



Compendio DE

Enfermedades, Insectos, Nematodos
y Factores Abióticos que afectan
el Cultivo de Papa en Bolivia

Título

Compendio de Enfermedades, Insectos, Nematodos
y Factores Abióticos que afectan al Cultivo de Papa en Bolivia

Editores

Antonio Gandarillas y Noel Ortuño

Autores por orden alfabético

Aguilera Javier
Almanza Juan
Álvarez Víctor
Barea Oscar
Bejarano Carlos
Bonifacio Alejandro
Calderón Carmen
Chavez Eloina
Condori Bruno
Crespo Luis
Diaz Oscar
Equise Hermeregildo
Figueroa Ilich
Franco Javier

Gandarillas Antonio
Gonzales Miguel Ángel
Guzmán Grover
Herbas Jaime
Jarandilla Claudia
Lino Vladimir
Main Gladys
Mamani Pablo
Navia Oscar
Ortuño Noel
Pereira René
Plata Giovanna
Vallejos Juan

Depósito Legal: 2-1-2569-09

ISBN: 84-8370-349-1

Comité revisor

Antonio Gandarillas
Noel Ortuño
Luis Crespo
Oscar Navia
Giovanna Plata

Producción y edición

Samantha Cabrera
Nathalia Ferrufino

Arte y Diagramación

María Isabel Soliz

Impresión

Impresiones Poligraf

Dibujos

Marco Ronquillo

Fotografías*

Franz Bilbao (fotógrafo independiente)
Fundación PROINPA

Tiraje

1000 ejemplares

Cita correcta

Gandarillas, A. y Ortuño, N. 2009.
"Compendio de Enfermedades, Insectos,
Nematodos y Factores Abióticos que Afectan
el Cultivo de Papa en Bolivia". Fundación
PROINPA. Cochabamba-Bolivia.

Direcciones de contacto

Fundación PROINPA-Cochabamba
Av. Meneces s/n. Km. 4 Zona El Paso
Teléfono: (591 – 4) 4319595
Fax: (591 – 4) 4319600
Contacto: proinpa@proinpa.org

*Las fotografías son propiedad de la Fundación PROINPA.
Derechos reservados

Presentación

Una de las manifestaciones más duras de la pobreza es que la gente no pueda alimentarse adecuadamente, es por esta razón que gran parte de los esfuerzos de las agencias de cooperación internacional, se orientan a fortalecer las capacidades de los países para alcanzar niveles de seguridad alimentaria satisfactorios.

Uno de los ejes estratégicos para asegurar la producción de alimentos es el desarrollo de tecnología que se encuentre adaptada y al alcance de los pequeños agricultores bolivianos. Es por esto, que tanto la Embajada del Reino de Dinamarca como la Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo (COSUDE), han apoyado por muchos años el desarrollo de tecnología agrícola en Bolivia, incluyendo la conservación y uso de los recursos genéticos, la producción de semilla, el manejo integrado de cultivos, etc.

Es para DANIDA y COSUDE una satisfacción financiar el “Compendio de enfermedades, insectos, nematodos y factores abióticos que afectan a la papa en Bolivia”, ya que documentos de esta categoría son claves para que los agricultores reconozcan de manera más temprana las enfermedades y plagas que atacan a su cultivo de papa, puedan tomar medidas de control más oportunas y los técnicos puedan prestar un mejor servicio de asistencia técnica a los productores.

En el Compendio se plasma el resultado de varios años de experiencia de la Fundación PROINPA, en la investigación, validación y difusión de tecnología para el control de plagas y enfermedades del cultivo de la papa.

DANIDA

COSUDE

Contenido

PRESENTACIÓN	3
PRÓLOGO	7
INTRODUCCIÓN	9
I. ENFERMEDADES	21
<i>Enfermedades Bacterianas</i>	22
Marchitez bacteriana	23
La Pierna negra y la pudrición blanda de la papa	28
Sarna común	31
Saq'ó de la papa	34
<i>Enfermedades fungosas</i>	38
Carbón de la papa	39
Manchas foliares fungosas	42
Mancha plateada	46
Marchitez fungosa	49
Oidiosis	52
Pudrición seca	54
Rizoctoniasis	57
Sarna pulverulenta, Roña	61
Tizón tardío	64
Verruga	72
<i>Enfermedades virales</i>	76
Enfermedades causadas por virus	77

II. INSECTOS	87
Cigarrita marrón	89
Cigarrita verde	92
Escarabajo negro de la hoja	94
Gallina ciega	96
Gorgojo <i>Phyrdenus</i>	99
Gorgojo <i>Premnotrypes</i>	102
Gorgojo <i>Rhigopsidius</i>	107
Gusanos cortadores	112
Mosca blanca	114
Polilla <i>Paraschema</i>	118
Polilla <i>Phthorimaea</i>	121
Polilla <i>Symmetrischema</i>	125
Pulguilla saltona	129
Trips	132
III. NEMATODOS	135
Chilli nódulos	137
Globodera	140
Nematodo agallador	144
Rosario de la papa	147
IV. ABIÓTICOS	153
Granizada	155
Heladas	160
Sequía	166
GLOSARIO	172
BIBLIOGRAFÍA	175
ANEXOS	178

Prólogo

Existen muchas publicaciones sobre plagas que afectan al cultivo de papa, sin embargo, este es un primer esfuerzo por sistematizar la información existente en Bolivia, basada en 20 años de experiencia de técnicos de la Fundación PROINPA.

El Compendio contiene información generada en Bolivia, como la distribución geográfica de cada plaga, su importancia económica, los daños que ocasiona, el conocimiento local en cuanto a nombres y prácticas tradicionales y el manejo integrado adaptado a las condiciones del país. También se incluye un capítulo sobre factores abióticos comunes pero muy poco documentados en el país, como la granizada, heladas y sequía.

Este material está dirigido a técnicos agrónomos con la finalidad de apoyar en la toma de mejores decisiones, en cuanto a identificación de plagas, sus síntomas, su ciclo biológico, su diseminación y el manejo integrado.

El documento ha sido escrito por más de 20 investigadores, que han plasmado sus conocimientos trabajando en un formato común, sin perder su experiencia propia.

Agradecemos a DANIDA y COSUDE por el apoyo financiero para hacer realidad esta publicación.

Los Editores

Compendio

de enfermedades, insectos, nematodos y factores abióticos que afectan el cultivo de la papa en Bolivia

IMPORTANCIA DE LA PAPA

Felipe Balderrama

La papa es un alimento primordial en la canasta familiar de los bolivianos, representa una fuente significativa de ingresos económicos para los productores, permite disminuir la vulnerabilidad y la inseguridad alimentaria familiar y es parte del acervo cultural andino de nuestro país.

Aproximadamente 200.000 familias de agricultores están involucradas en la producción de la papa, con cerca de 132.000 ha de siembra anual y con un rendimiento promedio de aproximadamente 6 t/ha.

Por otro lado, la población boliviana se encuentra en continuo crecimiento; para el año 2009 se estima una población de unos 10 millones y para el 2020 se estima llegará a los 20 millones de habitantes (INE, 2007).

La población se concentra cada vez más en las ciudades, que con el tiempo requerirán de mayores volúmenes de alimentos, mejor calidad, precios módicos, mayor variabilidad y otras cualidades; propias de la dinámica de mercado.

Uno de los grandes desafíos en nuestro país es alcanzar la ansiada seguridad y soberanía alimentaria, para ésto, debemos trabajar en mejorar la producción y productividad agrícola, particularmente, en la zona andina debemos concentrar mayores esfuerzos en el cultivo de la papa.

Esto exige acciones en el ámbito productivo, como obtener nuevas variedades mejoradas, mejorar la calidad de semilla, fertilidad de los suelos, sistemas de riego, optimizar procesos de cosecha y poscosecha, valor agregado, etc. La sanidad vegetal también merece particular atención, porque llega a ocasionar cuantiosas pérdidas, por ejemplo, la enfermedad del tizón tardío (*Phytophthora infestans*), se estima que provoca pérdidas de \$US 30 millones/anuales.

LAS ESPECIES DE PAPA*

José Zeballos y Ximena Cadima

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es una especie que fue domesticada en la zona andina entre Bolivia y Perú hace unos 8.000 años. En el país, se conserva gran diversidad de papas en el Banco Nacional de Germoplasma en la Estación Experimental de Toralapa (Cochabamba), con más de 1.760 accesiones que corresponden a unas 1.100 variedades.

En la evolución de la papa se han desarrollado ocho especies cultivadas que varían en su número cromosómico desde diploides hasta pentaploides, todas ellas presentes en nuestro país. A continuación se describe brevemente cada una de ellas:

Solanum tuberosum* ssp. *andigena

Especie tetraploide ($2n=4x=48$), que posee un gran número de variedades. Tiene un amplio rango de variación adaptativa, porque crece desde los valles mesotérmicos y sus laderas (1.800 msnm), hasta los altiplanos y la puna (3.400 msnm). Su período vegetativo es largo, de 5 a 7 meses. Los tubérculos son de formas muy variadas, numerosos y de tamaño mediano y pequeño, con ojos ligeramente profundos y con alto porcentaje de almidón. Entre las variedades de esta especie se pueden distinguir las denominadas “nativas comerciales”, donde se encuentran las variedades de mayor difusión, por su aceptación en los mercados. El mayor exponente es la variedad Waych’a, otras menos conocidas son: Sani Imilla, Imilla Blanca, Imilla Negra, Wila Imilla.

* Basado en los libros: “The potatoes of Bolivia: Their breeding value and evolutionary relationships” - HAWKES, J.G. y “Las papas de Sudamérica: Bolivia” - OCHOA, C.M.

Solanum tuberosum ssp. *tuberosum*

Es una especie tetraploide ($2n=4x=48$), que evolucionó después de su introducción a Europa, siendo adaptada a días largos con 14 a 20 horas de luz. Es de período vegetativo corto, de 3 a 4 meses. Los tubérculos son regulares y de buena forma, con ojos superficiales, de gran tamaño y escasos. En nuestro país las variedades de esta especie fueron traídas en los años 80 desde Holanda, por ello son más conocidas como “holandesas”. Entre las más comunes de esta especie se encuentran las variedades Desirée y Alpha.

Solanum stenotomum

En esta especie diploide ($2n=2x=24$), se presenta la mayor variación en cuanto a forma y color de los tubérculos, pudiendo ser de un sólo color o mezcla de dos o más colores. Variedades de esta especie son las que en los últimos años han ingresado a los mercados con la denominación de variedades “nativas”, entre éstas, las de forma alargada: Pinta Boca, Candelero, Canastilla, Wawilo y otros. Existen otras variedades con formas similares a las “imillas”, que tienen colores llamativos en el interior del tubérculo, comúnmente conocidas como “qoyllus”, entre éstas, tenemos la Yana Qoyllu y Puca Qoyllu.

Solanum phureja

Esta especie diploide ($2n=2x=24$), posee resistencia a varias enfermedades, tales como tizón tardío (*Phytophthora infestans*), marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*), nematodos (*Meloidogyne incognita*) y virus (Virus X y Y de la papa). Se la conoce por producir tubérculos con buenas propiedades culinarias. Posee altos contenidos de hierro y zinc, vitamina C y carotenos, carecen de dormancia y son precoces, como indica su nombre en aymara (phureja).

Solanum x ajanhuiri

Es una especie diploide ($2n=2x=24$), conocida también como "ajawiri" en Aymara. Posee plantas arrossetadas y hojas poco pilosas, con tolerancia a heladas. Existen principalmente dos grupos de esta especie, el primero son las “ajanhuiris” con tubérculos rugosos de colores que varían entre el negro y el rojo. El segundo, posee tubérculos de color claro de forma menos rugosa que el primero.

Solanum x chaucha

Es una especie triploide ($2n=3x=36$), considerada precoz, que produce entre 90 a 100 días. Es de tubérculos largos, fusiformes, con muchas yemas pequeñas, estrechas, superficiales y brotes blancos con pigmentación rosada o púrpura.

Solanum x juzepczukii

Las variedades de esta especie triploide ($2n=3x=36$), son cultivadas para la elaboración del “chuño”, ya que no es posible consumirlas directamente por su elevado contenido de glicoalcaloides, que le confieren un sabor amargo. Las variedades más conocidas son: Kaysalla, Wink'u y Moroco, que son resistentes a las heladas.

Solanum x curtilobum

Es la única especie cultivada pentaploide ($2n=5x=60$), las variedades comúnmente tienen la denominación de “choquepitu”. Su uso al igual que la anterior especie está destinado a la elaboración de “chuño” porque también presenta elevado contenido de glicoalcaloides.

LA PLANTA DE PAPA*

Julio Gabriel y Antonio Gandarillas

La papa es una planta dicotiledónea herbácea anual, autógama, con flores pentámeras de diversos colores. Los frutos son bayas de forma redonda como un pequeño tomate con 200 a 300 semillas, en quechua se denomina “mak'unku”.

Los tallos son herbáceos, angulares, generalmente de color verde o rojo púrpura. Las hojas adultas son compuestas, pero las primeras hojas provenientes del tubérculo pueden ser simples. Los estomas son más numerosos en la superficie inferior de las hojas. Las raíces y estolones se desarrollan a partir del tallo subterráneo, entre el tubérculo-semilla y la superficie del suelo. Por ello, la plantación del tubérculo-semilla debe ser a una profundidad que le permita una adecuada formación de raíces y estolones.

* Basada en los libros: “Potato Health Management” - ROWE, R. “Compendium of Potato Diseases Second Edition 2001” - STEVENSON, W.

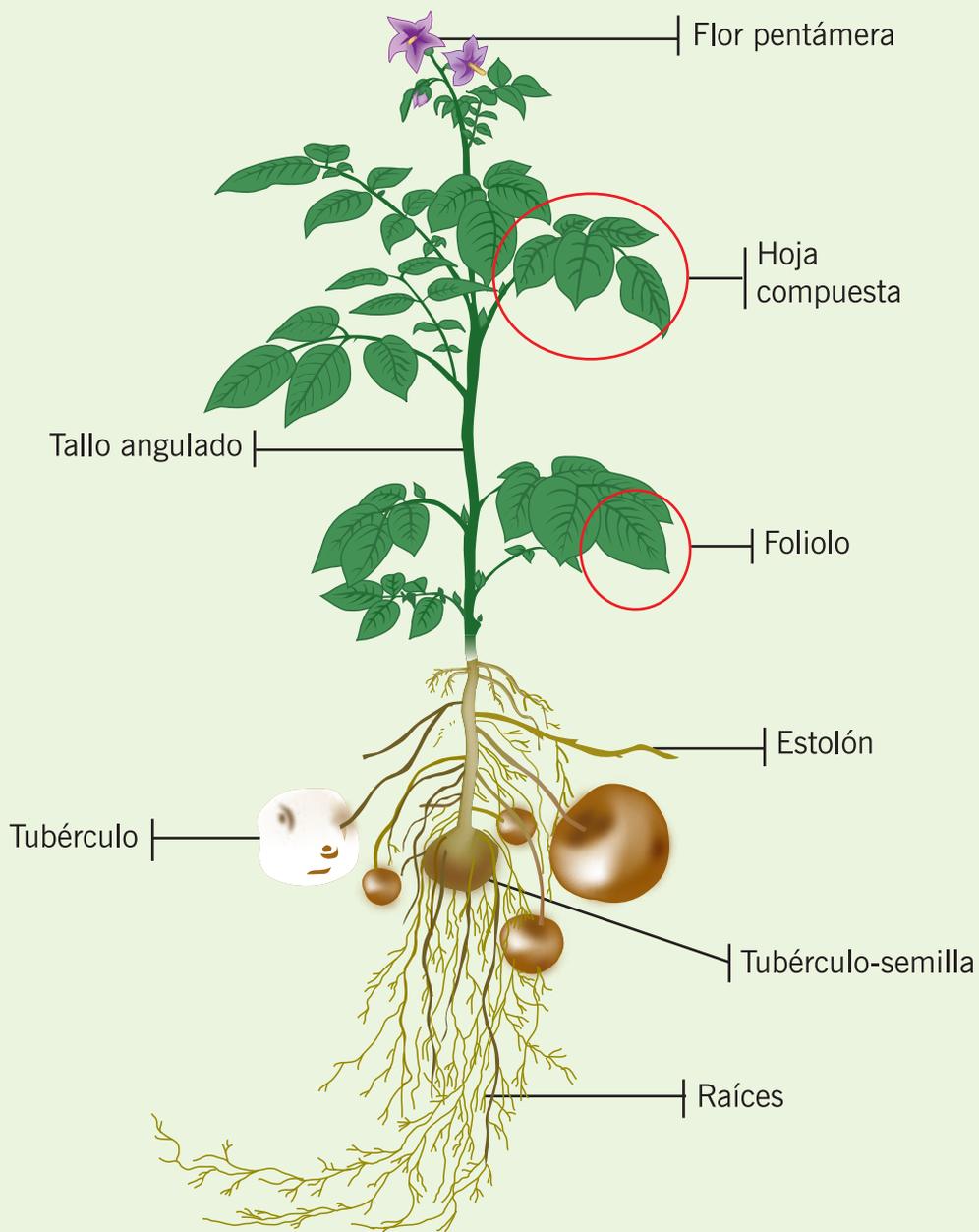


Fig. 1. Partes de la planta de papa

Los tubérculos son tallos modificados que se forman en el extremo del estolón, como consecuencia de la proliferación del tejido de reserva por una rápida división celular, donde se almacenan los hidratos de carbono en forma de gránulos de almidón. La unión del estolón con el tubérculo se rompe durante la cosecha, quedando como una pequeña cicatriz.

