

El Tizón de la Papa (*Phytophthora infestans*) en Bolivia. Perfil de País

Oscar Navia, Rudy Torez, Adhemar Trujillo, Enrique N. Fernández-Northcote, Antonio Gandarillas y Julio Gabriel¹

Resumen

La papa es un cultivo básico y de seguridad alimentaria para la población de Bolivia. Para más de 200,000 familias de pequeños agricultores que constituyen entre el 30 al 40% del total de campesinos del país, la papa constituye la principal fuente de alimentación e ingresos. En Bolivia, el tizón causado por *Phytophthora infestans* es la enfermedad más importante de la papa en zonas húmedas, afectando aproximadamente 20,000 ha del cultivo, de las cuales una gran parte está dedicada a la producción de semilla, incluyendo la del sector formal que escasamente cubre el 5% de las necesidades nacionales urgentes de semilla de calidad. En estas zonas el tizón puede devastar los cultivos de papa en tres a cuatro días y las pérdidas pueden llegar hasta un 100% debido al desconocimiento de estrategias adecuadas de control por parte de los agricultores. Las zonas tizoneras han sido clasificadas en zonas muy tizoneras con precipitación total durante la campaña entre 650 y 1700 mm donde la enfermedad se presenta desde muy temprano y en zonas no muy tizoneras con precipitación total durante la campaña de menos de 650 mm donde la aparición de la enfermedad desde muy temprano en el ciclo de la planta no es frecuente. En Bolivia se utiliza una gama amplia de fungicidas tanto sistémicos como de contacto para el control del tizón, tradicionalmente aplicados con bombas de mochila en un 30% por debajo de la dosis recomendada y entre 2 a 10 oportunidades, generalmente no se realiza una buena cobertura de las plantas asperjadas y los intervalos entre aplicaciones son largos. En algunos casos se utilizan mezclas de dos o más fungicidas sistémicos o solo sistémicos en un elevado número de aplicaciones. Como consecuencia el tizón es severo y comúnmente las parcelas son abandonadas. Las pocas instituciones con acceso a la información tecnológica normalmente realizan entre 11 a 16 aplicaciones calendario para lograr una buena producción. Desde 1992 PROINPA ha desarrollado estrategias para el control químico del tizón tanto en cultivares susceptibles como para complementar la resistencia genética de los cultivares disponibles en el país. La estrategia de PROINPA ha mostrado ser efectiva y eficiente para el control del tizón comparada con la de otras instituciones, utilizando menor cantidad de fungicidas, logrando mayores rendimientos (45% más) y mayores beneficios económicos. Al presente estas estrategias están en una fase de transferencia y difusión como componentes de un manejo integrado del tizón. Estudios recientes indican que la población de *P. infestans* en las principales zonas paperas y tizoneras de Bolivia es solamente A2 y compleja con un promedio de siete genes de virulencia. Los genes de virulencia más frecuentes son el 1, 3, 7, 10 y 11, menos frecuentes el 2, 4, y 6, y poco frecuentes el 5, 8, y 9.

Abstract

Navia, O., Torrez, R., Trujillo, A., Fernández-Northcote, E.N., Gandarillas, A. y Gabriel, J. 2001. Tizon of Potato (*Phytophthora infestans*) in Bolivia. Country Profile. Pages in: Proceedings of the International Workshop on Complementing Resistance to Potato Late Blight (*Phytophthora infestans*) in the Andes. February 13-16, 2001, Cochabamba, Bolivia. GILB Latin American Workshops 1. E.N. Fernández-Northcote, ed. International Potato Center, Lima, Peru.

Potato is a basic food crop for the population of Bolivia and constitutes the principal source of alimentation and income for more than 200,000 farm families — 30 to 40% of the small-scale farms in the country. Late

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

blight, caused by *Phytophthora infestans*, is the most important disease of potato in humid areas, affecting approximately 20,000 ha of potatoes that are primarily devoted to seed production, including the formal sector that scarcely covers 5% of the national need for quality seed. In these areas late blight can devastate the potato crops in three to four days. Losses can reach 100% due to the farmers' lack of knowledge of adequate strategies for control. The late blight zones have been classified as severe, where the total precipitation during the growing season is between 650 and 1700 mm and the disease occurs early, and moderate, where the total precipitation is less than 650 mm during the growing season and early appearance of the disease is rare. A wide range of both systemic and of contact fungicides are used for late blight control. These are traditionally applied with backpack sprayers using 30% less than the recommended dosage and 2 to 10 applications, with long intervals between applications. There is no good coverage of the sprinkled plants. In some cases mixtures of two or more systemic fungicides, or only one systemic with a high number of applications are utilized. As a consequence, late blight is severe and the fields are often abandoned. The few institutions with access to technical information generally use 11 to 16 applications to achieve good production. Since 1992 PROINPA has developed strategies for chemical control of late blight for susceptible cultivars and for complementing the genetic resistance of the resistant cultivars available in the country. The strategies of PROINPA have shown to be effective and efficient for control of late blight when compared with those of other institutions. The PROINPA strategies utilize smaller quantity of fungicides and achieve higher yields (45% increase) with greater economic benefits. Currently these strategies are being transferred and disseminated as components of integrated management of late blight. Recent studies indicate that the *P. infestans* populations in the main potato late blight areas in Bolivia are entirely A2 and complex — with an average of seven virulence genes. The most frequently detected virulence genes are 1, 3, 7, 10 and 11, less frequently detected are 2, 4, and 6, and virulence genes 5, 8, and 9 are detected rarely.

