y la subparcela, los intervalos de aplicaciones del fungicida Clorotalonil 82.5 a 0.9 kg po/ha, a saber: 3,6,9,12 y 15 días después de la emergencia del cultivo. La práctica del productor, en la época lluviosa es fumigar cada tres días. En todos los tratamientos a los 30 DDE del cultivo se aplicó el fungicida Metalaxil CT 60 WP. El área de la parcela efectiva fue de 9 m². En la parcela efectiva se realizaron lecturas semanales de infección al follaje causado por el hongo *P. infestans*, utilizando una escala arbitraria en porcentaje. Donde 0 es igual a la planta sana y 100 corresponde a la planta muerta. En este ensayo se realizaron ocho lecturas por tratamiento, calculándose luego el Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (AUDPC) y se registraron los rendimientos comerciales, como parámetros de eficacia biológica. Con aplicaciones del fungicida Clorotalonil 82.5 a intervalos de seis días después de emergencia de la variedad resistente, IDIAP-92, se registró un valor del AUDPC de 825, rendimientos comerciales promedio de 33.25 t/ha, y la mayor Tasa de Retorno Marginal (4327 por ciento).

PALABRAS CLAVES: *Phytophthora infestans*; fungicida, Clorotalonil; control químico, variedades; Panamá.

¹ Ingeniero Agrónomo, M. Sc. Fitopatología. Director Nacional de Investigación Agrícola. IDIAP.

² Agrónomo. Subcentro de Cerro Punta. IDIAP - CIAOC.

APPLICATION FREQUENCIES OF CLOROTALONIL FUNGICIDE 82.5 FOR THE HANDLING OF *Phytophthora infestans* IN THREE POTATO VARIETIES

The objective of this study was to determine the application interval for Clorotalonil 82.5 fungicide for the handling of the *Phytophthora infestans* fungus in Amigo, Granola and IDIAP-92 potato varieties during the raining season. It was established in Cerro Punta, Chiriquí during the period August to December of 1998. It was utilized a completely randomized block design in a split-plot arrangement with four repetitions. The principal plot was the varieties (Amigo, Granola and IDIAP-92) and the subplot was the application intervals of Clorotalonil 82.5 fungicide with doses of 0.9 kg pc/ha at 3, 6, 12 and 15 days after the emergence (DAE) of the cultivation. Producer practice during the raining season is spraying every three days. In all treatments at 30 DAE (formation of tuber phase), the Metalaxil CT 60 WP fungicide was applied. The effective area of the plot was of 9.0 m². In these plots, measurements of the foliage infection caused by *Phytophthora infestans* were done weekly using an arbitrary scale expressed in percentage. Zero is equal to healthy plant and 100 are equal to death plant. Eight measurements were done per treatment and the area under disease progress (AUDPC) curve was calculated. Also, commercial yields were recorded as biological efficiency parameters. With applications of Clorotalonil 82.5 fungicide at 6 DAE in IDIAP-92 showed a value of the AUDPC of 825, average commercial yields of 33.25 t/ha and the higher Marginal Return Rate (4327 per cent).

INTRODUCCIÓN

El hongo *Phytophthora infestans*, agente causal del tizón tardío de la papa, es un patógeno de gran potencial destructivo en muchas especies de la familia Solanaceae, principalmente en papa y tomate. El tizón tardío de la papa, bajo condiciones ambientales favorables, como las de Centro América, puede destruir totalmente una plantación en corto tiempo si no se aplican medidas de control oportunas (Flores y Parga, 1993; Mooi, 1977; Morales y Muñoz, 1993).

Actualmente se gastan sumas exorbitantes en fungicidas para el control de *P. infestans* en el cultivo de papa. De acuerdo a la FAO (1995), se gasta en fungicidas alrededor de 1.8 billones de dólares y en los países en desarrollo gastan 600 millones de dólares en el control del tizón tardío de la papa. Por otra parte, los fungicidas utilizados para el control de esta enfermedad no sólo son potencialmente peligrosos y costosos, sino también que están seleccionando variantes resistentes (Coffey y Wilson, 1983).

Se han reportado variaciones en la susceptibilidad al fungicida Metalaxyl, lo cual dificulta su utilización en programas de manejo del tizón tardío de la papa en muchas localidades del mundo; entre éstas, Irlanda del Norte, Europa, Israel y los Estados Unidos (Fehman y Dimond, 1967; Morales, 1998).