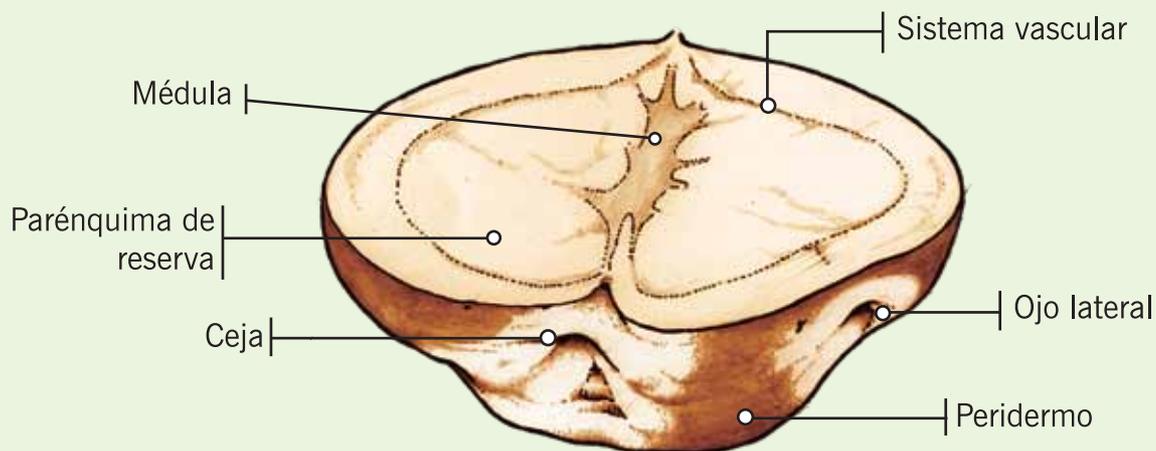


Figura 2. Disección de un tubérculo de papa

Al constituirse el tubérculo, la epidermis del tallo da lugar al peridermo. El peridermo en tubérculos maduros semeja una capa corchosa compuesta de 6 a 10 capas de células en forma de ladrillos. Los estomas que se encuentran en la epidermis del tallo dan lugar a las lenticelas en el tubérculo, estas aberturas permiten el intercambio gaseoso, ya que el peridermo es relativamente impermeable. Las lenticelas proporcionan vías de penetración de diversos patógenos. Bajo condiciones de alta humedad en el suelo, las lenticelas del tubérculo se agrandan y sobresalen, formando pequeñas protuberancias blancas de aproximadamente 0.5 mm de diámetro.

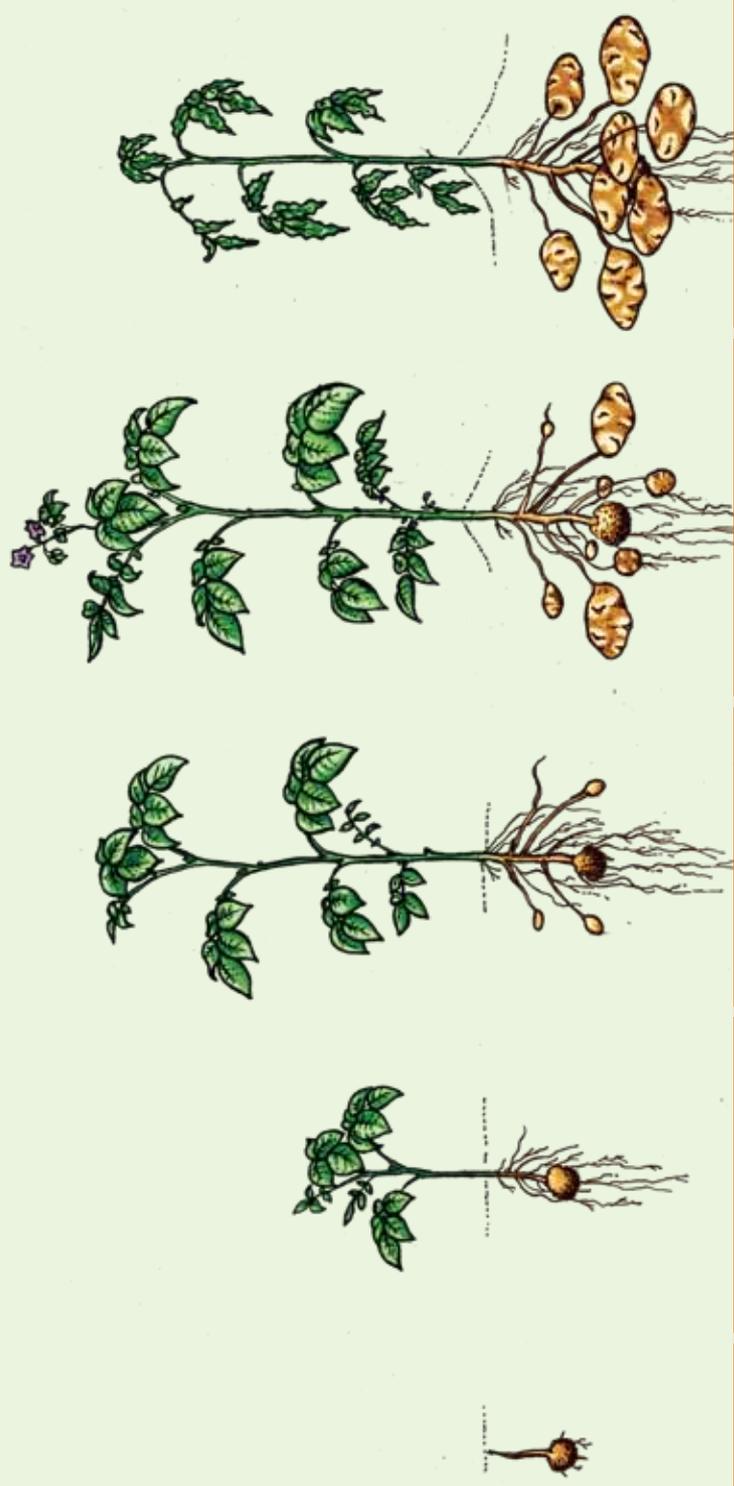
Las raíces provenientes de tubérculos-semilla tienen un sistema fibroso de raíces laterales, que emergen generalmente en grupos de tres, a partir de los nudos de los tallos subterráneos. Los puntos de emergencia de las raíces provocan heridas que se constituyen en vías de penetración para uno o muchos patógenos de suelo.

EL MANEJO DE LA SALUD DE UNA PARCELA DE PAPA*

Antonio Gandarillas y Noel Ortuño

Para poder manejar un cultivo de papa en un estado de salud óptimo, es necesario entender el desarrollo y crecimiento de las plantas, para ello, hemos dividido el crecimiento en cinco estadíos (Figura 3):

* Basada en los libros: "Potato Health Management" - ROWE, R.. "Compendium of Potato Diseases Second Edition 2001" - STEVENSON, W. "Entomology and Pest Management", PEDIGO, Larry P.



- Estadio 1
Desarrollo de brotes
- Estadio 2
Crecimiento vegetativo
- Estadio 3
Inicio de formación de tubérculos
- Estadio 4
Llenado del tubérculo
- Estadio 5
Maduración

Figura 3. Estadios de desarrollo y crecimiento de la planta de papa.

<p>Estadio de Crecimiento I. Desarrollo de brotes</p>	<p>Estadio de Crecimiento II. Crecimiento vegetativo</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Los brotes se desarrollan del tubérculo-semilla y crecen hacia arriba para emerger del suelo. • Las raíces se desarrollan de la base de los brotes en emergencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las hojas y los tallos se desarrollan a partir de los nódulos de los brotes que han emergido. • Las raíces y estolones se desarrollan de los nódulos que se encuentren en crecimiento en el suelo.
<p>Estadio de Crecimiento III. Inicio de formación de los tubérculos</p>	<p>Estadio de Crecimiento IV. Llenado del tubérculo</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Los tubérculos se forman en las puntas de los estolones pero no presentan un crecimiento apreciable. • En varios cultivares el final de este estado coincide con la primera floración. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las células del tubérculo se expanden con la acumulación de agua, nutrientes y carbohidratos. • Los tubérculos se constituyen en el mayor almacén de carbohidratos y nutrientes.
<p>Estado de Crecimiento V. Maduración</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • El follaje amarillea y se caen las hojas, la fotosíntesis se reduce, el crecimiento de los tubérculos se detiene y el follaje muere. • El contenido de materia seca alcanza su punto máximo y la piel del tubérculo se fija. 	

Idealmente, una planta de papa sana es la que puede llevar a cabo todas sus funciones fisiológicas, expresando todo su potencial genético en los cinco estadios de desarrollo. Esto implica la rápida emergencia de los brotes, el desarrollo de un sistema de raíces y follaje fuerte, el uso eficiente de nutrientes minerales y agua, una óptima tasa de fotosíntesis, el desarrollo y crecimiento uniforme de los tubérculos, y la máxima traslocación de los productos de la fotosíntesis a los tubérculos.

Sin embargo, en condiciones reales, nunca se logra obtener una planta perfectamente sana, por la interferencia de varios factores, como los ambientales, las enfermedades, los insectos-plaga y los nematodos.

Entre los factores ambientales tenemos la temperatura, las condiciones de suelo, la disponibilidad de agua y nutrientes para la planta, que pueden limitar el crecimiento de la planta y la tasa de fotosíntesis.

El gran número de enfermedades que atacan a la papa, provocan desórdenes en los procesos fisiológicos de la planta, que se expresan con algún tipo de síntoma, llegando a destruir las raíces y el follaje o dañando los tubérculos. Las enfermedades son causadas por microorganismos, incluyendo, hongos, bacterias, fitoplasmas, virus y viroides.

Los insectos-plaga que afectan a la papa son de tres tipos. Los primeros, son fácilmente visibles, se alimentan del follaje de la planta, como el challu (*Epicauta* sp.) de la papa. Los segundos, no son tan evidentes porque dañan las raíces o los tubérculos, como la gallina ciega (*Anomala inconstana*). Finalmente, están los que pueden transmitir virus, como los áfidos (*Myzus persicae*) y cigarritas (*Empoasca*), que se alimentan de la savia de la planta. En general, los insectos limitan la absorción de nutrientes, el movimiento de agua, la fotosíntesis, y el desarrollo de los tubérculos.

Los nematodos, son gusanos microscópicos que son comunes en los suelos donde se produce papa, se alimentan de las raíces y los tubérculos, retardando el crecimiento de las plantas y causando daño directo sobre los tubérculos. Algunas especies de nematodos pueden transmitir ciertos tipos de virus o interactuar con ciertos hongos, incrementando la severidad de las enfermedades en las raíces.

LAS DECISIONES PARA UNA ESTRATEGIA DE MANEJO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES*

Antonio Gandarillas y Noel Ortuño

El manejo de la salud de la planta dentro de un ecosistema agrícola, consiste en manipular los factores de producción, para proveer las condiciones necesarias que optimicen el desarrollo de la planta y minimicen los efectos de las plagas

Los componentes de una estrategia de manejo de plagas viable, son explicados como tres niveles de decisión (Gráfica 1).

* Basada en los libros: "Potato Health Management" - ROWE, R.. "Compendium of Potato Diseases Second Edition 2001" - STEVENSON, W. "Entomology and Pest Management", PEDIGO, Larry P.



Gráfica 1: Estrategia para el manejo de plagas

El primer nivel consiste en el uso de prácticas dirigidas a excluir o evadir los insectos-plaga, parásitos y los patógenos en zonas libres de éstos. El objetivo es evitar el establecimiento de la plaga en una nueva zona, o evitar el contacto de ésta con un cultivo como procedimiento de cuarentena interna.

Los tubérculos-semilla son portadores de un gran número de plagas. Por ejemplo, se debe evitar la diseminación del nematodo Rosario (*Nacobbus aberrans*) a zonas libres o con baja incidencia como Villazón. Como otro ejemplo, se puede mencionar a la marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*), que puede ser diseminada de manera asintomática de zonas semilleras a nuevas zonas libres de la bacteria.

La práctica más importante de exclusión es el uso de tubérculos-semilla provenientes de un sistema certificado de producción de semilla, que garantiza que la semilla está libre de plagas de importancia en la cuarentena interna.

El segundo nivel consiste en el uso de prácticas para limitar la población inicial de la plaga que no puede ser evitada, es decir, que es endémica y se presenta cada año. Estas prácticas, están dirigidas a mantener la población de

las plagas por debajo del nivel de daño económico desde el inicio de la gestión agrícola. En este nivel, tenemos la rotación de cultivos, la eliminación de fuentes de inóculo como las plantas voluntarias, k'ipas o malezas conocidas como hospedantes, la eliminación de rastros y el control de focos de infestación en los almacenes, como por ejemplo los gorgojos, la limpieza de los almacenes para evitar polillas, etc.

El tercer nivel consiste en prácticas que minimizan el desarrollo de la epidemia de una plaga durante el desarrollo del cultivo. En este nivel se tiene el uso de variedades resistentes, la aplicación de bioplaguicidas o plaguicidas sintéticos, prácticas culturales como distanciamiento entre surcos, altura del aporque, rotación de cultivos, manejo de la fertilidad y del agua de riego.

El desafío para la producción de un cultivo de papa sano, es la selección de un grupo de prácticas apropiadas, que den como resultado un cultivo de calidad que maximice los retornos económicos. Se debe entender el potencial genético de la variedad y las limitaciones propias de la parcela de cultivo, como el tipo de suelo, la disponibilidad de riego, etc. Luego, hay que tomar en cuenta las condiciones ambientales y la incidencia de plagas.

El objetivo final es ajustar los insumos de producción, de manera que se produzca un cultivo de alta calidad, que optimice los retornos financieros y minimice los impactos no deseados sobre la salud humana y el medio ambiente.