Incidencia y daños

La papa es un cultivo básico y de seguridad alimentaria para la población de Bolivia. Para más de 200,000 familias de pequeños agricultores que constituyen entre el 30 al 40% del total de campesinos del país (Zeballos, 1997), la papa constituye la principal fuente de alimentación e ingresos. En su gran mayoría, los agricultores son de bajos recursos económicos y la superficie que utilizan no es mayor de una hectárea. El consumo per cápita es entre 80 a 100 kg/año (Zeballos, 1997), siendo éste uno de los más altos del mundo (Fernández-Northcote et al., 1999).

Cerca de 130,000 ha son dedicadas al cultivo de la papa, con un rendimiento promedio en los Andes Bolivianos de 5 t/ha, mientras que el mundial es de 14 t/ha y de 26 t/ha en los países desarrollados (Horton, 1992; Zeballos, 1997).

En Bolivia, el tizón causado por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary es la enfermedad más importante de la papa en zonas húmedas, afectando aproximadamente 20,000 ha del cultivo de papa, de las cuales una gran parte está dedicada a la producción de semilla, incluyendo la del sector formal. En estas zonas el tizón puede devastar los cultivos de papa en tres a cuatro días y las pérdidas pueden llegar hasta un 100% debido al desconocimiento de estrategias adecuadas de control por parte de los agricultores. A menudo, los campos son abandonados por la impotencia de los agricultores para el control de la enfermedad.

En términos económicos, el tizón es una de las enfermedades más importantes del cultivo de la papa. Se estima que en Bolivia más de 40,000 familias de agricultores paperos son afectados por el tizón. En las 20,000 ha de papa afectadas, la enfermedad ocasiona al presente una pérdida directa de alrededor de US\$ 30 millones/año. La mayor parte del área afectada está en regiones productoras de semilla que actualmente escasamente cubren el 5% de las necesidades urgentes nacionales de semilla de calidad. Esta pérdida indirecta que ocasiona la enfermedad, magnifica la importancia del tizón en Bolivia como un factor limitante en la producción y productividad del cultivo de papa, el cultivo más importante en la economía agrícola del país (Bojanic, 1995).

Como consecuencia del tizón y la falta de conocimientos para una estrategia de control químico, el agricultor ha desarrollado una cultura de evasión de la enfermedad ya sea en el tiempo, mediante la utilización de otras épocas de siembra en que no se presenta la enfermedad o se presenta con más irregularidad, o en el espacio,

cultivando en las épocas de mayor incidencia del tizón, pero sembrando en las partes de mayor altitud (más de 3400 msnm) donde las temperaturas más bajas no son favorables al desarrollo de la enfermedad. La cultura de evasión de la enfermedad implica una baja productividad del área bajo cultivo que no concuerda con la preocupación contemporánea de incrementar la productividad por razones medioambientales y de la necesidad alimentaria presente y futura (Fernández-Northcote et al., 1999).

En Bolivia las zonas de mayor incidencia del tizón son (Figura 1): Morochata, El Choro, Falsuri, Cocapata, Independencia, Colomi, Corani, Chullchungani, Monte Punku, Lope Mendoza, Epizana, Escalante, Capinota, Tiraque, Arani, Capinota, Valle Alto, Valle Bajo y Mizque en el departamento de Cochabamba; Comarapa, Los Pinos, Verdecillos, San Isidro, Saipina, Río Nuevo, Los Negros, San Pedro, San Marcos y Valle Grande en el departamento de Santa Cruz; San Andrés, La Huerta Concepción, Iscayachi, Pilaya, Entre Ríos en el departamento de Tarija; Tacacoma, Sorata, Inquisivi, Mohoza, Irupana, Coroico, Charazani, Chulina, Puerto Acosta, Amarete, y Moyapampa en el departamento de La Paz; La Cordillera de El Rosal, Culpina, Incahuasi en el departamento de Chuquisaca; y en las partes bajas de los Departamentos de Potosí y Oruro (Navia et al., 1999).