La resistencia al Metalaxyl incluye a todos los fungicidas de composición similar dentro del grupo de las acilalaninas, siendo detectada inicialmente en México por medio del marcador de aloenzimas. Shattock y colaboradores (1990) al estudiar la genética de la resistencia al Metalaxyl demostró que la herencia de la resistencia está gobernada por un simple gen con dominancia incompleta.

A pesar de que los fungicidas junto con la resistencia genética habían funcionado bien en diversas partes del mundo, entre éstas: México, Costa Rica, Panamá y Perú, se registraron a mediados de 1980, epidemias severas de tizón tardío, acompañadas por la pérdida de la efectividad de los fungicidas (Morales, 1998; Morales y Muñoz, 1993).

Morales y Muñoz (1993) reportaron que en Panamá, el productor de las tierras altas (Cerro Punta y Boquete) conocedor de las condiciones agroclimáticas de su zona de trabajo, acierta en proteger químicamente a la variedad Granola (variedad más cultivada) en la época lluviosa (época de mayor presión de *P. infestans*)

cada tres días. Además, indica que con aplicaciones de Clorotalonil 720 se disminuyó la velocidad de desarrollo de la enfermedad tizón tardío y por consiguiente, se aumentaron significativamente los rendimientos comerciales.

Actualmente, para estudiar el comportamiento de la epidemia del tizón tardío de la papa, se incorpora el parámetro de Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad (AUDPC), que es la integración de la intensidad de la enfermedad entre dos tiempos, cuyo valor puede expresarse en términos absolutos y en unidades expresadas en proporciones por día (Campbell y Madden, 1990; Fry, 1978; Fry y Apple, 1986).

El AUDPC es una herramienta de gran utilidad para la comparación estadística de una epidemia, a través de diversos parámetros, tales como el inicio y final de la enfermedad, desviación estándar de error, análisis de variancia y multivariancias. Estos parámetros pueden ser incorporados y describen una curva de progreso de la enfermedad (Campbell y Madden, 1990).

Fry y Apple (1986) reportaron que para medir el comportamiento de una epidemia en el tiempo, es más conveniente y confiable estimar el parámetro AUDPC que la tasa aparente de infección, ya que ésta última requiere de transformaciones.

Considerando la importancia de las pruebas de eficacia biológica de fungicidas para el manejo del patógeno *P. infestans*, con variedades de papa susceptibles y resistentes, en el presente trabajo de investigación se trazó el siguiente objetivo:

- ◆ Determinar el intervalo de aplicación del fungicida Clorotalonil 82.5 más eficaz para el manejo del hongo *P. infestans* en las variedades de papa Amigo, Granola e IDIAP-92, en la época lluviosa.

MATERIALES Y METODOS

La frecuencia de aplicación del fungicida Clorotalonil 82.5 más eficaz para el manejo del hongo *P. infestans* en el cultivo de papa, se determinó en un ensayo establecido en la finca de un productor en la localidad de Cerro Punta, provincia de Chiriquí, endémica para la enfermedad del tizón tardío. Las características agroecológicas del lugar fueron: 8°51'09" latitud Norte, 82°34'19" latitud Oeste; altitud 1940 msnm; temperatura, 19.76°C/mes; humedad relativa, 90.3%; precipitación, 237.98 mm/mes. Esta prueba se realizó en el periodo agosto a diciembre de 1998.

Las condiciones ambientales registradas durante el periodo en que se realizó el estudio, favorecieron una buena esporulación del patógeno y una

producción abundante de espo-rangios (estructuras propagativas del patógeno), los cuales son factores importantes para el desarrollo del tizón tardío de la papa.

El diseño experimental utilizado fue el de Bloques Completos al Azar con arreglo de Parcelas Divididas y cuatro repeticiones. La parcela principal fue variedades de papa (Amigo, Granola e IDIAP-92) y la subparcela los intervalos de aplicaciones del fungicida Clorotalonil 82.5 a 0.9 kg pc/ha; a saber: 3, 6, 9, 12 y 15 días después de la emergencia del cultivo (DDE). Es importante indicar que los productores en la época lluviosa fumigan cada tres días. En todos los tratamientos a los 30 DDE del cultivo (en la fase de tuberización) se aplicó el fungicida Metalaxil CT 60 WP con modo de acción sistémica y efecto curativo.

