

Estrategias de Integración de Resistencia y Control Químico del Tizón de la Papa (*Phytophthora infestans*): Validación con Instituciones

Oscar Navia, Antonio Gandarillas, Enrique N. Fernández-Northcote¹

Resumen

Se establecieron dos ensayos en la zona de Chullchungani (Provincia Carrasco, Dpto. Cochabamba), bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres tratamientos y tres repeticiones. Se utilizaron los cultivares Robusta y Wayna, resistentes al tizón. La estrategia de PROINPA para el control químico del tizón en cultivares resistentes estuvo basada en la aplicación de un fungicida sistémico al observar los primeros síntomas de la enfermedad y continuar con la aplicación de un fungicida de contacto, cuando se observa que la enfermedad continúa su avance, es decir que el patógeno esté esporulando y/o se observe que la sintomatología esté progresando; y luego si se observa que la enfermedad sigue avanzando, continuar aplicándolos en forma alternada (sistémico-contacto), con una frecuencia dada por el grado de avance de la enfermedad. La estrategia de una institución de desarrollo para el control químico del tizón estuvo basada en aplicaciones semanales (cada 7 días) de productos de contacto y sistémicos. Se inicia con aplicaciones preventivas con productos de contacto y se usa productos sistémicos cuando hay alta presión de la enfermedad. Los productos sistémicos pueden ser aplicados de manera continua, alternando dos o más productos sistémicos (estrategia similar a la que usa para cultivares susceptibles). Los tratamientos fueron: Ridomil MZ 72/Bravo 500 (PROINPA, T1); Manzate/Ridomil MZ 72/Patafol (Institución de Desarrollo, T2) y Testigo sin aplicación de fungicida (T3). En ambos cultivares, Robusta y Wayna, la estrategia de PROINPA (T1) tuvo significativamente un control más eficiente de la enfermedad,

¹ PROINPA (Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos, anteriormente Convenio IBTA-CIP-COSUDE), Casilla 4285, Correo electrónico: onavia@proinpa.org, Cochabamba, Bolivia.

mostrando valores muy bajos de AUDPC (grado de daño), los mayores rendimientos (30-31 % más), mayores beneficios económicos y menor uso de fungicidas con respecto a la estrategia de la Institución de Desarrollo (T2). El testigo sin aplicación de fungicida (T3) presentó valores muy altos de AUDPC (grado de daño) y rendimientos bajos. Por lo tanto, las estrategias de PROINPA fueron efectivas, eficientes, económicas y sensibles con el medio ambiente y la salud humana.

Palabras claves adicionales: Manejo integrado de plagas, complementación de la resistencia.

Strategies for the Integration of Resistance and Chemical Control for Potato Late Blight (*Phytophthora infestans*): Validation with Institutions

Summary

Two trials were established in the area of Chullchungani (Carrasco Province, Dept. of Cochabamba), under an experimental design of randomized complete blocks with three treatments and three replications. The cultivars Robusta and Wayna, resistant to late blight were used. The PROINPA strategy for the chemical control of late blight for resistant cultivars is based on the application of a systemic fungicide when the first symptoms of the disease are observed, to continue with the application of a contact fungicide, when the disease is seen to be progressing, i.e., the pathogen is sporulating and/or the symptoms are more evident. It continues with alternate applications of systemic and contact fungicides if the disease seems to be progressing. The rate to which the disease is progressing will determine the spraying frequency. The strategy for the chemical control of late blight by the Institution was based on weekly applications (each 7 days) of contact and systemic fungicides. It started with preventive applications of contact products. The systemic products are used when there is a high pressure of the disease. The systemic products can be applied continuously, alternating two or more systemic products. The strategy was similar to a one used for susceptible cultivars. The treatments were: Ridomil MZ 72/Bravo 500 (PROINPA, T1); Manzate/Ridomil MZ 72/ Patafol (Institution, T2)

and a check without application of fungicide (T3). In both cultivars, Robusta and Wayna, the strategy of PROINPA (T1) had a more efficient control of the disease, showing very low values of AUDPC, higher yields (30-31% more), better economic benefits and lower use of fungicides with respect to the strategy of the Institution (T2). The check without fungicide application (T3) presented very high values of AUDPC and low yields. Therefore, the strategy of PROINPA was effective, efficient, economic, and better to human health and to the environment.

Additional key words: Integrated pest management, complementation of resistance.