Las zonas tizoneras, se caracterizan en dos zonas. Las zonas muy tizoneras, zonas con clima muy propicio para el desarrollo del tizón, que se caracterizan porque el tizón suele presentarse desde muy temprano en la campaña debido a que la temperatura (11-25°C) y especialmente la precipitación pluvial y/o la humedad relativa son muy favorables para su desarrollo. La precipitación total durante la campaña está entre 650 y 1700 mm. En una zona no muy tizonera, la aparición del tizón desde muy temprano en la campaña no es frecuente debido a condiciones de temperatura mínima inferior a 11°C y/o precipitación semanal acumulada inferior a 30 mm. El momento del comienzo de la enfermedad es variable. La precipitación total en la campaña es generalmente inferior a 650 mm (Fernández-Northcote et al., 1999).

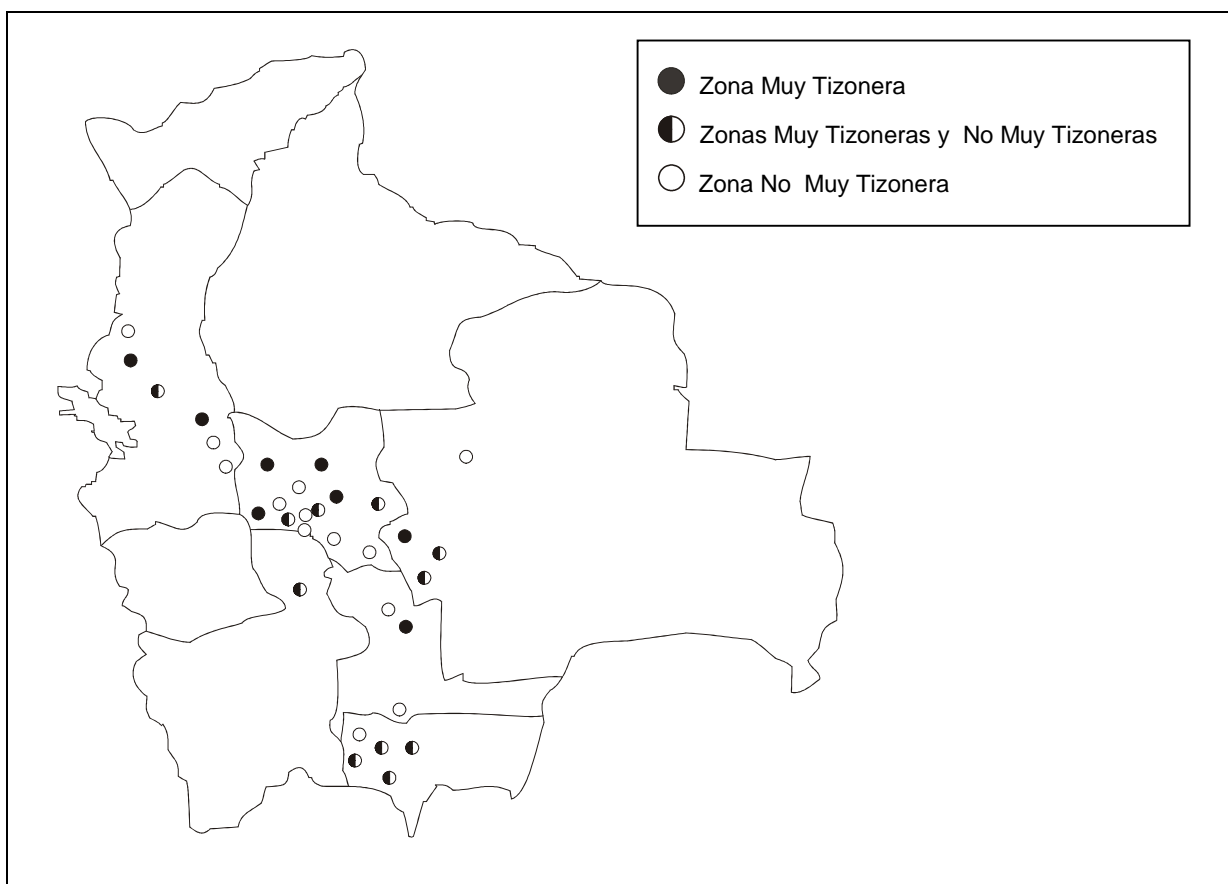


Figura 1. Zonas tizoneras de Bolivia (Fuente: Navia et al, 1999).