Enfermedades

Enfermedades Bacterianas

MARCHITEZ BACTERIANA

Ralstonia solanacearum

Oscar Barea
Victor Alvarez

Nombre científico

Ralstonia solanacearum.

Nombre común

Español: Marchitez bacteriana, marchito, seca-seca.

Quechua: Qawi, qawira.

► Importancia

La marchitez bacteriana en nuestro país es una enfermedad cuarentenaria, que fue introducida en 1985, a través de semilla de papa importada de Argentina. Está presente principalmente en zonas de valle y trópico.

Los porcentajes de pérdidas varían según las condiciones agroecológicas de las zonas productoras y su nivel de infestación. En Tarija, en el Valle de San Andrés, se reportaron pérdidas entre el 25 y 75%; en Chuquisaca, en las comunidades semilleras de la Cordillera de El Rosal y las zonas misk'eras de la provincia Tomina y Belisario Boeto entre 17 y 24%. En Santa Cruz, en la zona de Valle Grande entre 25 y 50%.

En Cochabamba la enfermedad ha sido detectada de forma latente en algunas zonas semilleras ubicadas por encima de los 2.800 msnm, este hecho es preocupante, considerando que este departamento es el principal productor y proveedor de semilla de papa del país.

Se estima que 15.000 hectáreas destinadas a la producción de papa en el país están infestadas con la bacteria, lo que representa una pérdida económica aproximada de \$US 16,5 millones/anuales.



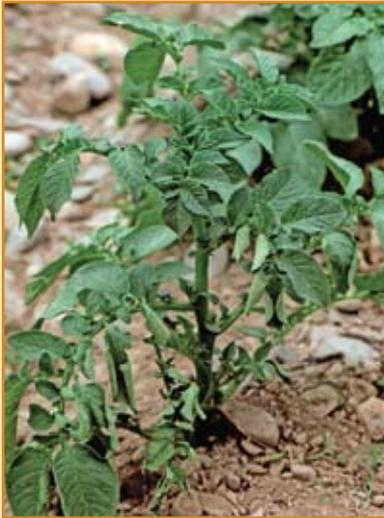


Foto 1. Síntomas iniciales de marchitez en los foliolos de un lado de la planta.



Foto 2. Planta afectada con el típico síntoma de marchitez unilateral.



Foto 3. Planta marchita rodeada de plantas sanas.

► Sintomatología

El marchitamiento unitaleral de la planta es un síntoma inicial, que luego deriva en el marchitamiento total (Fotos 1, 2 y 3). En los campos de cultivo pueden presentarse grupos de plantas marchitas a manera de “manchones”.

Los síntomas en tubérculos se observan mediante un corte transversal del mismo. Al presionar suavemente el tubérculo, de la zona del anillo vascular se desprende un mucilago bacteriano a manera de pequeñas gotas en forma de pus (Fotos 4 y 5). En tubérculos muy infectados, el mucilago sale a través de los ojos como una sustancia lechosa.

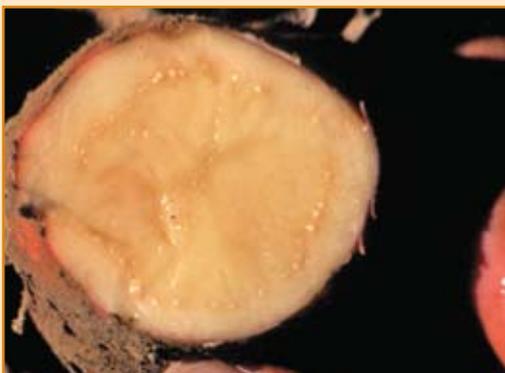


Foto 4. Síntomas de marchitez bacteriana en tubérculo.



Foto 5. Mucilago saliendo por los haces vasculares del tubérculo (Fotografía: CIP).

Al momento de la cosecha, la pudrición de los tubérculos es más frecuente en los valles con temperaturas mayores a 20° C. Durante el almacenamiento, la pudrición de los tubérculos suele aumentar y se contaminan las papas sanas. Este proceso se puede acelerar si las condiciones de temperatura y humedad son favorables en los lugares de almacenamiento.

► Ciclo de la enfermedad y diseminación

La diseminación se produce principalmente a través del tubérculo-semilla, que provoca la infestación y colonización de la parcela por la bacteria. Otras vías secundarias de diseminación, cuando la enfermedad ya está presente en el suelo, son: el agua de riego, las herramientas y equipos, las personas y animales de trabajo que transitan en los campos de cultivo.

Las heridas producidas por nematodos e insectos de suelo pueden incrementar la infección por la bacteria. Las plantas voluntarias o k'ipas y los hospedantes alternantes de la bacteria como el tomate, son un refugio para este microorganismo, facilitando su permanencia en el suelo y acelerando su multiplicación.

En zonas altas y frías, apropiadas para la producción de semilla, la bacteria patógena puede estar presente, sin que las plantas muestren síntomas, lo que se conoce como infección latente, que ha sido observada en algunas zonas semilleras de Cochabamba. El diagnóstico del estado latente se realiza mediante la prueba NCM-ELISA.

El diagnóstico práctico de campo se realiza mediante la prueba de flujo, que consiste en cortar un pedazo (3 a 4 cm) de tallo enfermo de la parte basal (cuello de la planta), luego es colocado en un vaso o tubo de ensayo con agua cristalina por cinco minutos, si la planta está enferma se observará un flujo bacteriano en forma de humo (Foto 6).

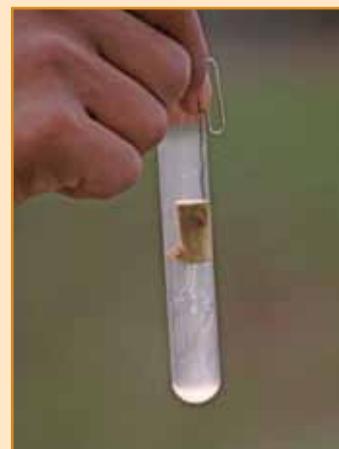


Foto 6. Prueba de flujo mostrando el exudado bacteriano.

► Estrategia de manejo integrado

El manejo integrado de la marchitez bacteriana, no contempla el componente químico por su baja efectividad y alto costo, ni se conocen variedades con tolerancia aceptable. Por lo tanto, es importante el manejo preventivo de la enfermedad mediante componentes culturales y físicos, que presenta diferencias entre parcelas libres de la enfermedad y las ya infestadas.

Parcelas libres de marchitez bacteriana:

- *Semilla libre de la enfermedad.* Usar semilla sana de origen conocido y preferentemente certificada, garantizando así la no introducción de la bacteria al predio del agricultor.
- *Sembrar en suelo sano.* Muy importante para la producción de tubérculos-semilla. Siguiendo esta recomendación y el uso de semilla certificada, se asegura el éxito en la sanidad y producción de semilla.
- *Usar equipos y herramientas limpias para las labores culturales.* Es recomendable desinfectar las herramientas, y si es posible, usar herramientas exclusivas para campos libres y otras para campos infestados.
- *Aplicar en forma periódica enmiendas orgánicas (gallinaza).* Investigaciones de PROINPA han determinado que el uso de gallinaza entre 20 a 30 toneladas por hectárea, ayuda a reducir la incidencia de la enfermedad y a aumentar la productividad del suelo. La aplicación de la gallinaza debe realizarse dos a tres meses antes de la siembra, o cuando el estiércol esté maduro o compostado.

Parcelas infestadas con marchitez bacteriana:

- *Usar semilla libre de marchitez bacteriana.*
- *Eliminar las plantas enfermas.* La eliminación de plantas enfermas, se justifica cuando la infestación en el campo no supera el 5%. Se debe extraer cada planta con la porción de tierra cercana a las raíces, luego ésta debe ser enterrada en un hoyo y tapada con tierra, preferentemente con cal.
- *Cuidar el paso de los animales por el campo infestado.* Es frecuente que los animales lleven tierra en las patas, y en ella la bacteria, por tanto, es mejor cercar las parcelas infestadas, o cuidar que los animales no ingresen con facilidad a los terrenos o barbechos.
- *Eliminar las malezas.* En las zonas paperas existen malezas que actúan como hospedantes de la bacteria, por tanto, deben ser eliminadas para reducir el inóculo en el suelo.
- *Realizar labores culturales mínimas.* Debido a los niveles altos de infestación y al monocultivo de papa, se recomienda realizar la menor cantidad de labores culturales, para perturbar lo menos posible el suelo y así reducir la diseminación de la bacteria.

- *Recoger las papas derramadas y podridas.* Un componente clave en el manejo de la enfermedad es eliminar los residuos de cosecha, por ello se sugiere recoger las papas podridas, cocinarlas y enterrarlas o alimentar a los cerdos con ellas.
- *Rotación de cultivos con cereales y leguminosas.* Está demostrado que la rotación de cultivos, preferentemente cereales o leguminosas que aportan nutrientes al suelo, reducen sustancialmente el inóculo de la bacteria en el terreno. Las rotaciones recomendadas son: leguminosa-cereal-papa o leguminosa-cereal-leguminosa-papa.
- *Dejar los suelos en descanso y voltear el suelo en invierno.* Esta es una práctica que en zonas ubicadas por encima de los 2.500 msnm, facilita la eliminación de la bacteria del suelo, debido a los cambios bruscos de temperatura; además facilita la eliminación de otras plagas de suelo.

LA PIERNA NEGRA Y LA PUDRICIÓN BLANDA DE LA PAPA

Erwinia carotovora y *E. atroseptica*

Víctor Álvarez
Oscar Navia
Giovanna Plata

Nombre científico

Erwinia carotovora y
E. atroseptica.

Nombre común

Español: Pierna negra.

Quechua: Yana onqoy.

► Importancia

En Bolivia la "pierna negra" en las plantas de papa y la "pudrición blanda" en los tubérculos son enfermedades comunes en años lluviosos y en zonas húmedas de altura y de valle. Estas enfermedades son causadas por dos especies de *Erwinia*: *E. carotovora* ssp. *atroseptica*, y *E. carotovora* ssp. *carotovora*. En almacenamiento, la pudrición blanda puede ser un limitante serio, ya que bajo condiciones inadecuadas las pérdidas llegan hasta un 100%, principalmente en variedades de la ssp. *tuberosum*.



► Sintomatología

La "pierna negra" puede aparecer en cualquier etapa del desarrollo de la planta, cuando la humedad es excesiva y está presente el patógeno. Lesiones negras (pudrición acuosa) van ascendiendo por el tallo, desde un tubérculo-semilla con pudrición blanda (Foto 1).

Foto 1. Síntomas de pierna negra en tallos de papa de la variedad Waych'a.

La planta inicialmente erecta, se marchita (Foto 2) y se torna amarillenta, hasta finalmente morir (Foto 3).



Foto 2. Síntomas de marchitamiento.



Foto 3. Síntomas de clorosis en la variedad Waych'a.

La pudrición blanda se caracteriza porque se produce la maceración del tejido parenquimatoso del tubérculo. La enfermedad entra por las lenticelas y/o heridas, donde producen lesiones circulares cóncavas y blandas. Los tejidos afectados se descomponen por la actividad de enzimas pectolíticas producidas por la bacteria, siendo fácil separar el tejido enfermo del sano (Foto 4). Frecuentemente acompaña a la pudrición un olor desagradable que es causado por la presencia de microorganismos secundarios.



Foto 4. Síntomas de maceración parenquimatosa en un tubérculo de la variedad Waych'a.

► **Diseminación y ciclo de la enfermedad**

La bacteria *Erwinia* spp., vive en el suelo por muchos años, se puede indicar que no hay campos absolutamente libres de alguna especie de *Erwinia*. Las fuentes de infección pueden ser el suelo y los tubérculos-semilla. Durante el almacenamiento, la infección puede ser más seria que en el campo, cuando no se realiza una buena selección y se introducen tubérculos infectados al almacén, particularmente bajo condiciones de poca ventilación.

► Estrategia de manejo integrado

El manejo integrado para esta enfermedad es principalmente de tipo preventivo ya que no existen productos para controlarla a nivel de campo.

- Evitar la siembra en suelos húmedos.
- Cosechar los tubérculos cuando tienen la piel fija y no exponerlos al sol.
- Usar como semilla tubérculos sanos procedentes del sistema de certificación.
- Realizar rotaciones con gramíneas y/o leguminosas como: maíz, trigo, cebada, alfalfa.
- Cuando la incidencia es baja, se recomienda realizar el descarte de plantas y en los hoyos de las plantas extraídas llenar con un puñado de cal o estiércol descompuesto (compost) de gallina.
- Evitar que los tubérculos estén húmedos cuando son almacenados, especialmente los de la ssp. *tuberosum* porque son más susceptibles.
- Los almacenes pueden ser fácilmente limpiados con el empleo de algunos desinfectantes, como lavandina al 3% (Hipoclorito de sodio).

SARNA COMÚN

Streptomyces scabies

Victor Álvarez
Hermeregildo Equize
Giovanna Plata
Oscar Barea

■ **Nombre científico**
Streptomyces scabies.

■ **Nombre común**
Español: Sarna común.
Quechua: Karacha.

► **Importancia**

Esta enfermedad fue introducida al país mediante tubérculos de sanidad desconocida, conjuntamente a la marchitez bacteriana en los años 80. La enfermedad se halla distribuida en los valles de Cochabamba, Chuquisaca, Tarija y Santa Cruz, a alturas menores de los 3.000 msnm, con incidencias que pueden llegar hasta es 90%.

La karacha causada por la bacteria *Streptomyces scabies* es una enfermedad que afecta principalmente la calidad comercial de los tubérculos, y ha tomado importancia debido a la comercialización, cada vez más frecuente, de papa lavada.

Las variedades más difundidas en el país como Waych'a y Desirée son susceptibles a la karacha, sin embargo las variedades nativas manifiestan cierta resistencia. No se ha observado su presencia en zonas de altura productoras de semilla.

► **Sintomatología**

La bacteria infecta a través de las lenticelas y de las heridas en los tubérculos, los síntomas varían de acuerdo a la variedad y la concentración del inóculo de la bacteria en el suelo. Durante la cosecha se observan lesiones de formas irregulares (*S. scabies*) de aspecto corchoso color café, semi-profundas o cóncavas (Fotos 1 y

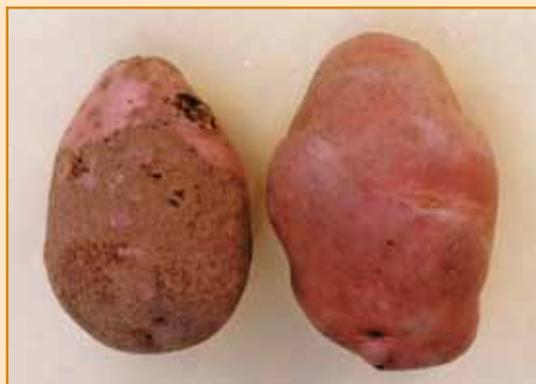


Foto 1. Síntomas de *Streptomyces scabies* en la variedad Desirée (izquierda) y tubérculo sano (derecha).

2), o lesiones reticulares superficiales provocadas por *S. reticuliscabiei* (Foto 3). El diámetro de las lesiones en *S. scabies*, puede alcanzar los 15 mm; dependiendo de la severidad de la enfermedad, las lesiones coalescen formando grandes heridas que deterioran significativamente la calidad de papa.



Foto 2. Síntomas avanzados de *Streptomyces scabies* en tubérculos del cultivar Desirée.



Foto 3. Síntomas de sarna reticulada, mostrando lesiones superficiales.