Introducción

El tizón, causado por el pseudohongo oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary es una de las enfermedades más importantes de la papa en Bolivia en zonas húmedas y tradicionalmente productoras de semilla. Al presente los esfuerzos para el control del tizón están dirigidos hacia la obtención de cultivares con niveles altos de resistencia duradera, los cuales puedan ser utilizados con pocas aplicaciones de fungicida (Navia y Fernández-Northcote, 1996a, 1996b).

Colectivamente los efectos de la resistencia duradera que se está buscando en el caso del tizón de la papa reducen la tasa de desarrollo de la epidemia del tizón. Las aplicaciones protectoras periódicas de un fungicida para el control de una enfermedad de desarrollo tipo interés-compuesto (sensu van der Plank, 1963) como es el caso del tizón de la papa, también reducen la tasa de desarrollo de una epidemia (van der Plank, 1967). Simmons (1972), sugirió la posible utilidad de la combinación de la resistencia poligénica y la aplicación protectora periódica de fungicidas en algunos cultivos con enfermedades severas. Sobre la base de la reducción en la tasa de infección aparente (r), Fry (1975) mostró que el efecto de una mayor resistencia poligénica en el cultivar Sebago que en el cultivar Russet Rural fue equivalente a aproximadamente 0.5 Kg./ha de mancozeb (ingrediente activo) (Dithane M-45, 80% PM), aplicado semanalmente a Russet Rural. Sus datos epidemiológicos fueron consistentes con las observaciones de van der Plank (1968) de que la resistencia poligénica y la aplicación protectora periódica de un fungicida actúan

para reducir la tasa de infección aparente (r). Posteriormente reportó (Fry, 1978) que los agricultores podrían complementar la resistencia general en cultivares de papa ajustando el uso de los fungicidas mancozeb o clorotalonil, alterando la dosis por aplicación programada calendáricamente (aplicaciones semanales) o alterando el intervalo entre aplicaciones.

La Red Europea para el Desarrollo de una Estrategia de Manejo Integrado del Tizón acordó en 1999 investigar urgentemente la interacción entre dosis, intervalos de aplicación y resistencia de los cultivares europeos (EU.NET.ICP, 1999).

Desde 1992 PROINPA ha desarrollado sus estrategias de control químico tanto en cultivares susceptibles, pero localmente muy valiosos, como en cultivares resistentes de tal manera de complementar la resistencia de los nuevos cultivares propiciando su durabilidad (Fernández-Northcote et al., 1999).

En el presente trabajo se reporta la validación de la estrategia de PROINPA para el control químico del tizón de la papa en cultivares resistentes comparándola con la estrategia utilizada por una Institución de Desarrollo sobre la base de su experiencia de varios años. Esta estrategia de la Institución de Desarrollo, es común en instituciones y empresas que trabajan en la producción de semilla de papa en Bolivia y en otros países.

Materiales y Métodos

Dos ensayos se establecieron en la localidad de Chullchungani (3,100 m), Provincia Carrasco del Departamento de Cochabamba, zona caracterizada por presentar condiciones climáticas muy favorables para *Phytophthora infestans*.

El diseño experimental utilizado, para cada ensayo, fue el de bloques completos al azar con tres tratamientos y tres repeticiones. Se utilizaron los cultivares resistentes a tizón Wayna (CIP 720126) en uno de los ensayos y el cultivar Robusta (PROINPA 79-94-3) en el otro ensayo. Los dos ensayos fueron contiguos y plantados en la misma fecha. Estos dos cultivares tienen una resistencia proporcionada por genes R vencidos (Rd), posiblemente en combinación con genes menores para resistencia horizontal (Navia y Fernández-Northcote, 1996a; Fernández-Northcote y Plata, 1998; Fernández-Northcote et al., 1999).

La estrategia de control químico del tizón para cultivares resistentes de la Institución de Desarrollo (similar a una que se utiliza en cultivares susceptibles), fue aplicada en los ensayos por técnicos de la institución, y estuvo basada en:

- ♦ Aplicaciones semanales (cada 7 días) de productos de contacto y sistémicos,
- ♦ Inicio con aplicaciones preventivas de productos de contacto y uso de productos sistémicos cuando hay alta presión de la enfermedad,
- ♦ Uso de productos sistémicos que podría ser de manera continua o alternando dos o más productos sistémicos.