Fungicidas

En Bolivia se utilizan una amplia gama de fungicidas para el control del tizón (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 1. Fungicidas sistémicos en orden alfabético que son utilizados en Bolivia para el control del tizón

Clase química	Nombre común	Nombre comercial	Dosis (%)
Cianoacetamidas-Oximas	Cimoxanil	Fitoraz (cymoxanil+propineb) Curzate (cymoxanil+maneb+sulfato de Zn monohidratado) Curathane (cymoxanil+mancozeb)	0.25
Fenilamidas	Metalaxil	Ridomil MZ-72 Ridomil Gold Rancol (metalaxil+mancozeb)	0.25
	Ofurace	Patafol (ofurace+mancozeb)	
	Benalaxil	Galven M (benalaxil+mancozeb)	
	Oxadixil	Sandofan (oxadixil+mancozeb)	
Fosfitos	Fosetil-aluminio	Alliette (fosetil-Al)	0.25
Carbamatos	Propamocarb HCL	Previcur N (clorhidrato de propamocarb)	0.25
Acido cinámico derivados	Dimetomorf	Acrobat (dimetomorf+mancozeb)	0.25

Cuadro 2. Fungicidas de contacto en orden alfabético que son utilizados en Bolivia para el control del tizón

Clase química	Nombre común	Nombre comercial	Dosis (%)
Cúpricos	Oxicloruro de Cobre	Cobox	0.4-
		Cupravit	0.6
	Oxido cuproso	Champion	
Bisditiocarbamatos	Zineb (R=Zn)	Fungitox	0.3
	Maneb(R=Mn)		
	Metiram		
	Mancozeb	Dithane M-45	
		Dithane F-MB	
Propineb	Nemisor Tizoneb Antracol Lonacol		
Phtalimidas	Captan	Merpan	0.3
Phtalonitrilos	Clorotalonil	Bravo 500	0.3-
		Bravonil Ultrex	0.4
Piridineaminas	Fluazinam	Shirlam	0.05

Con respecto a las aplicaciones, en las diferentes zonas de Bolivia los agricultores asperjan los fungicidas de a dos surcos cuando las plantas están de 20 a 40 cm de altura y surco por surco cuando las plantas tienen más de 40 cm de altura. Al aplicar de dos surcos a la vez tienden a saltarse algunas plantas y el control no es eficiente (Guamán et al., 1999).

Las dosis recomendadas, de una mayoría de los fungicidas, por mochilas de 20 l es de 50 g para los fungicidas sistémicos en polvo y de 50 ml para los fungicidas sistémicos líquidos y de 60 g para los fungicidas de contacto en polvo y de 60 ml para los fungicidas de contacto líquidos. Los agricultores generalmente miden el fungicidas en cucharas lo cual aproximadamente equivale a 10 g o 10 ml lo que no permite tener las dosis exactas recomendadas. Algunos agricultores tienen medidas para fungicidas líquidos distribuidas por las casas comerciales dedicadas a la venta de pesticidas. Un alto porcentaje de agricultores aplican dosis más bajas de lo recomendado y no logran un buen control del tizón (Guamán et al., 1999).

Oportunidad de aplicación

a) Oportunidad, persistencia y severidad de la enfermedad

La mayoría de los agricultores no entienden bien las causas del tizón, ellos piensan que aparece por la presencia de calor, neblina y lluvia. La práctica común de los agricultores en muchas zonas tizoneras generalmente es empezar las aplicaciones de fungicidas solamente cuando observan los síntomas de la enfermedad. Normalmente el ataque del tizón es severo, causando pérdidas importantes del rendimiento potencial.

b) Experiencia de los agricultores

Guamán et al. (1999), indican que en una zona de Morochata, donde no se ha realizado capacitación, similar a muchas otras zonas tizoneras, aproximadamente la mitad de los agricultores entrevistados aplican fungicidas cuando observan los síntomas de la enfermedad y la otra mitad antes. Tradicionalmente aplican con mochilas manuales y usan dosis en un 30% por debajo de lo recomendado, fumigan de 2 a 10 veces, dejan intervalos largos entre aplicaciones, en algunos casos realizan mezclas de dos o más fungicidas sistémicos (Macías, 1998; Salazar, 1996; Torríz y Thiele, 1998.) y no realizan una buena cobertura de las plantas asperjadas. En muchas zonas, los agricultores usan exclusivamente fungicidas sistémicos en número elevado de aplicaciones (Navia, 2000). Bajo estas condiciones de aplicación de fungicidas, en años con poca incidencia, los cuales son excepcionales, los agricultores logran cosechas razonables. Sin embargo, normalmente el tizón es severo, bajo estas condiciones es común ver parcelas abandonadas donde el agricultor no ha logrado controlar la enfermedad (Fernández-Northcote et al., 1999).