► Diseminación y ciclo de la enfermedad

La bacteria es un habitante natural del suelo, sobrevive saprofiticamente en residuos de cosecha de raíces y tubérculos infectados, en raíces de otras plantas hospedantes y en materia orgánica como el estiércol de animales vacunos, ingresa por las lenticelas y ocasionalmente por heridas.

El patógeno sobrevive en las lesiones de los tubérculos almacenados, pero la incidencia y severidad de la enfermedad no se incrementan durante el tiempo de almacenaje.

La presencia de humedad en el suelo durante el período crítico de formación de tubérculos reduce la infección, en cambio las condiciones de sequía, incrementan la incidencia y la severidad.

Los suelos con alto contenido de materia orgánica favorecen el desarrollo de la enfermedad, por esta razón, las aplicaciones de guano de corral fresco o el estiércol de los animales que pastorean en los campos, pueden incrementar la sobrevivencia del patógeno y la incidencia de la enfermedad.

Los tubérculos-semilla infectados no representan una fuente de infección, porque los tubérculos se infectan principalmente por el inóculo presente en el suelo.

► Estrategia de manejo integrado

Para el control de esta enfermedad se recomiendan las siguientes prácticas culturales:

- Usar tubérculos-semilla libres de la enfermedad. La semilla debe ser certificada, y de zonas altas, particularmente cuando se cultiva la variedad Desirée que es más susceptible.
- El monocultivo incrementa la incidencia de la enfermedad, por ello, se recomienda realizar rotaciones con gramíneas y/o leguminosas como: maíz, trigo, cebada, alfalfa, para reducir el inóculo del suelo. Los cultivos de cobertura total, como los cereales, tienen la ventaja de evitar la emergencia de k'ipas u otro hospedante de la enfermedad. La rotación también es útil para el manejo de la marchitez bacteriana.
- Evitar la rotación con plantas hospedantes como remolacha, nabo y zanahoria.
- Evitar la siembra en suelos ácidos, caso contrario, se recomienda la adición de cal dolomítica.
- Evitar o limitar las aplicaciones de estiércol no descompuesto en parcelas libres de la enfermedad, ya que se puede introducir al patógeno o favorecer las condiciones para su desarrollo.
- En terrenos infestados utilizar compost de gallina, para lograr reducciones de la incidencia de más del 20%.

SAQ'O DE LA PAPA

Víctor Álvarez
Carmen Calderón
Antonio Gandarillas

Nombre común

Saq'o Papa, es una palabra quechua que los agricultores usan para aquellas plantas de papa que están degeneradas ("cansadas") y ya no producen ni sirven como semilla.

Al presente no se conoce el agente causal del saq'o, aunque por los síntomas en las plantas de papa, como son descritos posteriormente, se presume que sea un fitoplasma.

Los fitoplasmas son organismos parecidos a las bacterias pero sin pared celular que pertenecen a la Clase *Mollicutes*. Las enfermedades que ocasionan los fitoplasmas presentan síntomas muy característicos que permiten una primera identificación.

Importancia



El saq'o es una enfermedad importante en zonas de valle (entre los 2.500 y los 3.000 msnm), particularmente en las provincias de Mizque, Arani, Punata y Tiraque de Cochabamba. En estas zonas se pueden observar incidencias hasta de un 55%. El saq'o también ha sido observado en los departamentos de La Paz, Oruro, Potosí y Tarija. En Tarija la enfermedad recibe el nombre de "suncha" o "lojra".

La variedad más susceptible es la Sani Runa, la cual en los últimos años casi ha dejado de ser sembrada en Cochabamba, en gran medida a causa del saq'o de la papa. Otras variedades como la Waych'a también son atacadas por esta enfermedad, pero con menor intensidad.

Estudios de PROINPA han determinado que el saq'o reduce los rendimientos entre el 20 y el 40%, además de afectar el valor comercial de los tubérculos, la enfermedad, afecta su tamaño, color y sabor.

► Sintomatología

La sintomatología que se describe está basada en observaciones de campo, respaldadas por trabajos de laboratorio e invernadero en los que se ha descartado la presencia de virus que afectan comúnmente al cultivo de papa.

Entre estos síntomas se encuentran cambios en el equilibrio hormonal de las plantas, que dan lugar a cambios de coloración, como clorosis, enrojecimiento, virescencia (los pétalos toman color verde), proliferación de órganos, enrollamiento, enanismo y decaimiento general.

El saq'o produce síntomas en el follaje, las flores, raíces-estolones y tubérculos, que pueden tener variaciones en función de la variedad y las condiciones climáticas. A continuación se describen los síntomas típicos en la variedad Sani Runa:

- **Follaje.** Las plantas presentan clorosis generalizada. Los folíolos muestran clorosis, reducción de tamaño, enrollamiento y antocianescencia (morada en el caso de la variedad Sani Runa) en el envés de las hojas (Foto 1). En el caso de la variedad Waych'a las hojas son más anchas que las normales, rugosas y ligeramente cloróticas. Un síntoma muy característico es la proliferación de tallos, los que generalmente son débiles. Conforme la enfermedad progresa se acentúa la sintomatología.

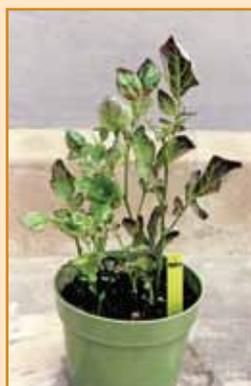
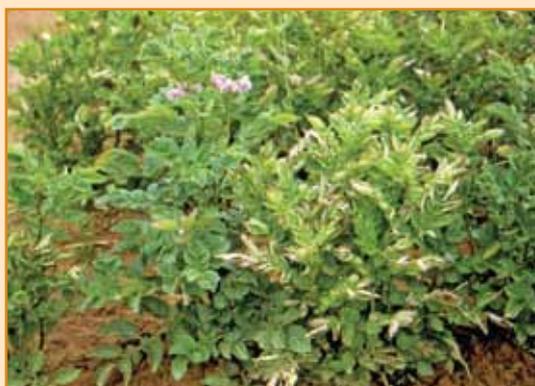


Foto 1. Síntomas de clorosis generalizada, antocianescencia y enrollamiento en el follaje

- **Flores.** Plantas infectadas con esta enfermedad muestran decoloración de las flores, acortamiento del pedúnculo y reducción del tamaño de la flor. En casos severos las plantas enfermas presentan una floración reducida o no florecen.



Foto 2. Tubérculo sano con ojos profundos (izquierda) y tubérculo con saq'o con ojos superficiales (derecha).

- **Tubérculos, raíces y estolones.** Existe una alta proliferación de raíces, estolones y tubérculos. Estos últimos se presentan en gran cantidad pero son de tamaño reducido, de un color diferente al normal, con ojos superficiales (Foto 2). La sintomatología descrita, puede ser observada en una fase más temprana bajo condiciones de valle (2.500 msnm) y en una fase tardía bajo condiciones de altura (3.000 msnm).

Los tubérculos de plantas con saq'o pueden producir múltiples brotes ahilados que contrastan con el brote vigoroso de los tubérculos sanos. La pulpa de los tubérculos cambia de color crema normal a blanquecino y no son apetecidas para consumo humano por su sabor picante (Foto 3).



Foto 3. Tubérculo sano con pulpa de color crema (izquierda), tubérculo enfermo con saq'o con pulpa blanquecina (derecha).

► **Diseminación y ciclo de la enfermedad**

Como se indicó, se presume que el saq'o sea causado por un fitoplasma, éstos se caracterizan por ser transmitidos por cigarritas. Se tienen evidencias de que la enfermedad pasa a través de los tubérculos-semilla y que la misma se incrementa de una generación a otra, causando en forma progresiva la reducción del rendimiento.

► Estrategia de manejo integrado

- **Semilla sana.** La forma más adecuada y efectiva del manejo del saq'o es mediante el uso de semilla sana, proveniente del sistema de producción de semilla certificada.
- **Descarte de plantas afectadas.** Esta es una práctica que los agricultores la denominan "saq'eo" y la aplican desde hace muchos años, basados en el conocimiento de que los tubérculos de estas plantas no sirven para semilla. El saq'eo se practica en planta en cuanto los síntomas así lo permiten, especialmente en las etapas de la floración y la cosecha (Foto 4).



Foto 4. Saq'eo en la variedad Runa, en la que se diferencian los tubérculos sanos (izquierda) y los enfermos (derecha).

Enfermedades Fungosas

CARBÓN DE LA PAPA

Angiosorus solani

Giovanna Plata

Nombre científico

Angiosorus solani.

Nombre común

Español: Carbón.

Quechua: Musuru.

► Importancia

En Bolivia, el carbón de la papa se presenta en algunas zonas específicas de las ciudades de La Paz y Cochabamba, entre los 2.500 y 3.000 msnm.

A nivel mundial, se han estimado pérdidas que alcanzan el 85% de la producción, aunque en nuestro país no sobrepasa el 10%. Esta enfermedad afecta a variedades nativas y mejoradas.

En algunos lugares del país, como en el caso de Cliza - Cochabamba, el carbón de la papa es parte de la gastronomía; los agricultores seleccionan los tubérculos con menos del 50% de daño, los cocinan en agua, los desmenuzan con las manos y lo sirven acompañado con un estofado de carne picada en cuadraditos.

► Sintomatología

Las plantas enfermas muestran hipertrofias o tumores carbonosos que se desarrollan en los tubérculos (Foto 1), tallos y estolones. La enfermedad sólo afecta órganos subterráneos y no manifiesta síntomas a nivel de follaje,

Foto 1. Síntomas típicos de carbón en tubérculos del cultivar Waych'a.



lo cual dificulta el poder determinar su presencia durante el desarrollo del cultivo, por tanto, se detecta únicamente al momento de la cosecha.



Los tumores tienen externamente una superficie irregular, con lóbulos que sobresalen y hendiduras profundas. Cuando se realiza un corte transversal, se observan cavidades dispuestas a manera de estrías radiales, donde se encuentran las soras o bolsas que contienen esporas de color café claro (Foto 2).

Foto 2. Comparación entre un tubérculo sano (izquierda) y un tubérculo afectado por *Angiosorus solani* (derecha).

► **Diseminación y ciclo de la enfermedad**

La forma más común de diseminación de la enfermedad es a través de los tubérculos infectados. Una vez que el carbón infesta el suelo puede permanecer latente hasta por siete años. También puede trasladarse por el agua de riego y el suelo.

La infección se produce en la primera etapa de desarrollo de la planta, y es favorecida por el contenido de humedad en el suelo, aunque la alta salinidad también puede incrementar la infección.

► **Estrategia de manejo integrado**

Las recomendaciones de manejo deben ser consideradas en zonas húmedas donde se ha presentado la enfermedad:

Prácticas culturales:

- Utilizar semilla sana procedente de campos libres de la enfermedad.
- Eliminar tubérculos, tallos y estolones enfermos.
- Evitar el monocultivo, porque estimula el incremento y la propagación del hongo.
- Realizar rotaciones largas, porque el hongo puede permanecer viable por más de 7 años en la parcela.

- Mantener los campos libres de malezas, uno de los hospedantes alternantes es el chamico (*Datura stramonium*).

Resistencia Genética:

- La variedad “Revolución” es resistente al carbón, su cultivo ayuda a disminuir significativamente la incidencia de la enfermedad.

Control Legal:

- El carbón es una enfermedad exótica, por lo tanto se debe evitar su introducción a zonas libres. Donde ya está presente se debe establecer un programa de erradicación.

MANCHAS FOLIARES FUNGOSAS

Oscar Navia
Giovanna Plata
Antonio Gandarillas

Nombre científico

Alternaria solani,
Cercospora solanicola,
Cercospora solani,
Septoria lycopersici y
Phoma andina.

Nombre común

Español: Manchas foliares, tizón temprano, manchón foliar, mancha anular, pasmo amarillo.

Quechua: Ch'ejchi onqoy, k'ellu onqoy, ch'ejchirillo.

► Importancia

Las manchas foliares fungosas son un grupo de enfermedades que comprenden el tizón temprano causado por *Alternaria solani*; el manchón foliar causado por *Cercospora solanicola* y *Cercospora solani*; la mancha anular causada por *Septoria lycopersici* y la mancha foliar causada por *Phoma andina*. Entre éstas la más común, a nivel mundial y en Bolivia, es el tizón temprano.

Bajo condiciones favorables de temperatura y alta humedad o lluvia, las manchas foliares fungosas pueden ocasionar reducciones significativas en los rendimientos, con pérdidas de hasta un 70%.

Las variedades mejoradas resistentes al tizón tardío, como Runa Toralapa, Puka Toralapa y Musuj son más susceptibles a las manchas foliares, con respecto a las variedades nativas como Waych'a.



► Sintomatología

- ***Alternaria solani***, produce lesiones de color café oscuro, muchas veces presentando anillos concéntricos que pueden formar una gran lesión. Es frecuente observar clorosis alrededor de las lesiones (Foto 1 y 2), las que se inician en las hojas inferiores, para luego ir ascendiendo a toda la planta, causando un amarillamiento generalizado hasta la muerte de la planta. *A. solani* es más prevalente en plantas en senescencia, pobres en nutrición o que estén sufriendo algún estrés.



Foto 1. Síntomas iniciales causados por *A. solani*



Foto 2. Síntomas avanzados causados por *A. solani*.

- ***Cercospora* spp.** Produce lesiones café oscuro, con el centro de color claro. En condiciones de humedad se produce una vellosidad blanca en el centro de la lesión, que es la esporulación del hongo (Foto 3). De lejos tiene la misma apariencia de un ataque de tizón tardío. Se desarrolla a temperaturas frescas y condiciones de alta humedad, igual a las condiciones que favorecen a *P. infestans*.



Foto 3. Síntomas de manchón foliar causado por *Cercospora* spp.

- ***Septoria lycopersici***. Causa lesiones separadas en alto relieve, de una tonalidad café oscuro, muchas veces con un color más claro al centro y presenta anillos concéntricos en los márgenes. En el centro de las lesiones, se forman pequeños cuerpos negros llamados picnidias dentro de los cuales se forman las esporas (Foto 4).



Foto 4. Síntomas de mancha foliar causado por *Septoria lycopersici*.

- ***Phoma andina***. Causa lesiones parecidas a las de *S. lycopersici*, pero más oscuras, que pueden juntarse hasta producir una gran lesión, donde también se forman picnidias. Se aconseja llevar una muestra a laboratorio para poder identificar con mayor exactitud al patógeno.

Los síntomas de manchas foliares y particularmente del tizón temprano, pueden ser confundidos con el de tizón tardío. En el caso de tizón temprano se presentan anillos concéntricos observables a simple vista o con ayuda de una lupa, mientras que en el caso del tizón tardío la lesión es de forma irregular y de mayor tamaño, pudiendo afectar toda la hoja (Fotos 5 y 6).

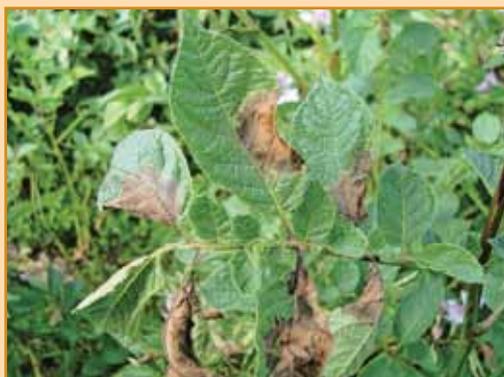


Foto 5. Síntomas de tizón tardío causado por *P. infestans*, mostrando necrosis de formas irregulares.



Foto 6. Síntomas de tizón temprano causado por *A. solani* mostrando necrosis con anillos concéntricos.