La estrategia de PROINPA para el control químico del tizón en cultivares resistentes, aplicada en los ensayos por técnicos de PROINPA, está basada en (Navia y Fernández-Northcote, 1996a; Fernández-Northcote et al., 1999):

- ♦ La aplicación de un fungicida sistémico cuando se observa los primeros síntomas de la enfermedad,
- ♦ Continuar con la aplicación de un fungicida de contacto, cuando se observa que la enfermedad continúa su avance, es decir que el patógeno esté esporulando y/o se observe que la sintomatología esté progresando,
- ♦ Y luego, si se observa que la enfermedad sigue avanzando, continuar aplicándolos en forma alternada (sistémico-contacto), con una frecuencia dada por el grado de avance de la enfermedad.

Los fungicidas utilizados en la estrategia de PROINPA fueron: metalaxil 8% más mancozeb 64% (Ridomil MZ 72, usado a la dosis de 0.25%), clorotalonil 50% (Bravo 500, usado a la dosis de 0.3%). Los fungicidas y dosis utilizados en la estrategia de la Institución de Desarrollo fueron: metalaxil 8% más mancozeb 64% (Ridomil MZ 72, al 0.8%), ofurace 6% más mancozeb 64% (Patafol Plus, al 0.8%), mancozeb 80% (Manzate, al 0.8%). Metalaxil y ofurace son sistémicos. El clorotalonil y mancozeb son fungicidas de contacto.

Los tratamientos fueron: T1 = Estrategia PROINPA, utilizando Ridomil MZ 72/Bravo 500; T2 = Estrategia Institución de Desarrollo, utilizando Manzate, Ridomil MZ 72 y Patafol, y T3 = Testigo (sin aplicación de fungicida). La unidad experimental tuvo 33 plantas por cada uno de ocho surcos de 10 m distanciados 0.7 m y un área total de 1,202 m².

Durante el ciclo del cultivo, se determinó cada siete días el grado de daño al follaje (porcentaje de follaje afectado), empezando con las primeras lesiones a los 42 días después de la siembra (dds). Se utilizó la escala internacional del proyecto ICA, Colombia/CIP de grados 1 a 9 (1= 0 % y 9 = 100 % de follaje afectado) (Zapata, 1991). En la cosecha se tomaron datos de rendimiento total, por categorías, y daño en tubérculos causados por el tizón.

Con los datos de la evaluación del grado de daño se determinó la curva de progreso de la enfermedad utilizando para fines de graficación no el grado de la escala sino el porcentaje promedio de follaje afectado correspondiente al grado, y el AUDPC ("Área Under Disease Progress Curve" ó Área Debajo de la Curva de Progreso de la Enfermedad) mediante el programa Básica Breed (CIP, 1990) utilizando los grados de la escala, Se realizó un análisis de variancia y la prueba de Duncan para la comparación múltiple de medias ($p=0.05$) con los datos de AUDPC y rendimiento. Asimismo se realizó un análisis económico mediante el presupuesto parcial y el análisis marginal (CIMMYT, 1988), considerando los costos de fungicidas y costos de aplicación (costos que varían). El beneficio neto se determinó restando los costos que varían del beneficio bruto de la venta de papa. Se ajustaron los rendimientos logrados en las parcelas en un 10% menos, para reflejar los rendimientos que se podrían esperar en campos comerciales, siguiendo el método CIMMYT.

En cada zona, se instaló un termohigrómetro para medir las temperaturas mínimas y máximas y humedad relativa mínima y máxima, así como un pluviómetro para determinar la cantidad de lluvia, diariamente.

Resultados

Las condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo, temperaturas 12-24°C, medias mínima-máxima, respectivamente; humedad relativa 88-96%, medias mínima-máxima, respectivamente y precipitación total de 405 mm, fueron muy favorables para el tizón (Figuras 1 y 2).