La unidad experimental consistió de cuatro surcos de cinco metros de largo, separados a 0.90 m entre surcos y 0.40 m entre tubérculos-semillas. El área de la parcela total fue de 18 m² con una parcela efectiva de 9 m².

En los dos surcos centrales (parcela efectiva) se realizaron lecturas semanales de infección al follaje causado por el hongo *P. infestans*, utilizando una escala arbitraria en porcentaje, donde 0 es igual a la planta sana y 100 corresponde a la planta muerta (Fry, 1978). En este ensayo se realizaron ocho

lecturas por tratamiento, calculándose luego el AUDPC como parámetro de eficacia biológica.

La cosecha se hizo cuando cada variedad completó su ciclo biológico, registrándose el peso promedio de tubérculos comerciales y se realizó el análisis económico de presupuestos parciales (CIMMYT, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presenta el efecto de las aplicaciones de Clorotalonil 82.5 sobre el AUDPC. Se detectaron diferencias significativas entre variedades y frecuencias de aplicaciones ($P < 0.01$). Para la interacción variedad por frecuencia de aplicación, también hubo diferencias estadísticas significativas ($P < 0.01$). Estos resultados reflejan que las variedades varían significativamente entre sí en la supresión de infección por el tizón tardío por efecto de las aplicaciones del fungicida Clorotalonil 82.5 y que existe interacción entre las variedades por frecuencia de aplicación, indicando que las variedades de papa estudiadas (Amigo, Granola e IDIAP-92) se comportan diferencialmente en la intensidad de desarrollo del tizón tardío en las diversas aplicaciones del Clorotalonil 82.5.

Los valores promedios de AUDPC obtenidos en la prueba, como parámetro

de la eficiencia de fungicida por variedad de papa, muestra un rango continuo de variación en las diversas frecuencias o intervalos de aplicaciones, desde los obtenidos por la variedad IDIAP-92 protegida con el Clorotalonil cada tres DDE (30 aplicaciones en el ciclo) con un valor promedio del AUDPC de 610, seguidos de los obtenidos por esta misma variedad que se protegió cada 6 y 9 DDE (16 y 12 aplicaciones respectivas en el ciclo), resultando en valores promedios del AUDPC respectivos de 825 y 1180; sin existir diferencias significativas entre sí. En este estudio se estimaron valores promedios extremos del AUDPC de 2617, registrado en la variedad Granola, protegida con el fungicida cada 15 DDE del cultivo (seis aplicaciones durante todo el cultivo).

En este estudio se observó que a mayores valores del AUDPC, el ataque por *P. infestans* fue más severo. Con la variedad IDIAP-92, la cual posee resistencia horizontal al hongo *P. infestans*, se registraron los valores promedios del AUDPC más bajos, confirmándose los resultados por Morales (1993), lo cual indica que el uso de variedades de papa con resistencia horizontal se constituye en la mejor alternativa de manejo debido a la gran variabilidad natural del hongo *P. infestans* en las zonas productoras de papa del mundo.

CUADRO 1. EFECTO DE LAS APLICACIONES DE CLOROTALONIL 82.5 EN EL MANEJO DE *P. infestans* EN LAS VARIETADES DE PAPA AMIGO, GRANOLA E IDIAP-92.^{1/}

| Variedad | Frecuencia de aplicación (DDE) | AUDPC | Rendimiento Comercial (t/ha) |
|-----------|--------------------------------|-----------|------------------------------|
| IDIAP-92 | 3 | 610.0 a | 37.25 a |
| IDIAP-92 | 6 | 825.0 a | 33.25 ab |
| IDIAP-92 | 9 | 1180.0 ab | 19.50 bc |
| Amigo | 3 | 1296.0 bc | 26.00 b |
| Granola | 3 | 1545.0 c | 4.75 fg |
| IDIAP-92 | 12 | 1584.0 c | 14.75 c |
| Amigo | 6 | 1613.0 c | 13.12 cd |
| Amigo | 9 | 1634.0 cd | 8.25 d |
| Granola | 6 | 1665.0 d | 4.75 fg |
| IDIAP-92 | 15 | 1954.0 df | 14.25 c |
| Granola | 9 | 2163.0 f | 4.25 fg |
| Amigo | 12 | 2200.0 fg | 7.50 f |
| Amigo | 15 | 2320.0 g | 5.50 fg |
| Granola | 12 | 2462.0 gh | 2.20 g |
| Granola | 15 | 2617.0 h | 1.00 g |
| C. V. (%) | | 20.72 | 19.45 |

^{1/} Promedios con la misma letra en la misma columna son similares estadísticamente entre sí ($P=0.01$) según la prueba de significancia Waller-Duncan.