► **Diseminación y ciclo de la enfermedad**

Las manchas foliares pasan de una campaña a otra en residuos de cosecha, tubérculos infectados y/o malezas. Cuando las temperaturas suben y el hospedante se hace presente, gran cantidad de esporas se diseminan favorecidas por el viento y la lluvia. Las esporas penetran directamente en el tejido susceptible o a través de heridas y rápidamente producen nuevas conidias. La mayor parte de los daños ocurren durante la época de lluvias.

► **Estrategia de manejo integrado**

Estudios realizados por PROINPA han permitido determinar y confirmar estrategias eficientes y económicas para el control de las manchas foliares fungosas.

Control químico:

- Aplicación preventiva de biofungicidas o fungicidas, 10 días después del 80% de emergencia, es decir, antes de que aparezcan las manchas foliares.
- Frecuencias de aplicación de 10 a 14 días según las condiciones climáticas: muy favorables a poco favorables, respectivamente.
- Alternancia de un producto sistémico y de contacto y la no utilización del fungicida sistémico en más de tres oportunidades.

En una zona papera de clima muy favorable para las manchas foliares, se recomienda que las aplicaciones comiencen con un fungicida sistémico.

En una zona papera de clima poco favorable para las manchas foliares, se recomienda utilizar solamente biofungicidas o fungicidas de contacto.

La lista de biofungicidas y fungicidas sistémicos y de contacto utilizados para el control de manchas foliares se presentan en anexos.

MANCHA PLATEADA

Helminthosporium solani

Giovanna Plata
Eloina Chávez
Juan Almanza

Nombre científico

Helminthosporium solani.

Nombre común

Español: Mancha plateada.

Quechua: Phatu qara.

► Importancia

La mancha plateada es una enfermedad reportada a nivel mundial, que afecta principalmente la calidad del tubérculo, no su rendimiento. En Bolivia, la mancha plateada ha tomado importancia en los últimos años, debido al incremento de la producción y el consumo de papas nativas (variedades de piel oscura que son más susceptibles), y por otro lado, debido a la necesidad de presentar la papa lavada para su comercialización en los supermercados, que hace evidente la presencia de la enfermedad.

En zonas húmedas, donde se cultivan principalmente variedades de papa nativa, la incidencia puede alcanzar hasta un 80% con diferentes grados de severidad. En algunos casos, no se presenta sola, sino que va acompañada de otras enfermedades de suelo como rizoctoniasis, roña o sarna.

Se ha observado una mayor incidencia de la enfermedad en la siembra temporal o siembra grande y no así en las otras épocas como la Miska, Chaupi Miska y Lojru. En Cochabamba las zonas donde se ha observado su prevalencia son: Colomi, Candelaria, Palca y las alturas de Tiraque.

► Sintomatología

Los síntomas iniciales son pequeñas manchas circulares de color plateado de bordes irregulares que pueden crecer y cubrir completamente la superficie del tubérculo.

El micelio del hongo se desarrolla solamente en la capa que conforma el peridermo, invadiéndolo inter e intracelularmente, lo que torna al tubérculo permeable y susceptible a perder humedad con mayor facilidad, dándole un aspecto arrugado.

El brillo plateado inicial que se observa en el tubérculo atacado por la enfermedad, se debe a la penetración de aire en las células, el color de las partes afectadas puede oscurecer con la edad.

Las variedades nativas más susceptibles, son aquellas de cáscara oscura negra o lila (Lila Papa, Pinta Boca, Saululo, Yana Sutamari, T'anta Wawa y Katawi), seguida de las rojas (Puka Mama, Puka Sutamari, Candelero, Puka Qoyllu y Waych'a). En los tubérculos enfermos se produce una pérdida de coloración acelerada en comparación con los tubérculos normales (Foto 1, 2 y 3).



Foto 1. Tubérculos fuertemente atacados por *Helminthosporium*, con la típica apariencia plateada y arrugada a consecuencia de la enfermedad.



Foto 2. Variedad Waych'a afectada por mancha plateada (derecha) y tubérculo sano (izquierda).



Foto 3. Comparación de tubérculo sano (inferior) de color normal de la piel y tubérculo enfermo (superior) con pérdida de color.

► Diseminación

La enfermedad se disemina principalmente por tubérculos-semilla y en menor proporción por el suelo. Su incidencia es mayor en zonas donde se practica el monocultivo. Su diseminación también es favorecida por la alternancia de días lluviosos con alta humedad (90%) y períodos secos.

► **Ciclo de la enfermedad**

La principal fuente de inóculo son los tubérculos-semilla infectados, que dan lugar a plantas que no presentan síntomas en el follaje, sin embargo, la infección de los tubérculos ocurre después de la floración, incrementándose durante la cosecha, cuando el agente patógeno penetra por las lenticelas y coloniza el peridermo.

Cuanto mayor es el tiempo que permanecen los tubérculos maduros en el suelo, mayor es la probabilidad de infección. Durante el acopio, dependiendo de las condiciones de almacenaje, la infección puede incrementar.

► **Estrategia de manejo integrado**

Las recomendaciones de manejo de esta enfermedad deben ser tomadas en cuenta, especialmente en zonas húmedas donde se cultivan variedades nativas, basándose en los siguientes aspectos:

Prácticas culturales:

- Realizar rotación de cultivos por períodos de 2 a 4 años.
- Eliminar plantas k'ipas para reducir el inóculo de los suelos.
- Usar semilla sana libre de la enfermedad.
- No sembrar en suelos excesivamente húmedos.
- Cosechar oportunamente, ni bien la planta alcance la madurez fisiológica, cortar follaje para favorecer la fijación de la piel y cosechar después de una semana.
- Seleccionar y eliminar los tubérculos enfermos.
- Almacenar en un ambiente limpio, a temperaturas bajas, con buena ventilación (baja humedad).

Control químico:

- Tratamiento a la semilla antes y durante la siembra, con productos químicos disponibles en el mercado como: Maxim, Metalaxil-M, Fludioxonil (fungicida de amplio espectro para enfermedades de suelo), Dividend, Difenoconazol (fungicida para semilla).

MARCHITEZ FUNGOSA

Verticillium albo-atrum y *V. dahliae*

Víctor Álvarez
Giovanna Plata
Antonio Gandarillas

Nombre científico

Verticillium albo-atrum
y *V. dahliae*.

Nombre común

Español: Marchitez fungosa.

► Introducción

La marchitez fungosa es una enfermedad muy difundida en la producción de papa en el mundo, sin embargo ha sido poco estudiada en el país, esto explica el por qué *Verticillium* ocasiona la muerte prematura del follaje semejando a la senescencia natural de la planta.

En trabajos preliminares de PROINPA se ha aislado el hongo causante, encontrando una incidencia de hasta el 80% en parcelas de papa de los valles mesotérmicos del departamento de Santa Cruz, en los municipios de Comarapa y Saipina en zonas entre los 1.500 a 2.000 msnm.

Se ha estimado pérdidas de un 30% en la variedad Waych'a, y se ha encontrado que la variedad Desirée es muy susceptible. La enfermedad también ha sido reportada en tubérculos-semilla de la zona de Tomina.

La marchitez fungosa es causada por dos especies del hongo *Verticillium*, *V. albo-atrum* y *V. dahliae*. Es un hongo que vive en el suelo donde puede persistir por varios años. Ataca a un amplio rango de hospedantes, incluyendo árboles, plantas cultivadas y malezas.





Foto 1. Marchitamiento unilateral causado por *Verticillium*.

► Sintomatología

La enfermedad inicialmente retarda el crecimiento de las plantas infectadas llegando a causar su muerte prematura. Un síntoma característico es la marchitez y amarillamiento unilateral en las hojas basales, que luego va ascendiendo a las hojas superiores. Los folíolos también pueden mostrar síntomas unilaterales, porque de un lado de la hoja se marchitan y se ponen amarillos mientras que del otro lado se mantienen sanos (Foto 1). Los haces vasculares pueden mostrar decoloración, ésto se observa mediante un corte transversal en la base del tallo.

Cuando se observan parcelas de papa afectadas por la enfermedad, las plantas infectadas se encuentran como manchones amarillentos de aspecto senescente, rodeadas de plantas de color normal (Fotos 2 y 3).

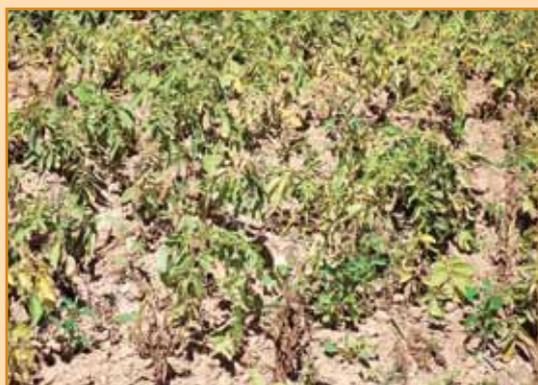


Foto 2. Parcela de la variedad Waych'a con muerte prematura de hojas.



Foto 3. Parcela de la variedad Waych'a mostrando amarillamiento.

► Diseminación

El hongo se disemina en tubérculos-semilla infectados o adherido a la piel. También puede ser transportado en partículas de suelo llevadas por el viento o herramientas agrícolas. Una vez establecido en el suelo, el hongo puede persistir por varios años como microesclerotes o hifas melanizadas. Debido a su amplio rango de hospedantes, las dos especies de *Verticillium* pueden mantenerse en poblaciones bajas en las raíces de muchos cultivos y malezas que no presentan síntomas.

► Ciclo de la enfermedad

Las conidias de *Verticillium* germinan en la presencia de raíces de hospedantes susceptibles. Estas tienen la capacidad de penetrar directamente las células de la raíz, donde la infección avanza rápidamente por el xilema hasta que el hongo se establece. Las esporas se forman en este tejido e invaden sistémicamente la planta. Luego se producen los síntomas de marchitez prematura y todos los órganos de la planta quedan infectados. Al morir la planta, las estructuras del hongo y las conidias infectivas son liberadas en el suelo y en los rastrojos. La población del hongo en el suelo incrementa progresivamente hasta causar síntomas visibles y reducciones significativas en el rendimiento.

Si bien el hongo puede penetrar directamente a la planta, se ha encontrado que existe interacción con el nematodo *Pratylenchus penetrans*. Este nematodo además de producir heridas que facilitan la entrada del hongo, al alimentarse, altera la susceptibilidad de la planta a la infección por *Verticillium*, facilitado una invasión más rápida.

► Estrategia de manejo integrado

Como se indicó, la enfermedad de la marchitez fungosa causada por *Verticillium* ha sido poco estudiada en el país, por lo que se proponen algunas recomendaciones generales para su control basadas en experiencias de otros países:

- Uso de semilla certificada.
- En suelos infestados evitar la siembra de especies susceptibles como el tomate y berenjena.
- En suelos que presenten alta infestación se recomienda sembrar pastos o cereales por más de dos años.
- Se ha encontrado que la incorporación de abonos verdes reduce la enfermedad.
- Es recomendable mantener los campos de cultivo libres de malezas, porque muchas son hospedantes del hongo.
- Las variedades precoces son más susceptibles, se recomienda evitar su siembra en suelos infestados por *Verticillium*.

OIDIOSIS

Erysiphe cichoracearum

Oscar Navia
Antonio Gandarillas

Nombre científico

Erysiphe cichoracearum.

Nombre común

Español: Oidiosis, polvillo.



Foto 1. Síntomas iniciales de oidiosis.

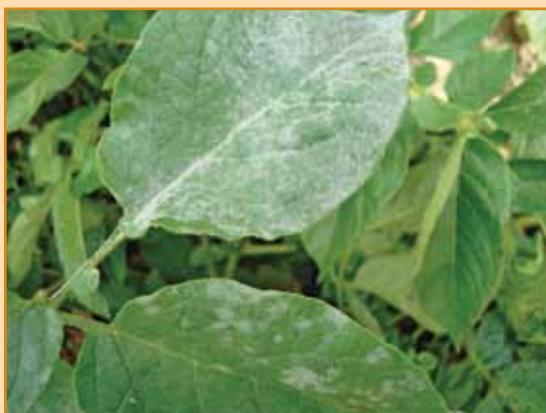


Foto 2. Síntomas avanzados de oidiosis mostrando la típica esporulación blanca en forma de mancha que progresivamente se une cubriendo toda la hoja.

Importancia

La oidiosis es una enfermedad que se presenta en forma localizada en las zonas de valle en épocas de alta humedad. También ataca cuando la papa se cultiva en invernaderos, donde puede representar un serio problema si no se controla.

Sintomatología

La enfermedad afecta las hojas y los tallos y se presenta inicialmente a manera de manchas de color blanco pulverulento, que corresponden a las estructuras del hongo, éstas progresivamente van tomando un color oscuro. La esporulación se presenta en ambas caras de la hoja como un polvillo de color plomizo (parecido a polvo de tierra) (Foto 1 y 2).

En ataques severos, las hojas se necrosan y caen, dejando únicamente el follaje de la parte superior de los tallos. En un estado más avanzado, las plantas pueden secarse completamente (Foto 2). Los ataques severos son parecidos a los producidos por tizón tardío.



Foto 2. Parcela severamente afectada por oidiosis.

► **Diseminación y ciclo de la enfermedad**

El hongo sobrevive el invierno en restos de tejidos y plantas voluntarias o k'ipas principalmente como micelio. Cuando se presentan condiciones de alta humedad se desarrolla el inóculo inicial y las esporas son diseminadas por el viento.

► **Estrategia de manejo integrado**

En zonas donde la enfermedad es severa, se recomienda realizar aplicaciones de biofungicidas o fungicidas, especialmente en base a azufre (como Fungitop o Kumulus DF. respectivamente).

Las aplicaciones deben ser preventivas, es decir, antes de que se presente la enfermedad, y continuando con frecuencias de aplicación de 7 a 14 días, de acuerdo a las condiciones climáticas y la severidad de la enfermedad.

PUDRICIÓN SECA

Fusarium solani

Oscar Navia
Giovanna Plata
Antonio Gandarillas

Nombre científico

Fusarium solani.

Nombre común

Español: Pudrición seca.

Quechua: Ch'aki ñawi, ch'aki onqoy.

► Importancia

En Bolivia, la pudrición seca es una enfermedad (de almacén y no de campo), ampliamente difundida. Puede ocasionar pérdidas de hasta un 50%. Los agricultores la reconocen fácilmente por el síntoma de pudrición seca del ojo, por ello la denominan ch'aki ñawi, que traducido del quechua, significa "ojo seco". Se presenta con mayor frecuencia en variedades nativas como Waych'a, Imilla Blanca, Sani Imilla, Gendarme y otras.



► Sintomatología

En tubérculos almacenados los primeros síntomas ocurren en las heridas o por el lado del estolón, por donde ingresa el patógeno. Se observa cómo pequeñas superficies, levemente deprimidas, en pocos días se agrandan y se tornan rugosas. Cuando la infección avanza, da lugar a una pudrición seca, dura, arrugada y hundida, que puede presentar anillos concéntricos y momificarse (Foto 1).

Foto 1. Secuencia de fotos que muestran el avance de la pudrición seca.

A medida que la enfermedad avanza, se observa micelio emanando del lugar afectado. En el tubérculo se presenta una cavidad interna que contiene micelio y estructuras de esporulación del hongo (Fotos 2 y 3).

Foto 2. Tubérculos mostrando una cavidad con micelio y estructuras de esporulación del hongo.



Foto 3. Síntomas severos en tubérculos, causados por *Fusarium solani*.