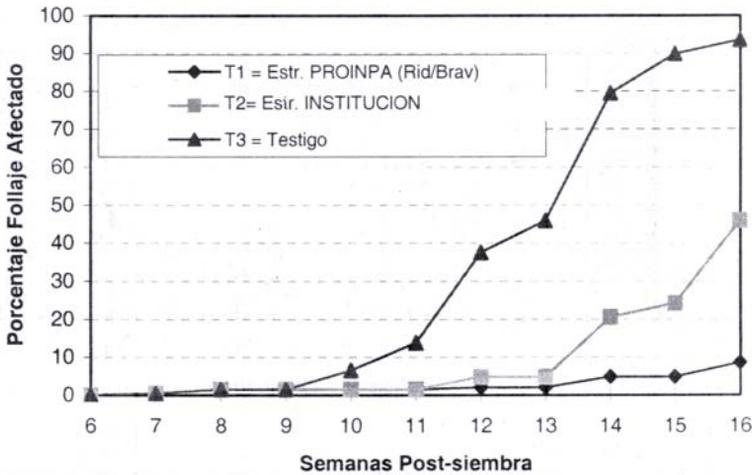
Aplicación de los fungicidas

Bajo las estrategias propuestas, en el cultivar Robusta se realizaron cuatro aplicaciones en los tratamientos T1 (dos con sistémico, y dos de contacto) y T2 (tres con sistémicos, y uno de contacto). En Wayna se realizaron tres aplicaciones en los tratamientos T1 (dos con sistémico, y uno de contacto) y cuatro aplicaciones con T2 (tres con sistémicos, y uno de contacto). Los tratamientos empezaron 42 días después de la siembra (Figuras 1 y 2). Las aplicaciones de fungicidas se hicieron rociando de tal manera de cubrir bien la planta pero evitando que el producto escurra al suelo.

Curva de avance del tizón

Los síntomas iniciales de la enfermedad se observaron a los 42 días después de la siembra en Robusta y a los 49 días después de la siembra en Wayna. En ambos cultivares, la curva de avance de la enfermedad muestra que la estrategia de PROINPA (T1) tuvo un control más eficiente de la enfermedad, con respecto al tratamiento T2 (Estrategia Institución de Desarrollo) y el testigo (T3). El testigo (T3) sin aplicación presentó un grado de daño muy alto (95 % de follaje afectado) (Figuras 1 y 2).

MESES Semanas post-siembra	Enero		Febrero				Marzo				Abril	
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Precipitación (mm)*	50	41.	30	35	30	15	31	30	28	25	50	40
Humedad Relativa Máxima (%)	91	94	97	96	98	97	94	96	97	95	98	98
Humedad Relativa Mínima (%)	87	87	85	87	88	89	90	90	90	89	89	89
Temperatura Máxima (°C)	22	24	25	25	24	24	22	23	24	23	22	24
Temperatura Mínima (°C)	10	12	12	13	12	14	12	13	14	12	10	12



Tratamiento	Días después (d)					
	42 dps **	8d	7d	14d	7d	7d
T1 = PROINPA	Rid ***		Brav	Rid	-	Brav
T2=INSTITUCIÓN	Man		Rid	Pat	Rid	-
T3=TESTIGO	-		-	-	-	-

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

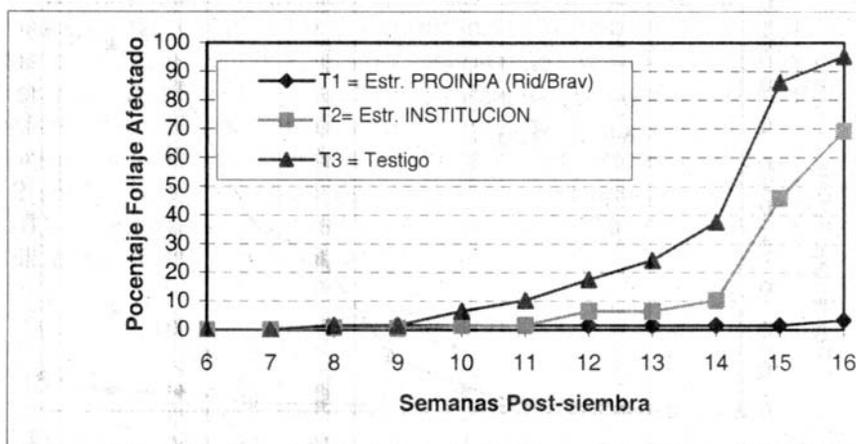
Figura. 1. Inicio y frecuencia de aplicaciones y su relación con el clima y avance del tizón de la papa en el cultivar resistente Robusta. Campaña 1998, Chullchungani (Carrasco), Cochabamba.

* Las temperaturas y humedad relativa son promedios semanales, y la precipitación pluvial es el total semanal.