Genéticamente las variedades medianamente resistente a susceptibles, tales como la Amigo y Granola, no soportan sin proteger su follaje, periodos prolongados de continuas infecciones causadas por *P. infestans*. Esto se evidenció con la variedad Amigo, que a pesar de recibir protección cada tres DDE registra valores promedios del AUDPC de 1296, difiriendo estadísticamente de los valores resultantes en la variedad resistente IDIAP-92 con protección cada tres y seis DDE, pero con valores promedios similares en la combinación IDIAP-92 protegida cada 12 días (nueve aplicaciones en el ciclo) y la de Granola con aplicaciones cada tres DDE.

El análisis de variancia para los rendimientos comerciales promedio por tratamiento fue similar al de los valores resultantes del AUDPC (Cuadro 1). Es decir, se detectaron diferencias significativas en las variedades y frecuencias de aplicaciones del Clorotalonil 82.5 y también en la variedad por frecuencia. Los mayores rendimientos comerciales fueron obtenidos por la variedad IDIAP-92 cuando se protegió cada tres y seis DDE con promedios de 37.25 y 32.25 t/ha, respectivamente; sin diferir estadísticamente entre sí. Le siguió la variedad Amigo con aplicaciones cada tres DDE, registrando rendimientos totales promedios de 26 t/ha, cuyo comportamiento fue similar a la IDIAP-92 protegida cada seis días (Figura 1).

La variedad Granola evidenció un comportamiento similar en los intervalos de aplicación de Clorotalonil 82.5 cada 3, 6, 9, 12 y 15 DDE; con los más bajos rendimientos totales promedios con 4.75, 4.75, 4.25, 2.29 y 1.0 t/ha, respectivamente.

Al no existir diferencias significativas en los parámetros utilizados para estimar la eficacia biológica del fungicida Clorotalonil 82.5, AUDPC y rendimientos totales, con la variedad resistente IDIAP-92 con protección cada tres y seis DDE del cultivo, superando estadísticamente a las demás combinaciones, sugiere que el intervalo de aplicación de seis días es el más apropiado, resultando en una reducción del 50 por ciento en el número de aplicaciones realizadas durante todo el ciclo del cultivo; producto de la reducción de 30 a 16 aplicaciones (Figura 1).

Se realizó el análisis económico para evaluar la eficiencia de los intervalos de aplicación del fungicida Clorotalonil 82.5 para el manejo de *P. infestans* en las variedades de papa Amigo, Granola e IDIAP-92. En los factores involucrados: el fungicida, los costos de aplicaciones, y precio de venta de papa corresponden a los precios establecidos durante el periodo en que se verificó la prueba experimental.