c) Experiencias de empresas semilleras

Las pocas instituciones, pero las más importantes a nivel nacional, normalmente realizan entre 11 y 16 aplicaciones para poder lograr una buena producción de tubérculos - semilla (Fernández-Northcote et al., 1999). La estrategia de control químico del tizón está 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. En ensayos en que se comparó esta estrategia con la de PROINPA, se determinó que la estrategia de PROINPA tuvo significativamente un control más eficiente de la enfermedad, mostrando valores muy bajos de AUDPC (grado de daño), los mayores rendimientos (44- 45 % más), mayores beneficios económicos y menor uso de fungicidas con respecto a la estrategia de la empresa semillera (Navia et al, 2000).

d) Disponibilidad de recursos

Los agricultores de las zonas tizoneras destinan recursos económicos para realizar aplicaciones para el control del tizón. Sin embargo, gran parte de los productores paperos muchas veces no cuentan con recursos económicos suficientes y buscan la compra de fungicidas a crédito de algunas empresas privadas. En este caso las aplicaciones se inician cuando se dispone del fungicida y la eficiencia del control dependerá del

momento en que logran abastecerse de fungicidas. Si no consiguen ningún crédito en muchos casos abandonan las parcelas.

Adaptación de las aplicaciones a contextos específicos

Los agricultores normalmente no adaptan la aplicación de fungicidas según el nivel de resistencia genética de los cultivares. Normalmente aplican en forma indistinta, tanto en cultivares susceptibles como en resistentes. La adaptación de las aplicaciones a contextos específicos, especialmente en estos últimos años, es fuertemente determinada por el nivel de capacitación en el manejo de fungicidas y otros componentes del manejo integrado, en consecuencia está restringido a un bajo número de agricultores, aún cuando estamos haciendo grandes esfuerzos con las escuelas de campo de agricultores, red de parcelas de difusión, cursos y días de campo.

Es común observar que en el manejo de cultivares resistentes, algunos agricultores no realizan aplicaciones y en muchos casos lo dejan a su suerte. Como consecuencia de esta práctica inadecuada, muchos cultivares con genes mayores para resistencia a tizón como Runa Toralapa, Puka Toralapa, y otros, han perdido su resistencia en estas zonas y se comportan como cultivares susceptibles. Sin embargo, cuando estos cultivares se integran con control químico su comportamiento es muy bueno.

En las zonas paperas de Bolivia, los agricultores mencionan que la presencia del tizón tiene relación con las diferentes zonas altitudinales y épocas de siembra como se observa en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Epocas de siembra, altitud y grado de incidencia del tizón

Epocas de siembra	Altitud (msnm)	Incidencia del tizón
Llojhi (Abril – Mayo)	2100 – 3000	Poco tizonera
Mishka (Junio – Julio)	2000 – 3300	Poco tizonera
Temporal (Septiembre – Octubre)	2500 – 3750	Muy tizonera
Siembra de año (Octubre – Noviembre)	3000 - 4200	Muy tizonera a tizonera

Adaptación a condiciones climáticas

Los agricultores no cuentan con estaciones meteorológicas, pero reconocen y asocian que la presencia de noches lluviosas, días soleados y neblina significa presencia del tizón, y basados en esta experiencia toman decisiones para realizar las aplicaciones de fungicidas.

Resistencia a fungicidas

En zonas donde ha habido un uso intensivo e indiscriminado de fungicidas, especialmente los sistémicos, los agricultores indican que los fungicidas han perdido su eficiencia en el control del tizón. Sin embargo, cuando en estas zonas se utilizan estos fungicidas pero bajo las estrategias desarrolladas por PROINPA, es decir un uso racional de fungicidas, no se ha observado resistencia a los fungicidas sistémicos. La ineficiencia que señalan los agricultores está relacionada más con aplicaciones inoportunas, dosis inadecuadas, técnicas y equipos de aplicación inadecuados. Solamente a nivel experimental, en trabajos preliminares realizados sobre resistencia a metalaxil en placas Petri en laboratorio, se ha detectado aislamientos con resistencia intermedia a este fungicida (Plata, G. 1998, comunicación personal).

Manejo integrado

Navia y Fernández-Northcote (1996b; 1999), señalan que el manejo integrado del tizón involucra cinco componentes importantes: estrategias de control químico, uso de cultivares resistentes, prácticas culturales, predicción de incidencia y disposiciones normativas. Este manejo integrado está siendo difundido actualmente en las zonas tizoneras del país.