** dps= Días possiembra.

*** Rid = Ridomil MZ 72, Brav = Bravo 500, Man = Manzate, Pat = Patafol Plus.

Meses	Enero		Febrero				Marzo				Abril	
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Precipitación (mm)*	50	41	30	35	30	15	31	30	28	25	50	40
Humedad Relativa Máxima (%)	91	94	97	96	98	97	94	96	97	95	98	98
Humedad Relativa Mínima (%)	87	87	85	87	88	89	90	90	90	89	89	89
Temperatura Máxima (°C)	22	24	25	25	24	24	22	23	24	23	22	24
Temperatura Mínima (°C)	10	12	12	13	12	14	12	13	14	12	10	12



Tratamiento	Días después (d)				
	42dps**	8d	7 d	14d	7d
T1 = PROINPA		Rid***	Brav	Rid	-
T2 = INSTITUCIÓN	Man	Rid	-	Rid	Pat
T3 =TESTIGO	-	-	-	-	-

Figura 2. Inicio y frecuencia de aplicaciones y su relación con el clima y avance del tizón de la papa en el cultivar resistente Wayna. Campaña 1998, Chullchungani (Carrasco), Cochabamba.

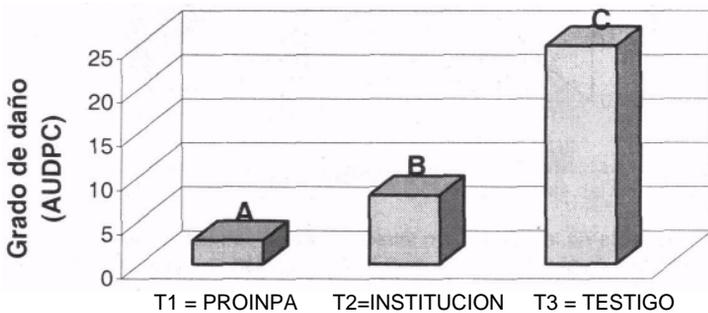
* Las temperaturas y humedad relativa son promedios semanales.

** dps= Días después de la siembra.

*** Rid = Ridomil MZ 72, Brav = Bravo 500, Man = Manzate, Pat = Patafol Plus.

AUDPC

Tanto en el cultivar Robusta como en Wayna, la estrategia de PROINPA (T1) tuvo un control más eficiente de la enfermedad, mostrando diferencias significativas con respecto al tratamiento T2 (Estrategia Institución de Desarrollo) y el testigo sin aplicación (T3) que mostró un valor alto de AUDPC (Figuras 3 y 4).



Estrategias

Nota: Los valores de las barras con letras diferentes son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Duncan para la comparación múltiple de medias ($p=0.05$). Chulchungani, 1998.

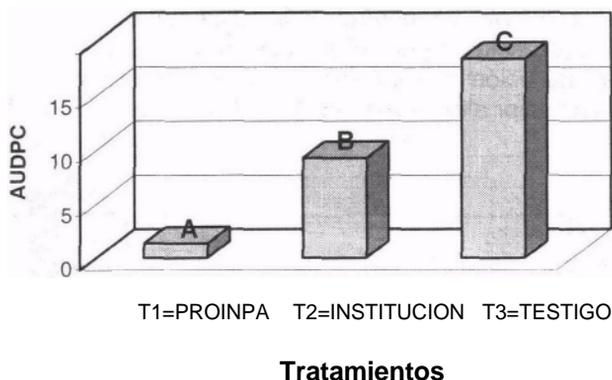
Figura 3. AUDPC por tizón de la papa en el cultivar resistente Robusta, bajo tres tratamientos de control químico del tizón.

Rendimiento

En ambos cultivares, se obtuvieron los mayores rendimientos con el tratamiento T1 (Estrategia PROINPA), con diferencias significativas con respecto al tratamiento T2 (Estrategia Institución de Desarrollo) y T3 (testigo) (Figuras 5 y 6).

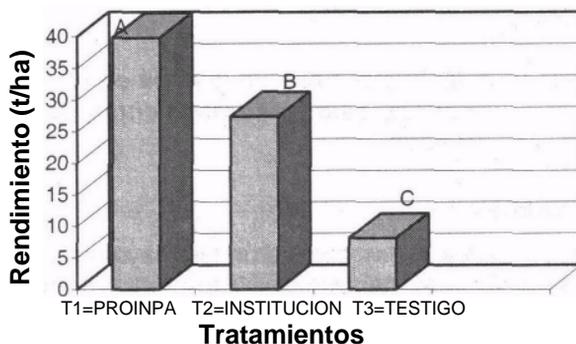
Con el tratamiento T1 (Estrategia PROINPA) se obtuvo incrementos en los rendimientos de 31 y 30% en Robusta y Wayna, respectivamente, con respecto al tratamiento T2 (Estrategia Institución de Desarrollo). Se obtuvieron incrementos en los rendimientos con respecto al testigo (T3), de 79 % con T1 (Estrategia PROINPA) y de 70% con T2 (Estrategia Institución de Desarrollo), en

el cultivar Robusta; y de 64% con T1 (Estrategia PROINPA) y 51% con T2 (Estrategia Institución de Desarrollo), en el cultivar Wayna.