La pudrición causada por *Fusarium* normalmente es seca, pero si va acompañada de una infección secundaria por bacterias, particularmente *Erwinia* spp., la pudrición puede ser húmeda y brillante, con exudación de líquidos viscosos, que pueden contaminar a los tubérculos vecinos.

Si es que la piel está fija, los tubérculos son más resistentes a la infección al momento de la cosecha, porque el patógeno no tiene la capacidad para infectar el peridermo o lenticelas de tubérculos sanos.

► **Diseminación y ciclo de la enfermedad**

El hongo sobrevive en el suelo varios años y se disemina principalmente a través de los tubérculos-semilla y el suelo adherido a éstos. Las principales vías para que se produzca la infección son las heridas provocadas durante la cosecha, almacenaje, clasificación, transporte o fraccionamiento de semilla.

El hongo se desarrolla bajo condiciones de alta humedad relativa y temperaturas entre los 15 y 20° C. A menor humedad, la infección y desarrollo de la enfermedad se retardan. Temperaturas bajas y alta humedad durante la siembra, acentúan las pérdidas por pudrición de la semilla infectada.

► Estrategia de manejo integrado

Por lo general los agricultores no utilizan los tubérculos-semilla con síntomas de pudrición seca, porque saben que las plantas generan un menor número de tallos y/o en muchos casos, la planta no emerge por la pudrición del tubérculo, por lo que al momento de la siembra estos tubérculos son descartados.

A continuación algunas recomendaciones para su control:

- **Cultural:**

- En la cosecha y manipuleo, evitar heridas y maltrato de los tubérculos.
- Para facilitar la cicatrización de las heridas, en el almacén se debe proporcionar alta humedad, buena ventilación y temperaturas frescas.
- Sembrar bajo condiciones favorables para la rápida emergencia de las plantas.
- Sembrar semilla sana.
- Practicar rotación de cultivos.

- **Cultivares resistentes:**

Las variedades mejoradas (Robusta, Jaspe, etc.) muestran mayor resistencia que las variedades nativas (Waych'a, Imilla Blanca).

- **Químico:**

Se puede realizar aplicaciones de fungicidas a los tubérculos-semilla antes de almacenarlos o también antes de la siembra, con productos como Tecto (Thiabendazole).

RIZOCTONIASIS

Rhizoctonia solani

Oscar Navia
Carmen Calderón
Antonio Gandarillas

Nombre científico

Rhizoctonia solani.

Nombre común

Español: Sarna, costra negra, pantalón blanco, chancro del tallo, rizoctoniasis.

Quechua: Kerque onqoy.

► Importancia

La rizoctoniasis es una enfermedad ampliamente diseminada en todas las regiones donde se cultiva papa. En Bolivia se presenta principalmente en las zonas productoras de semilla con condiciones de alta humedad en los suelos.

La rizoctoniasis es causada por el hongo *Rhizoctonia solani* en la fase asexual y *Thanatephorus cucumeris* en la fase sexual.

El ataque de este hongo produce daños en brotes, estolones, tallos y tubérculos. En los tubérculos provoca la formación de esclerotes, piel escamosa y malformación, que afectan la producción y calidad de papa.

Cuando las plantas están severamente afectadas muestran una disminución en el rendimiento de hasta un 90%. El efecto en la calidad es significativo, porque puede dar lugar a cosechas con un 80% de tubérculos pequeños y deformes.

► Sintomatología

Los daños más severos se producen poco después de la siembra, especialmente en suelos fríos y húmedos, donde el hongo ataca los brotes subterráneos, anulando o retardando la emergencia y dando lugar a fallas en la misma, desigualdad en el crecimiento, plantas débiles y por lo tanto reducción en el rendimiento (Fotos 1 y 2).

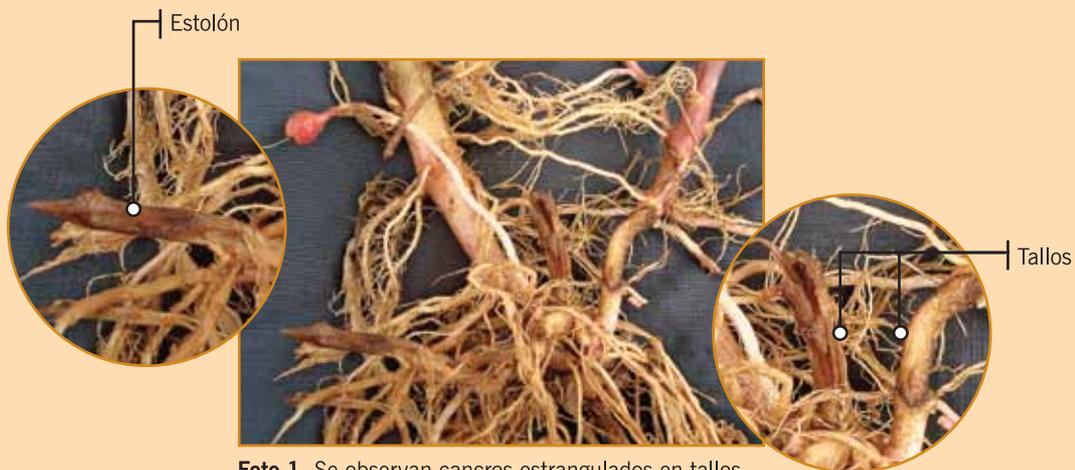


Foto 1. Se observan canchales estrangulados en tallos, estolones y raíces.



Foto 2. Presencia de tubérculos aéreos en el axila de la hoja.

Los brotes que llegan a emerger presentan canchales, que en casos avanzados pueden estrangular el tejido. Como consecuencia se puede observar: antocianescencia y enrollamiento de las hojas apicales y formación de tubérculos aéreos (Foto 2).



Foto 3. Pantalón blanco causado por *Thanatephorus cucumeris*, fase sexual del hongo.

La fase sexual se presenta en la superficie de los tallos, por encima de la línea del suelo, cuando hay suficiente humedad, formando una capa tenue de tono blanco plomizo y apariencia polvorienta que se desprende fácilmente al frotarla con los dedos. No ocasiona daño económico. Los agricultores denominan a este síntoma “pantalón blanco” (Foto 3).

Durante la tuberización, el síntoma de piel escamosa aparece primero en los ojos o en el extremo más joven del tubérculo (ápice) y se manifiesta por el resquebrajamiento de la piel en forma de red con mallas de diferente tamaño que puede dar lugar a grietas, concavidades y malformaciones (Fotos 4 y 5).



Foto 4. Piel escamosa causada por *R. solani*.

Sobre la superficie de los tubérculos, el hongo produce masas compactas de micelio llamadas esclerotes, de color negro o café oscuro que pueden ser de diferentes tamaños y formas (Fotos 6 y 7). Los esclerotes son estructuras de conservación del hongo.



Foto 5. Deformación de tubérculo con grietas causados por *R. solani*.



Foto 6. Tubérculos mostrando esclerotes grandes café oscuro que se desprenden fácilmente con la uña.



Foto 7. Tubérculos mostrando esclerotes negros y pequeños.

► Diseminación y ciclo de la enfermedad

El hongo se disemina principalmente mediante tubérculos-semilla infectados, implementos agrícolas, animales, agua de riego o de escorrentía de la lluvia.

El hongo *R. solani* se mantiene de una campaña a otra en el suelo, en forma de micelio en restos vegetales y esclerotes, también se conserva en los tubérculos-semilla a manera de piel escamosa y esclerotes que quedan adheridos a los tubérculos-semilla. Una vez que el hongo se ha establecido en un suelo puede permanecer por tiempo indefinido.

► Estrategia de manejo integrado

En varios años de investigación PROINPA ha desarrollado un control efectivo de la enfermedad, que permite obtener mayor emergencia y número de tallos por parcela, y menor daño sobre los tubérculos, a través de las siguientes medidas:

- Uso de semilla sana y bien brotada.
- Tratamiento de los tubérculos-semilla con biofungicidas y/o fungicidas.
- En parcelas muy infestadas por el hongo es recomendable la rotación de cultivos por tres años y la eliminación de plantas voluntarias o k'ipas.
- Uso de biofungicidas. La rizoctoniasis puede controlarse con el uso de biofungicidas o fungicidas, por aspersión o inmersión de los tubérculos-semilla. Entre los biofungicidas tenemos el BIOBACILLUS (*Bacillus subtilis* + *Bacillus amyloliquefasciens*). Entre los fungicidas Dividend (difeconazole), Maxim XL (fludioxonil = mefenozan), Monceren (pencysuron), Tecto (Thiabendazole), Rovral (Iprodiene).
 - **Tratamiento por inmersión:** consiste en preparar el producto de acuerdo a la dosis indicada, proceder a la inmersión de los tubérculos-semilla, secarlos a semi sombra y finalmente proceder con la siembra.
 - **Tratamiento por aspersión de los tubérculos-semilla:** consiste en preparar el producto en un recipiente con agua (dos litros por cada 100 kg de tubérculos-semilla). Se vierte la mezcla en una mochila y se procede a la aspersión de los tubérculos-semilla extendidos sobre un plástico. Una vez secos los tubérculos, se procede a la siembra. La ventaja de este método radica en que se utiliza poca cantidad de agua y todo el producto se queda sobre los tubérculos-semilla.
 - **Tratamiento por aspersión a la siembra:** con mochila, a surco abierto, sobre la semilla y el estiércol. Se prepara colocando la dosis indicada del producto en 200 litros de agua por hectárea.

SARNA PULVERULENTA, ROÑA

Spongospora subterranea

Oscar Navia
Giovanna Plata
Antonio Gandarillas

Nombre científico

Spongospora subterranea.

Nombre común

Español: Sarna pulverulenta, roña, papa carachosa.

Quechua: Kerqhue.

► Importancia

En Bolivia la sarna pulverulenta causada por *Spongospora subterranea* se encuentra en casi todas las zonas productoras de papa, sin embargo, se localiza sólo en las parcelas que presentan las condiciones apropiadas, como ser variedades susceptibles, suelos húmedos y fríos.

La severidad depende de la susceptibilidad de la variedad, el grado de infección del suelo y las condiciones de humedad y temperatura. En las variedades susceptibles como Puka Toralapa, Waych'a, Sani Imilla o Puka Ñawi, puede afectar hasta un 80% de los tubérculos.

► Sintomatología

En el tubérculo, los síntomas iniciales son pequeñas ampollas de color claro (Foto 1) que se convierten en pústulas abiertas (Foto 2). Luego, estas pústulas maduran y toman un color oscuro, posteriormente revientan, liberando esporas de descanso (Foto 3) dejando cicatrices en la superficie del tejido afectado (Foto 4).



Foto 1. Síntomas iniciales de sarna pulverulenta en tubérculos de la variedad Waych'a.



Foto 2. Pústulas abiertas de sarna pulverulenta.



Foto 3. Pústulas maduras de color oscuro que al reventar liberan esporas de descanso.



Foto 4. Cicatrices dejadas por sarna pulverulenta después de liberar las masas de esporas.

Las lesiones tienen formas variadas, aunque casi siempre son redondas y bordeadas por fragmentos de epidermis. Una vez liberadas, las esporas son muy resistentes y persisten en el suelo.

En almacenamiento, la sarna pulverulenta puede derivar en pudrición seca o dar lugar a la formación de un mayor número de pústulas. Se ha observado que durante el almacenamiento, provoca una mayor pérdida de peso de los tubérculos, según el grado de severidad de la enfermedad.

En las raíces, se pueden formar agallas a manera de cuerpos adheridos a la raíz, que a diferencia de *Nacobbus*, no envuelven la misma. Este hongo además de afectar la calidad del tubérculo, es vector del virus mop top de la papa (PMTV).

► **Diseminación**

La diseminación de la enfermedad se realiza principalmente por medio de los tubérculos-semilla y el suelo, desde donde puede ser transportada por el viento, lluvia y herramientas que hayan tenido contacto directo con suelos infestados.

Cuando se alimenta a los animales con tubérculos enfermos, se ha observado que el hongo sobrevive el tracto digestivo, apareciendo nuevamente en el estiércol.

► **Ciclo de la enfermedad**

La enfermedad ocurre en las plantas de papa cuando se siembran tubérculos-semilla que han sido infectados por las esporas de descanso que se encuentran en el suelo. Dichas esporas, estimuladas por la presencia de raíces de plantas susceptibles, germinan produciendo zoosporas, las cuales ingresan a las células epidérmicas de las raíces, estolones y pelos radiculares, para luego pasar a los tubérculos donde se forman pústulas que contienen las masas de esporas de descanso.

La infección temprana de los tubérculos y raíces es favorecida por la presencia de la humedad en el suelo, cuando éste está seco, la infección se reduce o no se presenta. La sarna pulverulenta se presenta en suelos con pH entre 4.7 y 7.6 y las esporas de descanso pueden permanecer en el suelo por más de seis años.

► **Estrategia de manejo integrado**

Se puede reducir la incidencia de la enfermedad adoptando las siguientes prácticas:

- Sembrar tubérculos libres de la enfermedad.
- En suelos muy infestados por roña realizar rotación de cultivos por varios años sembrando pastos, gramíneas u otras plantas que no sean hospedantes de *S. subterranea*.
- Sembrar en suelos bien drenados, evitando terrenos que se sabe están contaminados.
- No incorporar a los campos de papa, estiércol de animales que hayan consumido tubérculos infectados.

TIZÓN TARDÍO

Phytophthora infestans

Oscar Navia
Giovanna Plata
Hermeregildo Equisse
Julio Gabriel
Antonio Gandarillas

Nombre científico

Phytophthora infestans.

Nombre común

En el follaje: Tizón tardío, pasmo, pasmo negro, mal negro (**Español**).

T'ojtu, kasparillo, lluphi (**Quechua**).

En el tallo: P'aki-p'aki (**Quechua**).

En el tubérculo: K'anura (**Quechua**).

► Importancia

El tizón es la enfermedad de origen fungoso más importante de la papa, en el mundo y en Bolivia. Bajo condiciones favorables de temperatura y humedad relativa o lluvia es responsable de grandes pérdidas económicas, que pueden llegar al 100%, si no es controlada, e incluso, con niveles más bajos de infección la cosecha puede resultar no apta para el almacenamiento.

En nuestro país, se estima que más de 20.000 hectáreas de papa son atacadas por el tizón, afectando a unas 40.000 familias de agricultores, ocasionando una pérdida directa de alrededor de \$US 30 millones/anales.

La mayor parte del área afectada por tizón, se encuentra en regiones productoras de semilla, por lo que se convierte en uno de los factores más limitantes de la producción y productividad del cultivo de papa en Bolivia.

En el país, podemos dividir en dos las zonas donde se presenta el tizón, en función a las condiciones climáticas:

- Zonas muy tizoneras, con clima propicio para el desarrollo del tizón, que se caracterizan porque la temperatura oscila entre los 11 y 25° C, de humedad relativa elevada y/o alta precipitación pluvial entre 800 y 1.700 mm durante la campaña agrícola, lo que permite la presencia del tizón desde muy temprano. Por ejemplo: Morochata, Cocapata, Falsuri, Monte Punku, Chullchungani, Independencia, Inquisivi, Irupana, Los

Pinos, Verdecillos, San Andrés, La Huerta, Colomi, Cordillera de El Rosal.

- Zonas no muy tizoneras, donde las condiciones de temperatura mínima son inferiores a 11°C y/o la precipitación semanal acumulada es inferior a 30 mm, y la precipitación total en la campaña es inferior a 800 mm. En estas zonas la aparición de la enfermedad generalmente no ocurre al inicio de la campaña agrícola, sino en algún momento cuando la campaña ya ha iniciado y puede variar en función a las condiciones favorables para el tizón. Por ejemplo Valle Alto, Valle Bajo, Mizque, Comarapa, Saipina, Los Negros, San Pedro, San Marcos, Vallegrande, Iscayachi, Entre Ríos, Sorata, Charazani, Culpina.