Estrategias de control químico

Los cultivares más utilizados en las zonas más tizoneras de Bolivia como Waych'a, Sani Imilla, limilla Blanca, Desireé, Alpha, etc., cubren más del 80% de la superficie total cultivada con papa en Bolivia. Estos cultivares son los de mayor demanda en los centros urbanos y los de mayor importancia económica para el agricultor, sin embargo son muy susceptibles al tizón.

Frente a esto la fundación PROINPA ha desarrollado una estrategia de control químico eficiente y económica para cultivares susceptibles (Navia, et al., 1996; Fernández-Northcote et al., 1999; Thiele et al., 1998) basadas en:

- La aplicación preventiva de fungicidas (aproximadamente 10 días después del 80% de emergencia), es decir, antes de que aparezca el tizón. Este es un componente fundamental para el éxito de la estrategia de control químico, ya que existe una fase en la que el desarrollo de la enfermedad es invisible (desde el primer contacto del esporangio con la hoja húmeda, la penetración inicial, aparición de los primeros síntomas y esporulación, transcurre de cinco a siete días). Por lo tanto, la aplicación preventiva limita el establecimiento del hongo en el cultivo y consecuentemente el desarrollo de la epidemia, es decir el avance de la enfermedad. Esto frecuentemente no es considerado por los agricultores y empresas semilleras, ellos inician las aplicaciones cuando observan síntomas de tizón. En este caso no se logra un control eficiente de la enfermedad y frecuentemente ocurre un desarrollo favorable del seudohongo y ataque severo de la enfermedad.
- Frecuencias de aplicación de 7-14 días según las condiciones climáticas muy favorables a poco favorables respectivamente. El intervalo de aplicaciones no debe exceder más de 14 días, en algunos casos el intervalo de aplicación puede ser más corto si hay mayor presión de la enfermedad.
- La alternancia de un producto sistémico y uno de contacto. De esta manera, una eventual población que desarrolla resistencia al fungicida sistémico es eliminada con el fungicida de contacto.
- La no utilización del fungicida sistémico en más de tres oportunidades. El número de aplicaciones de los productos sistémicos debe ser limitado, con un máximo de tres aplicaciones alternadas por cultivo y por año para evitar la resistencia del patógeno a los productos sistémicos. Este punto coincide con las recomendaciones del Fungicide Resistance Action Committee (FRAC).
- La utilización de una gama de productos sistémicos y de contacto en una zona agroecológica, reduciendo así el riesgo de resistencia a los fungicidas.

Cultivares resistentes

Bolivia cuenta con cientos de cultivares nativos de las especies de *Solanum stenotomum*, *S. goniocalyx*, *S. phureja*, *S. x ajanhuiri*, *S. x chaucha*, *S. x juzepczukii*, *S. andigena* y *S. curtilobum*. Muchos de estos cultivares se cultivan en zonas endémicas de tizón y varias se han perdido por la aparición de razas más agresivas del patógeno. Afortunadamente aun contamos con una amplia variabilidad de recursos genéticos de papa que pueden ser fuente de resistencia genética.

PROINPA ha generado por mejoramiento genético cultivares con resistencia basada en la interacción de varios genes (poligénica). Cinco cultivares resistentes al tizón han sido liberados en Cochabamba, (Robusta, India, Jaspe, Perla y Puquina) y cuatro en Chuquisaca (Chota Ñawi, Cordillera, Seja y Sureña). Existen otros cultivares como Runa Toralapa, Puka Toralapa, Wayna SEPA y Musuj SEPA que también son utilizados por los

agricultores. Sin embargo todos estos no sobrepasan el 20 % del total de la papa cultivada. Este porcentaje bajo de uso de cultivares resistentes probablemente se debe a la falta de disponibilidad de semilla de calidad, poco conocimiento de los cultivares en los mercados locales y poca agresividad en la promoción de los mismos.

Para garantizar una resistencia durable y evitar la formación de nuevas razas del patógeno que venzan la resistencia, PROINPA ha desarrollado una estrategia de control químico 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. En los cultivares con resistencia el inicio y desarrollo de la enfermedad es mucho más lento que en los cultivares susceptibles. Esto permite empezar las aplicaciones cuando se observan 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. De esta manera, una eventual población que desarrolle resistencia al fungicida sistémico es eliminada con el de contacto.