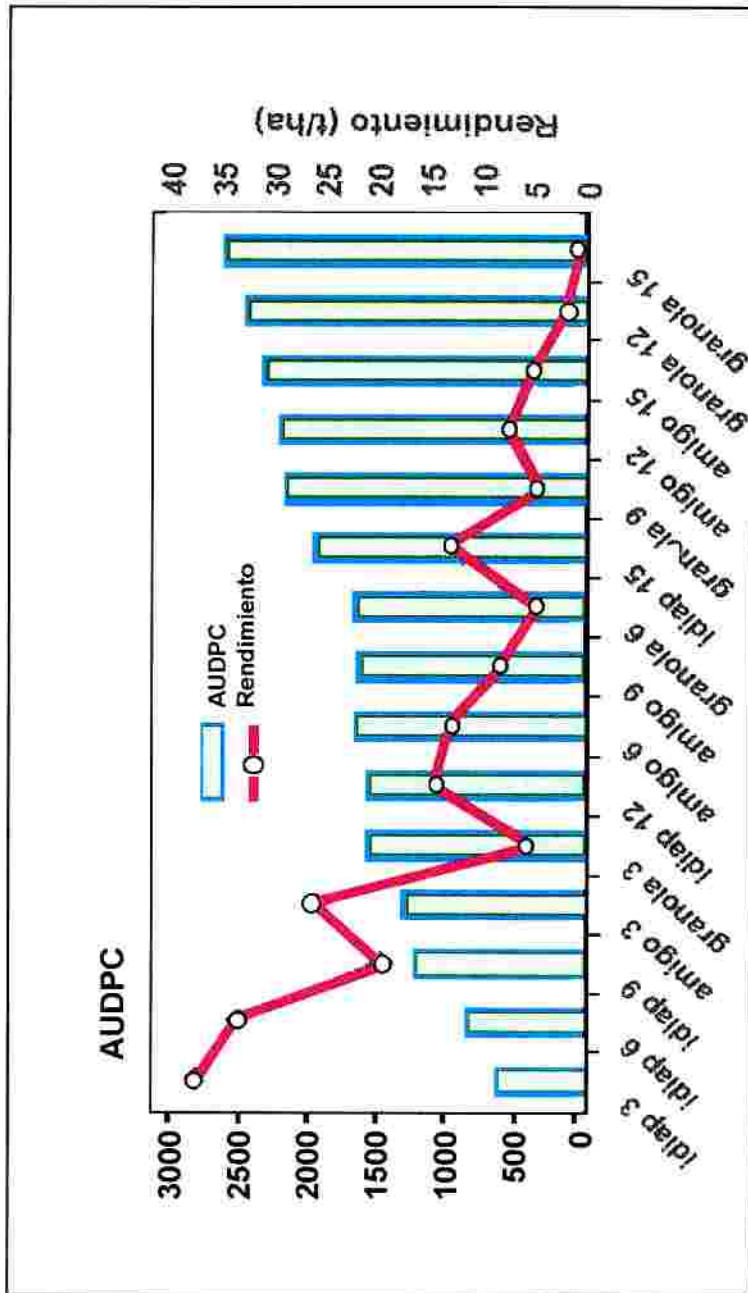


FIGURA 1
EFICACIA BIOLÓGICA DE LAS APLICACIONES DE
CLOROTALONIL 82.5 EN EL MANEJO DE *P. infestans*
EN LAS VARIETADES AMIGO, GRANOLA E IDIAP-92.
CERRO PUNTA, CHIRIQUI. 1998.

En el Cuadro 2 se muestra el análisis marginal de la eficiencia de las aplicaciones de Clorotalonil para el manejo de *P. infestans* en las variedades de papa resistente, IDIAP-92, el cual se basó en el análisis de los presupuestos parciales. Al pretender ampliar el intervalo de aplicación de un nuevo fungicida, se considera una tasa de retorno mínimo de 100 por ciento (conformada por el riesgo de cambiar a una nueva tecnología, más el costo de oportunidad de dinero) que es comparable al de la Tasa de Retorno Marginal (TRM) resultante y aceptable para los agricultores.

El uso del Clorotalonil 82.5 aplicado cada 15 y 12 días después de emergencia del cultivo de papa, variedad IDIAP-92 no son justificables, pues los beneficios netos calculados no cubren los costos de producción de este cultivo en la época lluviosa. Sin embargo, el uso de este fungicida cada tres y seis DDE es justificable, ya que se obtienen Tasas de Retorno Marginal de 297 y 4327 por ciento, respectivamente; lo suficientemente altas para cubrir los 100 por ciento de la tasa de comparación. De éstos, obviamente el Clorotalonil 82.5 aplicado cada seis días es la mejor combinación, que a pesar de no registrar los mayores beneficios netos (como fue el caso del Cloro-talonil 82.5 aplicado cada tres días), si obtiene los menores costos marginales con \$114.00 y los mayores beneficios netos marginales con \$4933.20.

Se confirma, por lo tanto, que el manejo integrado del tizón tardío de la papa, involucra el uso de medidas complementarias necesarias, por ejemplo, el uso de fungicidas de acción protectora, al empleo de cultivares con resistencia horizontal, como la variedad IDIAP-92, las cuales están dirigidas a bajar significativamente los costos de producción, por reducción en el uso de fungicidas, incrementar las áreas de producción al controlar la enfermedad e incrementar los rendimientos, reducir las poblaciones de *P. infestans* y disminuir el potencial de inóculo en el tiempo, evitando el desarrollo de variantes resistentes a fungicidas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ◆ Las variedades de papa más cultivadas en Panamá, Granola y Amigo, no soportan periodos mayores de tres días a partir de la emergencia, sin protección de fungicidas contra el hongo *P. infestans*.
- ◆ Con aplicaciones del fungicida Clorotalonil 82.5 a intervalos de seis días después de emergencia de la variedad resistente, IDIAP-92, se registraron los menores valores del AUDPC, con rendimientos comerciales promedio de 33.25 t/ha (la