► Sintomatología

El tizón ataca a la papa en cualquier fase de desarrollo del cultivo, afectando las hojas, tallos y tubérculos.

Los primeros síntomas se inician frecuentemente en los brotes de las hojas, presentándose a manera de pequeñas manchas de color verde claro a oscuro que se convierten en lesiones café negruzco de aspecto humedecido, en caso de que las condiciones sean favorables, su avance es muy rápido. Algunas veces se presenta un halo de color verde claro a amarillo alrededor de la lesión (Foto 1).

En condiciones de alta humedad, se hace visible una esporulación (vellosidad) blanquecina, especialmente en la cara inferior de la hoja (Foto 2). Estas son las estructuras del hongo: esporangióforos y esporangios. Los esporangios son diseminados por el viento y el agua de lluvia.

Foto 2. Hojas mostrando en el envés una vellosidad que corresponde a las estructuras del hongo.



Foto 1. Síntomas en hojas mostrando un halo de color verde claro alrededor de la lesión.



En poco tiempo, la enfermedad puede propagarse desde los primeros folíolos infectados en unas pocas plantas, hasta casi todas las plantas de un campo. La muerte de las plantas se produce en pocos días.



Foto 3. Lesión con necrosis de color café oscuro en el tallo.



Los tallos y pecíolos presentan manchas necróticas alargadas de color café oscuro, tomando una consistencia vítrea que puede quebrarse fácilmente por acción del viento, de aquí su nombre de p'aki-p'aki (Foto 3).



Foto 4. Pudrición de apariencia corchosa en tubérculos.

Los tubérculos son infectados por esporangios que la lluvia lava de las hojas y del tallo, penetrando en el suelo hasta llegar a los mismos.

La superficie de los tubérculos afectados presenta áreas irregulares ligeramente hundidas de color café oscuro y apariencia húmeda. Partiendo el tubérculo, se observa una pudrición corchosa de color café claro a oscuro debajo de la piel y hacia el interior del tubérculo (Foto 4). Los tubérculos infectados son la principal fuente de inóculo para la siguiente campaña.

La enfermedad se desarrolla rápidamente a temperaturas nocturnas bajas con un óptimo de 21° C y humedad relativa superior al 90%, producto del rocío fuerte o lluvias frecuentes. Bajo estas condiciones el tizón puede devastar un campo de papa en unos tres días (Figura 5).



Figura 5. Cultivo severamente atacado por tizón.

► **Diseminación**

El hongo *P. infestans* inverna en forma de micelio en los tubérculos de papa infectados, este micelio se propaga en los tejidos de estos tubérculos y alcanza los nuevos brotes iniciando la diseminación a otras plantas. De la misma manera, se puede iniciar la diseminación de plantas k'ipas o voluntarias desarrolladas a partir de tubérculos enfermos, o de papas infectadas que fueron depositadas en montones de desechos.

► **Ciclo de la enfermedad**

El hongo se desarrolla y esporula en condiciones de alta humedad (neblina o precipitación), produciéndose así el inóculo primario. Una vez realizada la infección primaria, la diseminación ocurre rápidamente por medio de los esporangios que a su vez liberan zoosporas que son transportadas por el agua y por el viento, infectando hojas de plantas sanas.

Luego de un periodo de incubación de sólo tres a cuatro días en las plantas infectadas, se forman nuevas zoosporas que constituyen el inóculo secundario que diseminará la enfermedad en la misma parcela, parcelas adyacentes y toda la zona de cultivo, constituyendo el ciclo secundario de la enfermedad que se repite muchas veces durante el periodo vegetativo del cultivo.

La infección de los tubérculos, se produce en el terreno de cultivo cuando la lluvia favorece que los esporangios sean arrastrados y transportados de las

hojas y tallos hacia el suelo. Los tubérculos pueden pudrirse a consecuencia de una infección secundaria causada por otros patógenos.

En Bolivia, está presente una población del hongo compleja, es decir con muchos genes de virulencia (hasta 11), lo cual la hace más agresiva. Asimismo, en el país el tipo de apareamiento sexual de *P. infestans* corresponde al A2, mientras en el Perú está presente el tipo A1. Cuando estos dos tipos de apareamiento se presentan juntos se produce la fase sexual del hongo con la formación de oosporas de descanso, que darán lugar a una mayor variabilidad y agresividad del hongo así como una mayor persistencia en el suelo. Al presente no se ha reportado la fase sexual de *P. infestans* en el país y se debe evitar el ingreso de papa de los países vecinos, particularmente del Perú, por el riesgo de introducir el tipo A1.

► Estrategia de manejo integrado

Con el fin de evitar o disminuir las pérdidas ocasionadas por esta enfermedad, PROINPA ha desarrollado una estrategia de manejo integrado del tizón, que reduce costos, protege la salud del agricultor y representa menor daño para el medio ambiente. El manejo integrado del tizón incluye varios componentes:

- **Prácticas Culturales.**

Durante la época de siembra, se deberá realizar la selección de la parcela, eliminación de plantas k'ipas o voluntarias, selección de variedades en función a su resistencia, utilización de semilla sana, distanciamiento adecuado entre plantas y surcos, aporque alto, reducción del tránsito a través del campo, corte de follaje, evitar la cosecha bajo condiciones húmedas, almacenar sólo tubérculos sanos.

- **Resistencia Sistémica Inducida.**

Una tecnología más moderna que PROINPA está desarrollando se basa en el concepto de la "Resistencia Sistémica Inducida", que se refiere al incremento en la resistencia de una planta hacia los patógenos cuando es tratada con microorganismos (naturales del suelo), provocando una protección sistémica de toda la planta, contra una gama de enfermedades causadas por hongos y bacterias. Entre estos microorganismos, tenemos a la bacteria *Bacillus subtilis* (BIOBACILLUS). Mayor información en PROINPA.

- ***Variedades resistentes.***

El programa de mejoramiento genético de papa de PROINPA ha obtenido nuevas variedades con buen nivel de resistencia horizontal al tizón, entre ellas: Robusta, Jaspe, India, Puka Waych'a, Aurora, Puyjuni Imilla y P'alta Chola.

El uso de variedades mejoradas con resistencia horizontal o poligénica, es la alternativa de control del tizón más conveniente para los agricultores, la incidencia y severidad de la enfermedad es menor, se reduce el número de aplicaciones de fungicidas y/o biofungicidas hasta una o dos por ciclo de cultivo, se reduce el costo de control, se preserva la salud del agricultor y el medio ambiente.

- ***Disposiciones Normativas.***

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 es menos efectivo si un agricultor lo practica y su vecino no. La durabilidad de la resistencia de una variedad será de un mayor número de años si se coordina su utilización en el espacio y en el tiempo.

- ***Manejo ecológico.***

El manejo ecológico se basa en el uso eficiente de biofungicidas como el Fungitop o la menor cantidad posible de fungicidas químicos. Está diseñado para las variedades susceptibles más difundidas en el país (como Waych'a, Sani Imilla y Desirée) y para variedades resistentes (como Runa Toralapa, Musuj, Robusta, Jaspe, India, etc.).

En las variedades resistentes, el inicio y desarrollo de la enfermedad es mucho más lento que en las variedades susceptibles. Este hecho permite integrar el uso de variedades resistentes con un control con biofungicidas o fungicidas que empiece cuando se observan los primeros síntomas de la enfermedad. Los biofungicidas pueden reemplazar a los fungicidas de contacto.

El empleo de variedades resistentes permite reducir el número de aplicaciones de biofungicidas o fungicidas, reduciendo el costo del control y preservando la salud del agricultor y el medio ambiente.

- **Estrategia de manejo ecológico:**

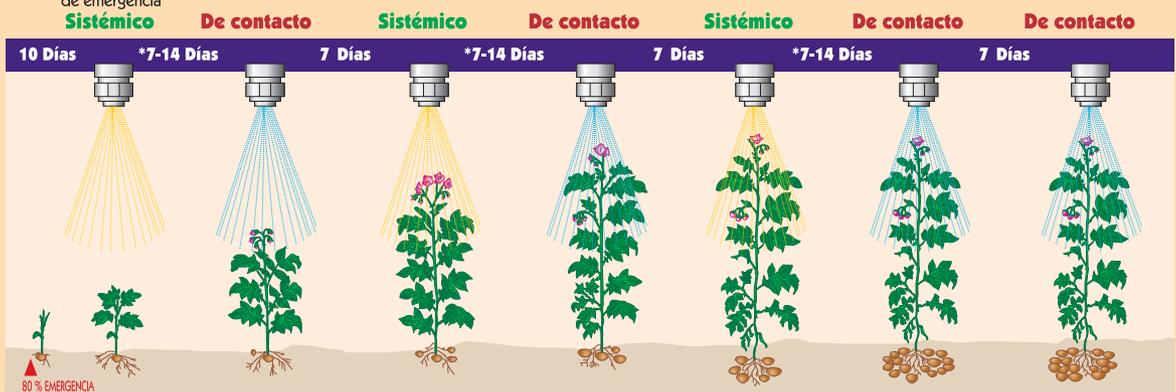
- Aplicación preventiva de los biofungicidas o fungicidas a los 10 días después del 80% de emergencia, es decir, antes de que aparezca el tizón,
- La frecuencia de aplicación debe ser de 7 a 14 días, según las condiciones climáticas, muy favorables a poco favorables, respectivamente,
- Alternancia de un producto sistémico y de contacto y la no utilización del fungicida sistémico en más de tres oportunidades.

Es muy importante que la primera aplicación del biofungicida o fungicida se realice en forma preventiva, antes de que aparezcan los primeros síntomas de la enfermedad.

En una zona papera de clima muy tizonero, se recomienda que las aplicaciones comiencen con un fungicida sistémico (Estrategia 1).

ESTRATEGIA 1: ZONA PAPERERA - CLIMA MUY TIZONERO

Primera aplicación a los 10 días después del 80% de emergencia

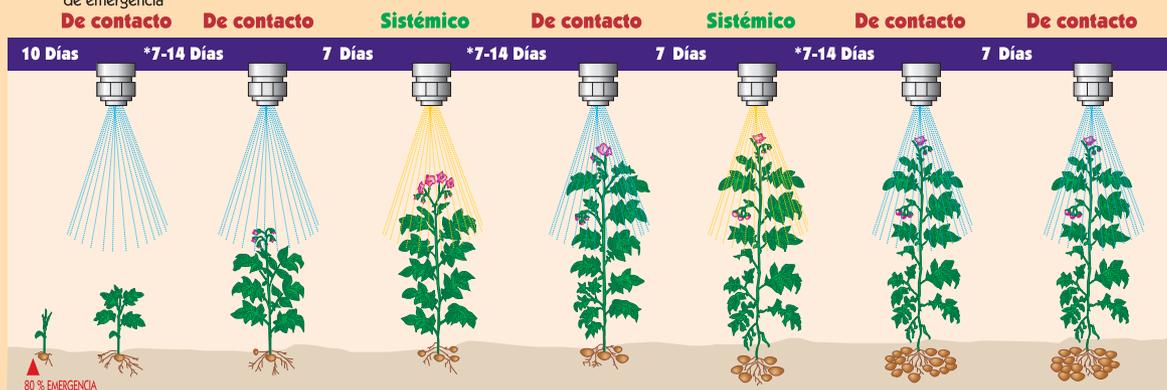


*Alta humedad o precipitación... Aplicar a los 7 días.
Baja humedad o precipitación... Aplicar a los 14 días.

En una zona papera de clima no muy tizonero, las aplicaciones pueden comenzar con un ecofungicida o fungicida de contacto (Estrategia 2).

ESTRATEGIA 2: ZONA PAPERA - CLIMA NO MUY TIZONERO

Primera aplicación a los 10 días después del 80% de emergencia



*Alta humedad o precipitación... Aplicar a los 7 días.
Baja humedad o precipitación... Aplicar a los 14 días.

La lista de biofungicidas y fungicidas sistémicos y de contacto utilizados para el control de tizón se presentan en anexos.

VERRUGA

Synchytrium endobioticum

Oscar Navia
Antonio Gandarillas

Nombre científico

Synchytrium endobioticum.

Nombre común

Español: Verruga.

Quechua: Sirk'i.

► Importancia

La verruga, causada por el hongo *Synchytrium endobioticum*, se presenta especialmente en zonas altas, frías y húmedas del país, y afecta variedades ampliamente difundidas como Imilla Blanca, Sani Imilla, Puka Toralapa y el grupo de las Luk'is (Foto 1).



Foto 1. Verruga causada por *Synchytrium endobioticum*.

La verruga constituye uno de los factores limitantes de la producción de semilla de papa en el país, ya que es una enfermedad cuarentenaria categorizada como no permisible en las normas de certificación de tubérculos-semilla, para así evitar su diseminación. La incidencia y la severidad de la verruga dependen de varios factores, como la variedad, patotipo del hongo, condiciones climáticas, humedad del suelo y concentración del inóculo. El grado de daño puede ir desde leve, afectando la calidad, hasta severo, afectando gran parte de la cosecha.

En el conocimiento local, la incidencia de verruga se asocia a la ocurrencia de nevadas y granizadas, que al descongelarse crean las condiciones favorables de humedad, para la infección y desarrollo del hongo.

► Sintomatología

Los síntomas de verruga usualmente se manifiestan en tubérculos y estolones debajo de la superficie del suelo, donde inician la infección en los puntos de crecimiento, por ejemplo: en los ojos, luego crecen formando tumores de diferentes tamaños (Fotos 2 y 3). Bajo condiciones de humedad los tumores también pueden aparecer en los tallos y en el follaje (Foto 4).



Foto 2. Pequeña verruga blanca creciendo en un ojo del tubérculo.



Foto 3. Verruga de tamaño medio que se ha desarrollado en el tubérculo.



Foto 4. Verrugas en la base del tallo.

Los tumores inicialmente son de color blanco a castaño o del mismo color que el tejido normal, pueden tener la forma de una coliflor. Con la edad, los tumores ennegrecen y se pueden pudrir por efecto de organismos secundarios. Las verrugas de las partes aéreas son verdes, rojizas o moradas según la variedad. Los tubérculos afectados pueden llegar a desfigurarse completamente o ser reemplazados íntegramente por los tumores (Foto 5). El hongo afecta los tubérculos pero no las raíces.



Foto 5. Síntomas severos de verruga en el tubérculo.

► Diseminación

La diseminación del hongo se realiza principalmente por medio de tubérculos infectados, y en menor grado por el transporte de esporas de descanso, en el suelo, estiércol, herramientas, zapatos y animales. La diseminación dentro del cultivo es por medio de las zoosporas. El hongo puede permanecer latente durante el almacenamiento bajo condiciones de humedad relativa. Las esporas de descanso pueden resistir el tracto digestivo de los animales y ser propagadas en el estiércol. *S. endobioticum* no se desarrolla en suelos calientes o secos, por lo que es poco frecuente en zonas de valle.

► Ciclo de la enfermedad

El hongo sobrevive en el suelo en forma de esporangios de descanso (hasta 38 años). Bajo el estímulo de exudados radiculares de la papa se desarrollan los esporangios de verano, dentro de los cuales se encuentran las zoosporas motiles. Estas infectan las células de los puntos de crecimiento (tejido meristemático), ojos de los tubérculos, extremo de los estolones, primordio de las hojas jóvenes.

Con la infección ocurre una rápida división celular, las células invadidas y las que rodean a éstas se agrandan, proporcionando nuevos puntos de infección. Los esporangios de descanso son liberados de las agallas por desintegración del tejido afectado.