Prácticas culturales

Las más importantes son:

- Época de siembra: Donde sea posible efectuar el cultivo bajo riego, adelantar la siembra a fin de evitar la lluvia y condiciones favorables para el tizón. Es el caso de las siembras mishka en diferentes zonas del país.
- Selección de la parcela: De preferencia las parcelas no deben haber sido cultivadas con papa por lo menos los dos o tres años anteriores. En estos campos dejados en descanso o rotados con cereales el objetivo es minimizar la presencia de fuentes de inóculo, especialmente las plantas k'ipas (voluntarias) de papa.
- Eliminación de plantas k'ipas (voluntarias o huachas): Tanto en los campos de descanso como en los en rotación, así como durante el cultivo, las plantas k'ipas de papa deben eliminarse sacándolas a un borde de la parcela y quemándolas. Durante el barbecho antes del próximo cultivo debe aprovecharse para eliminar los tubérculos o plantas k'ipas que se puedan observar.
- Selección del cultivar: Utilizar de preferencia los cultivares con el más alto nivel de resistencia al tizón. En la Ficha Técnica de PROINPA, FITOPATOLOGIA 3/96 se indica cuales están disponibles en Bolivia.
- Selección de la semilla: La semilla de preferencia debe haber sido producida en zonas donde no se presente tizón o bajo condiciones de producción que garanticen haberse impedido la infección por tizón de los tubérculos-semilla.
- Distanciamiento entre plantas y surcos: El distanciamiento debe ser apropiado a fin de permitir una buena aireación y disminuir la humedad entre las plantas.
- Aporque alto: Esto permite disminuir la infección de tubérculos por las esporas del hongo arrastradas por el agua de la lluvia a través del suelo.

- Tránsito a través del campo: Se debe tratar de disminuir en lo posible el tránsito a través del campo a fin de evitarse el arrastre de estructuras de propagación del hongo en la ropa de personas, animales, o implementos agrícolas.
- Corte del follaje: Dos semanas antes de la cosecha es conveniente realizar el corte del follaje y sacarlo a un costado de la parcela o su quemado con la aplicación de un herbicida apropiado (ejemplo, Gramoxone), a fin de evitar que las esporas del hongo entren en contacto e infecten los tubérculos a través de sus lenticelas o heridas. Esto es especialmente importante en las parcelas semilleras. Una vez muerto el follaje el hongo no sobrevive por mucho tiempo. El corte ayuda a una buena suberización de la piel del tubérculo haciéndolos menos vulnerables a la infección.
- Después de la cosecha, recoger todos los residuos y tubérculos descartados y utilizarlos pronto en la alimentación de cerdos, o quemarlos o enterrarlos profundo (1 m). No dejarlos en el campo ni apilarlos en los bordes de la parcela, de lo contrario constituirán una fuente de inóculo muy importante.
- Evitar la cosecha bajo condiciones húmedas. Si los tubérculos están húmedos deben airearse antes de embolsarlos y almacenarlos a fin de evitar condiciones favorables para la infección y diseminación de la enfermedad.
- Almacenar solo tubérculos sanos. De los tubérculos infectados la enfermedad pasará a los tubérculos sanos.

Sistemas para la predicción de incidencia del tizón

En los Estados Unidos de Norte América y Europa se han desarrollado sistemas para la predicción del inicio e incidencia del tizón con el objeto de anunciar cuando se debe empezar y con que frecuencia realizar el control químico en cultivares susceptibles. Mediante estos sistemas se aplican fungicidas solo cuando se necesita ahorrándose en el número de aplicaciones.

Estos sistemas se basan en un registro del número de horas de humedad relativa de 90 % o más a diferentes rangos de temperatura con lo cual se determinan grados de severidad. Estos grados de severidad durante los últimos siete días y el total de días con lluvia favorable durante esos últimos 7 días permiten determinar unos valores clave. De acuerdo al número clave se recomienda no aplicar, prevención, aplicar cada siete o cada cinco días.

Los datos de temperatura, humedad relativa, y lluvia tomados en las parcelas del agricultor por una registradora son enviados a una computadora que los procesa, analiza, e indica la acción a tomar.

Estos sistemas de predicción están siendo recién evaluados en el país (Navia, comunicación personal). Su eficacia depende de la zona agroecológica y de una acción coordinada de los agricultores de dicha zona. Su uso redundará en un mejor manejo del tizón y menor uso de fungicidas.

Disposiciones normativas

En el futuro un mejor manejo integrado del tizón se realizará cuando los agricultores de una determinada zona se comprometan a una acción coordinada para ejecutar cada uno de los componentes del manejo integrado. El manejo integrado del tizón será menos efectivo si un agricultor lo practica y su vecino no.

La durabilidad de la resistencia de un cultivar será de un mayor número de años si se coordina su utilización en el espacio y en el tiempo. En el espacio, si es que los agricultores coordinan la utilización de un determinado cultivar en una área de siembra (comunidad) y otro cultivar en otra área contigua (otra comunidad). En el tiempo, si el cambio del cultivar se realiza no entre una área y otra, pero si de un año a otro. Esta rotación de los cultivares con resistencia significa rotar los genes de resistencia presentes en los cultivares y disminuir así las posibilidades de que las variantes del patógeno capaces de vencer la resistencia de los cultivares se tornen predominantes en la población. Esta rotación de los cultivares resistentes es particularmente importante cuando en su resistencia están involucrados genes mayores.