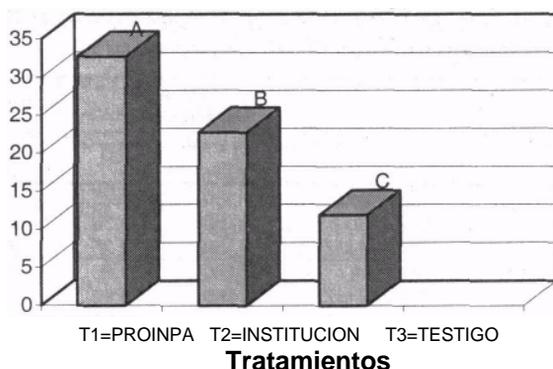
Nota: Los valores de las barras con letras diferentes son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Duncan para la comparación múltiple de medias ($p=0.05$). Chullchungani, 1998.

Figura 4. AUDPC por tizón de la papa en el cultivar resistente Wayna, bajo tres tratamientos de control químico del tizón.



Nota: Los valores de las barras con letras diferentes son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Duncan para la comparación múltiple de medias ($p=0.05$). Chullchungani, 1998.

Figura 5. Rendimiento en el cultivar resistente Robusta, bajo tres tratamientos de control químico del tizón.



Nota: Los valores de las barras con letras diferentes son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de Duncan para la comparación múltiple de medias ($p=0.05$). Chullchungani, 1998.

Figura 6. Rendimiento en el cultivar resistente Wayna, bajo tres tratamientos de control químico del tizón

Análisis Económico

La cantidad de fungicida utilizada en la estrategia de la Institución de Desarrollo fue excesiva (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Cantidad de fungicida por aplicación utilizada en las dos estrategias. Cultivar Robusta.

Tratamientos	Aplicación	Fungicidas	Dosis de aplicación		Volumen agua (l/ha)	Cantidad (Kg./ha)
			(g o ml / 20 l agua)	(%)		
PROINPA(T1)	1a	Ridomil MZ-72	50	0.25	450	1.12
	2a	Bravo 500	60	0.30	625	1.87
	3a	Ridomil MZ-72	50	0.25	880	2.20
	4a	Bravo 500	60	0.30	1,080	3.24
INSTITUCIÓN (T2)	1a	Manzate	160	0.80	450	3.60
	2a	Ridomil MZ 72	160	0.80	625	5.00
	3a	Patafol	160	0.80	880	7.04
	4a	Ridomil MZ 72	160	0.80	1,080	8.64

Tabla 2. Cantidad de fungicida por aplicación utilizada en las dos estrategias. Cultivar Wayna.

Tratamientos	Aplicación	Fungicidas	Dosis de aplicación		Volumen agua (l/ha)	Cantidad (Kg./ha)
			(g o ml/ 20 l)	(%)		
PROINPA (T1)	1a	Ridomil MZ-72	50	0.25	500	1.25
	2a	Bravo 500	60	0.30	625	1.88
	3a	Ridomil MZ-72	50	0.25	880	2.20
INSTITUCIÓN (T2)	1a	Manzate	160	0.80	450	3.60
	2a	Ridomil MZ 72	160	0.80	500	4.00
	3a	Ridomil MZ 72	160	0.80	880	7.04
	4a	Patafol	160	0.80	1,010	8.08

Tanto en el cultivar Robusta como en Wayna el mayor beneficio económico se obtuvo con el tratamiento de control químico del tizón T1 (Estrategia PROINPA) en comparación con el tratamiento T2 (Estrategia Institución de Desarrollo) y el testigo (T3) (Tablas 3 y 4). La Tasa de Retorno Marginal (TRM) con el tratamiento T1 (Estrategia PROINPA) fue de 2.963% en el cultivar Robusta y de 2.991% en el cultivar Wayna. El tratamiento T2 (Estrategia Institución de Desarrollo) fue dominado, en ambos cultivares. Esto quiere decir que por cada 100 Bs invertidos con el tratamiento T1 se obtiene 2.963 Bs en el cultivar Robusta y 2.991 Bs en el cultivar Wayna.