CUADRO 3. ANÁLISIS MARGINAL DE LA EFICIENCIA DE APLICACIONES DE CLOROTALONIL 82.5 PARA EL MANEJO DE *P. infestans* EN LA VARIEDAD RESISTENTE, IDIAP-92.

| Frecuencias (DDE) | Costos que varían (\$/ha) | Beneficios netos (\$/ha) | Costos Marginales (\$/ha) | Beneficios netos Marginales (\$/ha) | TRM (%) |
|-------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------------|---------|
| 9 | 342.00 | 7780.00 | | | |
| 6 | 456.00 | 127113.20 | 114.00 | 4933.20 | 4327 |
| 3 | 855.00 | 13698.20 | 399.00 | 1185.00 | 297 |

producción promedio nacional es de 21 t/ha). Producto de esta combinación, se obtiene la mayor tasa de retorno marginal.

- ◆ Con la variedad IDIAP-92, se logra reducir el 50 por ciento del número de aplicaciones, con una significativa supresión de la infección foliar causada por el patógeno *P. infestans*, sin afectar los rendimientos comerciales, ni mucho menos la calidad de los tubérculos cosechados.

BIBLIOGRAFIA

- CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. 1990. Introduction to plant disease epidemiology. John Wiley and Sons Inc. USA. 532 p.
- CIMMYT. 1988. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. México, D.F. 79 p.
- COFFEY, M.D.; WILSON, U.E. 1983. Histology and cytology of infection and disease caused by *Phytophthora*. pp. 289-301. In Erwin, D.C., S. Bartnicki-Garcia y P. H. Tsao. (Eds.) *Phytophthora*, its biology, taxonomy, ecology and pathology. American Phythopathological Society. St. Paul, Minnesota.
- FAO. 1995. La papa en la década de 1990. Situación y perspectivas de la economía de la papa a nivel mundial. 50 p.
- FERHMAN, H. AND DIMOND A.E. 1967. Peroxidase activity and *Phytophthora infestans* in different organs of the potato plant. Phytopathology 57: 69-72.
- FLORES, F.; PARGA, T.V.M. 1993. Norteña, nueva variedad de papa para el Norte y centro de México. XVI Reunión de la Asociación Latinoamericana de la Papa. Santo Domingo, República Dominicana. (Compendios). p. 36.
- FRY, W.E. 1978. Quantification of general resistance of potato cultivars and fungicide effects for integrated control of potato late blight. Phytopathology 68:1650-1655.
- FRY, W.E.; APPLE, A.E. 1986. Disease management implications of age-related changes in susceptibility of potato foliage to *Phytophthora infestans*. USA. American Potato Journal 63 (1): 47-56.

- LANDEO, J. A.; TURKENSTEEN, L. 1989. Assessment of partial resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) of major genes in potato. American Potato Journal (Abstract) 66: 530.
- MATUSZAK, J. M.; FERNANDEZ-ELQUEZABAL, J.; GU, W. K.; VILLARREAL GONZÁLEZ, M.; FRY, W. E. 1994. Sensitivity of *Phytophthora infestans* populations to metalaxyl in Mexico: distribution and dynamics. Plant Disease 78: 911-916.
- MOOI, J. C. 1977. Host infection in incompatible interactions between R10 genotypes of potato and races of *Phytophthora infestans*. Potato Research (Abstract) 20 (3): 272.
- MORALES, R.A. 1998. Correlación entre las pruebas de invernadero y campo para evaluar la resistencia horizontal a *Phytophthora infestans* en progenies segregantes de papa. Tesis para optar al título de *Magister Scientiae* en Fitopatología. Universidad Nacional La Agraria, La Molina, Lima, Perú. 148 p.
- MORALES, R.A.; MUÑOZ, J. 1993. Control químico del tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*) en Cerro Punta, Panamá. Sin publicar. IDIAP. 10 p.
- SHATTOCK, R. C.; SHAW, D. S.; FYFE, A. M.; DUNN, J. R.; LONEY, K. H.; SHATTOCK, J. 1990. Phenotypes of *Phytophthora infestans* collected in England and Wales from 1985 to 1988. Mating type, response to metalaxyl and isoenzyme analysis. Plant Pathology 39: 242-248.