Estructura institucional

Las fuentes principales de donde obtienen los agricultores información sobre los fungicidas y otras opciones de manejo son:

- Ferias agrícolas locales
- Agropecuarias en provincias
- Tiendas agropecuarias comunales
- Agropecuarias en las ciudades
- Instituciones de asistencia técnica (PROINPA, ONGs, etc)

Otros puntos relevantes

Las poblaciones de *Phytophthora infestans* de las zonas tizoneras de Bolivia son muy complejas. Al presente no es conveniente la introducción a Bolivia de cultivares de papa de otros países que no sean como plántulas in vitro, es decir no se debe traer tubérculos de papa de otros países, a fin de garantizar que no se introduzca a Bolivia la población A1 de *Phytophthora infestans*. En Bolivia estudios recientes indican que solo se presenta la población A2 (Plata y Fernández-Northcote, 1996).

Literatura citada

Bojanic, A. 1995. Sondeo sobre demanda nacional de semilla de papa para el sector formal y su pertinencia para la UPS-SEPA. Informe. Cooperación Técnica Suiza. La Paz, Bolivia.

Fernández-Northcote, E.N., Navia, O. y 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.

Fernández-Northcote, E.N. y Plata, G. 1998. Tipo sexual de apareamiento en poblaciones de *Phytophthora infestans* que afectan a la papa en Bolivia y su implicancia sobre el centro de origen de *P. infestans*. Páginas 63-64 en: Compendio de Exposiciones XVIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de la Papa. Febrero 9-13, 1998, Cochabamba, Bolivia.

Horton, D. 1992. La Papa. Producción, Comercialización y Programas. CIP, Lima y Hemisferio Sur, Montevideo.

Macías, E. 1998. Validación participativa de la estrategia de control químico del tizón (*Phytophthora infestans*) con agricultores en las comunidades de Morochata. Tesis Ing. Agr. UMSS, Cochabamba, Bolivia.

Navia, O. y Fernández-Northcote, E.N. 1996a. Estrategias para la integración de resistencia y control químico del tizón. Fitopatología, Ficha Técnica 3, PROINPA. Cochabamba, Bolivia.

Navia, O. y Fernández-Northcote, E.N. 1996b. Manejo integrado del tizón (MIP - Tizón). Fitopatología, Ficha Técnica 4, PROINPA. Cochabamba, Bolivia.

Navia, O., Equize, H. y Fernández-Northcote, E.N. 1996. Estrategias para el control químico de tizón. Fitopatología, Ficha Técnica 2, PROINPA. Cochabamba, Bolivia.

Navia, O. y Fernández-Northcote, E.N. 1999. Manejo integrado del tizón. Páginas 1-12 en: Memorias del Taller sobre Manejo Integrado del Tizón Tardío de la Papa en la Ecoregión Andina. Quito, Ecuador. Abril 7-9, 1997.

Navia, O., Gandarillas, A. y Fernández-Northcote, E.N. 1999. Como reconocer al tizón. Ciclo de la enfermedad. Proyecto MIP-Tizón, Serie de Diapositivas Didácticas 1/99, Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia.

Navia, O.; Gandarillas, A. y Fernández-Northcote, E.N. 2000. Validación de estrategias de control químico del tizón con instituciones. Página 53 en: Memorias XX Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa. La Habana, Cuba. Febrero 28- Marzo 5, 2000.

Salazar, M. 1996. Evaluación inicial del grado de adopción de la estrategia para el control químico del tizón [*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary] en seis comunidades de Morochata. Tesis Ing. Agr. UMSS,

Cochabamba, Bolivia.

Thiele, G., Navia, O. y Fernández-Northcote, E.N. 1998. Análisis económico de la estrategia de control químico del tizón (*Phytophthora infestans*) para cultivares de papa susceptibles en Cochabamba, Bolivia. *Fitopatología* 33(3):176-181.

Torrez, R. y Thiele, G. 1998. El uso de jampis, épocas de siembra y cultivares: diagnósticos participativos y capacitación en el manejo integrado del tizón. Páginas 190-191 en: *Compendio de Exposiciones XVIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de la Papa*. Cochabamba, Bolivia. Febrero 9-13, 1998.

Zeballos, H. 1997. Aspectos económicos de la producción de papa en Bolivia. COSUDE-Centro Internacional de la Papa(CIP). Lima, Perú.