Tabla 3. Análisis económico del empleo de las estrategias de PROINPA (T1) e Institución de Desarrollo (T2) para el control químico del tizón de la papa. Cultivar Robusta. Localidad de Chullchungani, Cochabamba, 1998.

Tratamiento	No de aplic.	Rend. (t/ha)	Costos que varían* (Bs/ha) (CV)	Beneficio neto ** (Bs/ha) (BN)**	Incremento		TRM (%)
					CV (Bs/ha)	BN (Bs/ha)	
T3= TESTIGO	0	8.17	0	11,760	-	-	-
T1= PROINPA	4	39.84	1,539	55,826	1,539	45,605	2,963
T2=.INSTITUCION	4	27.41	4,035	35,431	DOMINADO		

* Incluye costos de fungicidas, adherente, y costos de aplicación.

** Incluye una pérdida calculada en 10 % de la cosecha. El precio de la carga de 100 Kg. fue de 160Bs (29\$US).

Tabla 4. Análisis económico del empleo de las estrategias de PROINPA (T1) e Institución de Desarrollo (T2) para el control químico del tizón de la papa. Cultivar Wayna. Localidad de Chullchungani, Cochabamba, 1998

Tratamiento	No de aplic.	Rend. (t/ha)	Costos que varían* (Bs/ha) (CV)	Beneficio neto** (Bs/ha) (BN) **	Incremento		TMR (%)
					CV (Bs/ha)	BN (Bs/ha)	
T3= TESTIGO	0	11.89	0	17,122	-	-	-
T1= PROINPA	3	32.73	1,003	47,131	1,003	30,009	2,991
T2=.INSTITUCION	4	22.77	3,168	32,784	DOMINADO		

* Incluye costos de fungicidas, adherente, y costos de aplicación.

** Incluye una pérdida calculada en 10 % de la cosecha. El precio de la carga de 100 kg fue de 160 Bs (29 \$US).

Discusión y Conclusiones

En ambos cultivares, Robusta y Wayna, la estrategia de PROINPA (T1) tuvo un control más eficiente de la enfermedad, mostrando valores muy bajos de AUDPC, los mayores rendimientos, mayores beneficios económicos y menor uso de fungicidas (en número de aplicaciones y dosis de fungicidas, por lo tanto, menos Kg./ha de fungicida) con respecto a la estrategia de la Institución de Desarrollo (T2). El testigo sin aplicación de fungicida (T3) presentó valores muy altos de AUDPC y rendimientos bajos.

En la estrategia de PROINPA, la primera aplicación se realizó con un fungicida sistémico cuando se observó los primeros síntomas de la enfermedad, en cambio en la estrategia de la Institución de Desarrollo se realizó en forma preventiva pero, con un fungicida de contacto. Debido a que en zonas muy tizoneras como Chullchungani la presión de la enfermedad es fuerte, la estrategia de la Institución de Desarrollo no controló eficientemente el inóculo inicial y por lo tanto favoreció el desarrollo de la enfermedad. Las aplicaciones de fungicidas sistémicos recién cuando existe alta presión de la enfermedad (desarrollo favorable de la enfermedad), debido al desarrollo rápido de la misma, no permite controlar eficientemente la enfermedad. Por otro lado, las aplicaciones continuas de fungicidas sistémicos del mismo grupo químico como Patafol y Ridomil (ambos fenilamidas), conducen a un alto riesgo de crear resistencia a los fungicidas sistémicos.

Por lo tanto, la estrategia de PROINPA para la integración de resistencia y control químico del tizón, permitió: incrementar los rendimientos por un mejor control de la enfermedad, reducir el uso de fungicidas, reducir el costo de producción, reducir los riesgos a la salud del campesino y del medio ambiente que pueden no notarse de una campaña a otra pero sí a lo largo del tiempo, reducir el riesgo de incremento de poblaciones del patógeno capaces de resistir a los fungicidas, evitar el desarrollo de poblaciones del pseudohongo que venzan la resistencia de los cultivares, disminuir el potencial de inóculo de una región a lo largo de los años. Al igual que la estrategia para cultivares susceptibles, tiene una lógica sustentada en bases técnicas (Fernández-Northcote et al., 1999).

En reportes previos sobre la integración de resistencia poligénica con control químico (Fry, 1975, 1977, 1978) se han utilizado cultivares de ciclo corto (alrededor de 100 días), en zonas donde la enfermedad aparece tardíamente en el ciclo de la planta (tizón tardío) generalmente cuando las plantas tienen una altura de 30-50 cm. y están cerrando el surco (tocándose entre ellas). Por esta época empiezan las aplicaciones de fungicidas las que son realizadas calendáricamente cada siete días, o cuando además subsiguientemente se ha acumulado 12.7 mm de lluvia (en este caso las aplicaciones nunca son más frecuentes que cada cinco días), o siguiendo el sistema de predicción del tizón Blitecast. La epidemia de tizón dura entre 30 a 45 días del ciclo de la planta. En una comparación de estas modalidades de aplicación de fungicidas Fry (1977) concluyó que el uso más eficiente de los fungicidas de contacto utilizados fue aplicarlos a un cultivar con resistencia poligénica en una dosis reducida y siguiendo el sistema de predicción Blitecast. Se requirieron seis aplicaciones.

En el presente trabajo se han utilizado cultivares resistentes de ciclo más largo (alrededor de 120 días), en una zona donde la enfermedad aparece en cultivares susceptibles desde muy temprano en el ciclo de la planta poco después de su emergencia. La epidemia duró alrededor de 70 días del ciclo de la planta. En la estrategia de PROINPA utilizada y con el nivel de resistencia de los cultivares empleados las aplicaciones empiezan cuando se observan los primeros síntomas y se continúa de acuerdo al progreso de la enfermedad. Esto se ajusta a la costumbre y deseos del agricultor y si el nivel de resistencia de los cultivares lo permite.

Agradecimiento

Los autores agradecen a la Institución de Desarrollo y las siguientes personas: Ing. R. Carrasco, Ing. T. Camargo, Ing. A. Trujillo, y Agricultores de la zona de Chullchungani por las facilidades prestadas para la realización de esta investigación. Se agradece también la colaboración del Ing. Jorge Blajos en el análisis económico.

Referencias Bibliográficas

1. CIP (Centro internacional de la Papa). 1990. Breed Program Manual for Late Blight Data. Inf. Sci. Dept. Statistics Unit. Lima.
2. EU.NET.ICP. 1999. Report of the sub-group discussions on the practical characteristics of potato late blight fungicides. Fourth Workshop of an European Network for Development of an Integrated Control Strategy of Potato Late Blight. Oostend, Belgium, September 29 - October 2, 1999.
3. Fernández-Northcote, E.N.; Navia, O.; Gandarillas, A. 1999. Bases de las estrategias de control químico del tizón tardío desarrolladas por PROINPA en Bolivia. Revista Latinoamericana de la Papa 11:1-25.
4. Fernández-Northcote, E.N.; Plata, G. 1998. Bases para una resistencia duradera al tizón mediante la utilización de cultivares de papa con genes-R vencidos dentro de un manejo integrado. En: Compendio de Exposiciones XVIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de la Papa. Cochabamba. Bolivia. Febrero 9-13, 1998. p. 83-84.
5. Fry, W.E. 1975. Integrated effects of polygenic resistance and a protective fungicide on development of potato late blight. Phytopathology 65:908-911.
6. Fry, W.E. 1977. Integrated control of potato late blight: Effects of polygenic resistance and techniques of timing fungicide applications. Phytopathology 67:415-420.
7. 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.

8. Navia, O.; Fernández-Northcote, E.N. 1996a. Estrategias para la integración de resistencia y control químico del tizón. Ficha Técnica 3/96 Fitopatología. Programa de Investigación de la papa-PROINPA, (IBTA-CIP-COSUDE). Cochabamba, Bolivia.
9. Navia, O.; Fernández-Northcote, E.N. 1996b. Manejo integrado del tizón. Ficha Técnica 4/96 Fitopatología. Programa de Investigación de la Papa-PROINPA (IBTA-CIP-COSUDE). Cochabamba - Bolivia.
10. Simons, M.D. 1972. Polygenic resistance to plant disease and its use in breeding resistant cultivars. *J. Environ. Qual.* 1 -.232-240
11. Van der Plank, J.E. 1963. *Plant Diseases: epidemics and control.* Academic Press, New York.
12. Van der Plank, J.E. 1967. Epidemiology of fungicidal action. En: D.C. Torgeson, ed. *Fungicides: an advanced treatise*, Vol. 1. Academic Press, New York, p 63-92.
13. Van der Plank, J.E. 1968. *Disease resistance in plants.* Academic Press, New York.
14. Zapata, J.L. 1991. Combinación de inmunidad a los virus X e Y de la papa, y resistencia a *P. infestans*, en clones de papa. Tesis M.Sc. Univ. Nac. Agraria, La Molina, Lima.