Las variedades Alpha y Waych'a son consideradas resistentes a la verruga, sin embargo en las zonas de Escalante y Chullchugani, se observaron tubérculos de estas variedades con síntomas de verruga. Ésto podría ser a causa de un patotipo diferente del hongo, que puede vencer la resistencia de estas variedades en dichas zonas.

► Estrategia de manejo integrado

- **Legal:** Es importante continuar con tolerancia cero (no permisible) para verruga en las normas de certificación de semillas.
- **Cultivares resistentes:** El uso de variedades resistentes a *S. endobioticum* es una de las medidas más efectivas para el control de la verruga. PROINPA ha liberado variedades resistentes a verruga y *P. infestans*: Kulli Runa, Pollerita, Amanecer, Escalante y Khochalita, además de la variedad Runa Toralapa.

- **Control químico:** Para variedades nativas importantes como Sani Imilla y Waych'a, se recomienda el uso de fungicidas como el Clorotalonil, aplicado al momento de la siembra y al primer aporque al cuello de la planta.
- **Prácticas culturales:** Practicar una rotación larga de cultivos, de cinco años o más en combinación con variedades resistentes.

Enfermedades Virales

ENFERMEDADES CAUSADAS POR VIRUS

Victor Álvarez
Giovanna Plata
Antonio Gandarillas

Bolivia además de ser uno de los centros de origen de la papa y poseer una gran diversidad genética, también es la fuente de un gran número de virus, considerados como una de las principales causas de la degeneración de este cultivo.

Virus del enrollamiento de las hojas de papa (PLRV)

■ Nombre común

Español: Planta morada, churquera.

Quechua: Kulli onqoy, churcurasqa.

El virus del enrollamiento (PLRV) se considera el más importante a nivel mundial, en Bolivia ocasiona daños severos en zonas de valle donde existen condiciones favorables para los áfidos vectores, especialmente *Myzus persicae*.

En zonas sobre los 3.000 msnm donde se produce semilla, las poblaciones de los áfidos son bajas y también la incidencia de este virus, sin embargo existen excepciones como las Pampas de Lequezana en Potosí, donde la incidencia de los áfidos y del virus es alta. El virus del enrollamiento se disemina mediante áfidos, de manera persistente y por tubérculos-semilla infectados.

El PLRV es el principal responsable de la “degeneración” del cultivo de papa, a lo que los agricultores se refieren como “semilla cansada”. En ensayos realizados por PROINPA, bajo



condiciones controladas, como consecuencia de la infección de PLRV, se ha observado una disminución en los rendimientos, de un 36% en el primer año (infección primaria) y de un 50% en el segundo año (infección secundaria). Esto muestra el rápido ritmo de “degeneración” de la semilla de papa, que con los años incrementa la infección y las pérdidas de rendimiento.

► Sintomatología

El virus del enrollamiento produce síntomas primarios y secundarios que varían de acuerdo a la *ssp. andigena* o *ssp. tuberosum*.



Foto 1. Síntomas de enrollamiento en la *ssp. andigena*, mostrando clorosis y antocianescencia apical.

- Síntomas primarios, se manifiestan después de que las plantas han sido picadas por áfidos virulíferos durante el ciclo de cultivo y se hacen evidentes principalmente en las hojas jóvenes del ápice. Estas hojas crecen de forma erecta y toman un color amarillo pálido, púrpura, rosado o rojo.
- Síntomas secundarios, se manifiestan cuando se ha utilizado tubérculos-semilla infectados con el virus. Las variedades de la *ssp. andigena*, como: Sani Imilla, Waych'a, Imilla Negra, presentan clorosis marginal e internerval, especialmente en las hojas superiores, aunque también pueden presentar antocianescencia morada (Foto 1). Es frecuente observar enanismo severo.



Foto 2. Típico enrollamiento de los folíolos en la *ssp. tuberosum*.

En las variedades de la *ssp. tuberosum*, los síntomas secundarios presentan enrollamiento de los folíolos inferiores, las hojas se ponen rígidas y coriáceas, se secan y cuando se estrujan producen un sonido crocante como de papel (Foto 2).

La severidad de los síntomas depende de la variante del virus, la variedad de la papa y las condiciones de desarrollo de la planta.

Virus “Y” de la Papa (PVY)

► Importancia

El PVY es considerado el segundo virus en importancia en el mundo. En Bolivia se encuentra en todas las zonas paperas, con frecuencia, en infecciones mixtas con el virus PVX, ocasionando pérdidas hasta del 80%. El PVY se transmite por muchas especies de áfidos, de manera no persistente.

► Sintomatología

Los síntomas varían de acuerdo a la variedad de la papa, la variante del virus y el medio ambiente. Los síntomas pueden ir desde mosaico suave a mosaico rugoso, arrugamiento de hojas, enanismo, necrosis de las nervaduras y manchas necróticas (Fotos 3 y 4).

En algunos casos la necrosis provoca que la hoja se desprenda o quede colgando del tallo. En ciertas variedades nativas se puede observar rayado (necrosis) de tallo, que se asemejan a síntomas de *Phytophthora infestans*.

Cuando se presenta junto al PVX, provoca un severo mosaico rugoso y enanismo (Foto 5). El PVA es un virus muy relacionado al PVY, aunque menos estudiado en el país. Los síntomas de PVA son usualmente más suaves que el PVY.



Foto 3. Mosaico causado por el virus “Y” de la papa (PVY).



Foto 4. Síntoma de necrosis de nervadura en el envés de la hoja ocasionado por PVY.

Foto 5. Seveo enanismo causado por la interacción PVX y PVY en la variedad Runa Toralapa.

Mosaicos (PVX, PVS, APMV, APLV)

► Importancia

Los mosaicos son causados por muchos virus, algunos se encuentran presentes en todo el mundo como el PVX y el PVS, y otros más restringidos a los Andes como el APMV y el APLV. El más común de ellos, en nuestro país, es el PVX, que se presenta en zonas de valle y altura, y se transmite por contacto, no por áfidos (Foto 6). Este virus puede reducir el rendimiento en más del 10%, dependiendo de la variante, y en combinación con PVY puede provocar severas pérdidas.

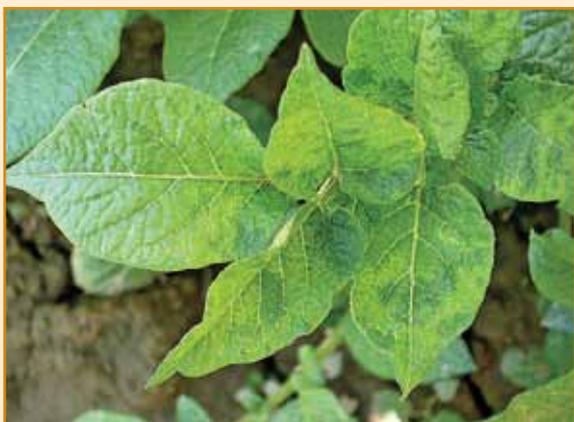


Foto 6. Hoja mostrando síntomas de mosaico.

El PVS también se transmite por contacto, excepto algunas variantes del virus que se transmiten por áfidos. El APMV y APLV producen un tipo de mosaico llamado moteado, que se transmite por contacto pero también por escarabajos vectores, *Diabrotica* en el caso de APMV y *Epitrix* en APLV, aunque con baja eficiencia. Todos estos virus se transmiten por tubérculos-semilla.

Amarillamientos (PMTV, PAMV, TRSV, TBRV)

► Importancia

En Bolivia los síntomas de “amarillamiento” en el follaje de las plantas de papa, aparecen en las zonas de valle y altura (sobre los 2.500 msnm). Los agricultores asocian la presencia de estos síntomas con buenas cosechas, porque los años de buena humedad para la papa, también son favorables para *Spongospora subterranea*, vector del virus mop top (PMTV).

En ensayos conducidos por PROINPA con la variedad Waych'a, se determinaron disminuciones en los rendimientos entre el 10 y 24% a consecuencia de los amarillamientos.

► Sintomatología

Los síntomas de amarillamiento en la papa son causados por varios virus, como: PMTV, TRV, PAMV, TRSV y TBRV, que se caracterizan por mostrar manchas de color amarillo brillante, anillos o marcas en forma de “V” invertida (Foto 7). En el caso del virus PMTV y TRV también se pueden observar síntomas en los tubérculos.



Foto 7. Síntomas de “V” invertida en una hoja basal causados por el virus mop top (PMTV).



Foto 8. Parcela de la variedad Runa Toralapa mostrando síntomas de amarillamiento.

► Estrategia de manejo integrado

La manera más efectiva de manejo de las enfermedades virales es mediante el uso de semilla de alta calidad. Los agricultores bolivianos saben cuándo su semilla está “cansada” (infectada por virus, con bajos rendimientos) y buscan renovar la misma. Lo más aconsejable es adquirir semilla certificada, o la proveniente de zonas de altura, con experiencia y tradición semillera.

En el país la semilla es producida en zonas sobre los 3.000 msnm, donde la población de virus es más baja y por tanto la diseminación (de virus como el PLRV y el PVY) es considerablemente menor.

Una práctica que ha dado buenos resultados para que los pequeños productores mejoren su semilla, es la “Selección Positiva”, que consiste en la selección de plantas-tipo de la variedad y con alta sanidad, para luego cosecharlas y multiplicarlas de manera separada por varios años, hasta contar con un plantel de alta calidad y pureza varietal.

Se debe destacar que en Bolivia se produce semilla certificada de papa, de alta calidad, que proviene de laboratorios de cultivo de tejidos y continúa en invernaderos con mallas antiáfidos, para luego pasar a campo, con estrictas medidas sanitarias, donde se descartan las plantas con síntomas de virus (roguing). Esta multiplicación se realiza en sucesivas campañas, bajo la supervisión de los Servicios de Certificación de Semillas del país (semilla básica, registrada y certificada).

PROINPA incluye la resistencia a virus como base de su Programa de Mejoramiento Genético de Papa, particularmente PVX y PVY, esto significa que casi todas las nuevas variedades que libera PROINPA son resistentes a estos virus.

ÁFIDOS VECTORES DE VIRUS

Antonio Gandarillas
Víctor Alvarez
Luis Crespo

Nombre científico

Myzus persicae,
Macrosiphum euphorbiae,
Aphis gossypii,
Rhopalosiphum.

Nombre común

Español: Áfido, pulgón.

► Importancia

Los áfidos rara vez causan daño directo y significativo al alimentarse de plantas de papa. Su importancia radica en su habilidad de transmitir virus; están presentes en todas las zonas productoras de papa del país, aunque con menor incidencia en zonas sobre los 3.000 msnm.

La biología de los áfidos, su comportamiento, los factores climáticos y los enemigos naturales, determinan el tipo y la cantidad de virus que pueden transmitir. Varias especies de áfidos son vectores de virus de papa, sin embargo, se conoce que la especie *Myzus persicae* es la más eficiente y es de distribución mundial.

► Diseminación

La diseminación de los virus es principalmente por medio de los áfidos alados que vuelan de campos y plantas infectadas a campos y plantas sanas. La transmisión de virus que ocurre en condiciones de almacén, cuando los brotes emergen de los tubérculos, ha sido menos estudiada, aunque es muy importante en las condiciones de producción de papa en Bolivia.

► Tipos de transmisión de virus

El áfido al llegar a una planta, la prueba para definir si es de su agrado o no. Las primeras pruebas son en las células epidermales: si la degustación es positiva inserta su estilete hasta llegar al floema (Figura 1). En este proceso, los virus pueden ser adquiridos y circular o no en el cuerpo del áfido.

Los áfidos que adquieren el virus son llamados virulíferos y pueden transmitir virus a plantas sanas al probarlas o alimentarse de ellas. Los áfidos pueden permanecer virulíferos por minutos, horas, días o el resto de sus vidas. En función a este periodo de retención se clasifican tres tipos de transmisión: no persistente, persistente y semipersistente (que no se presenta en la papa).

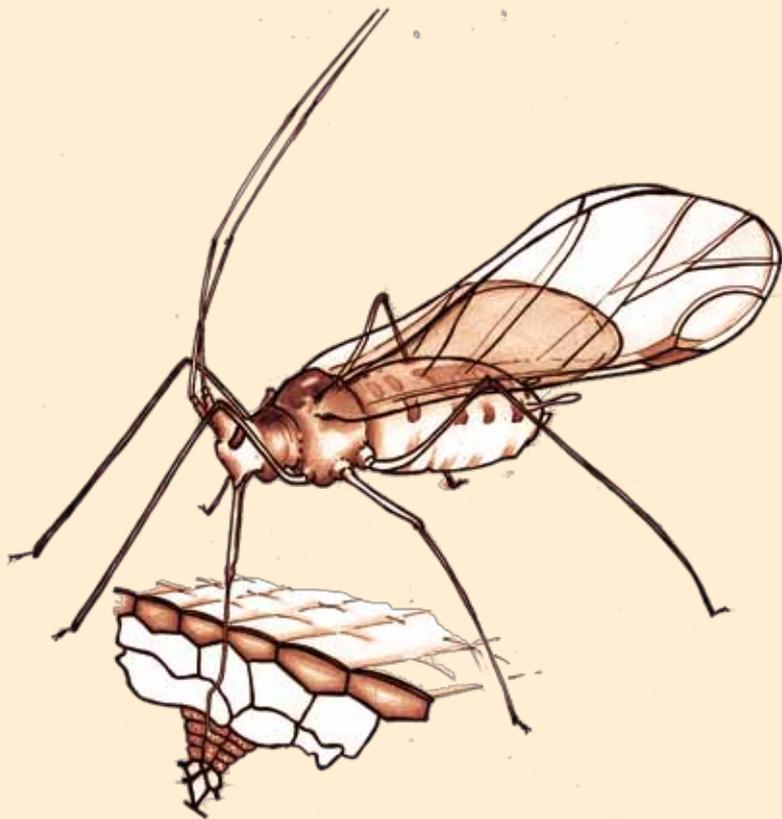


Figura 1: Áfido alado alimentándose del floema donde adquiere el virus PLRV.

- **Transmisión No Persistente**

Este tipo de transmisión se caracteriza porque la adquisición e inoculación del virus puede ser completada en segundos o pocos minutos, no existe un periodo de latencia o incubación en el cuerpo del áfido-vector. Los áfidos permanecen virulíferos pocos minutos y pierden la capacidad de transmisión con la muda.

El virus más importante de la papa, transmitido de manera no persistente, es el PVY. Prácticamente todas las especies de áfidos pueden transmitir al PVY.

- **Transmisión Persistente**

La transmisión persistente se caracteriza porque el virus es adquirido en un proceso de alimentación largo, de minutos a horas, cuando el estilete del áfido alcanza el floema, donde se aloja el virus del enrollamiento de la papa (PLRV). El PLRV es el único virus en papa que es transmitido de esta manera.

Entre la adquisición y la transmisión hay un periodo de latencia que varía de uno a varios días. El virus es retenido durante la muda y se mantiene virulífero por el resto de su vida. El principal áfido-vector de este virus es la especie *M. persicae*.

► Ciclo de la plaga

En el país, particularmente en los valles interandinos, los áfidos invernán principalmente como adultos en las malezas. Cuando las temperaturas se elevan en la época de cultivo, migran a hospedantes, como la papa, donde establecen colonias (Foto 9).



Foto 9. Colonia de áfidos en hojas de papa.

Los áfidos se reproducen por partenogénesis, dando lugar a cientos de adultos ápteros (sin alas), hasta que la densidad es muy alta, y por estímulos hormonales se producen hembras aladas (Foto 10). Estas poblaciones aladas tienen la capacidad de realizar vuelos largos en búsqueda de hospedantes apropiados, para iniciar nuevas colonias.

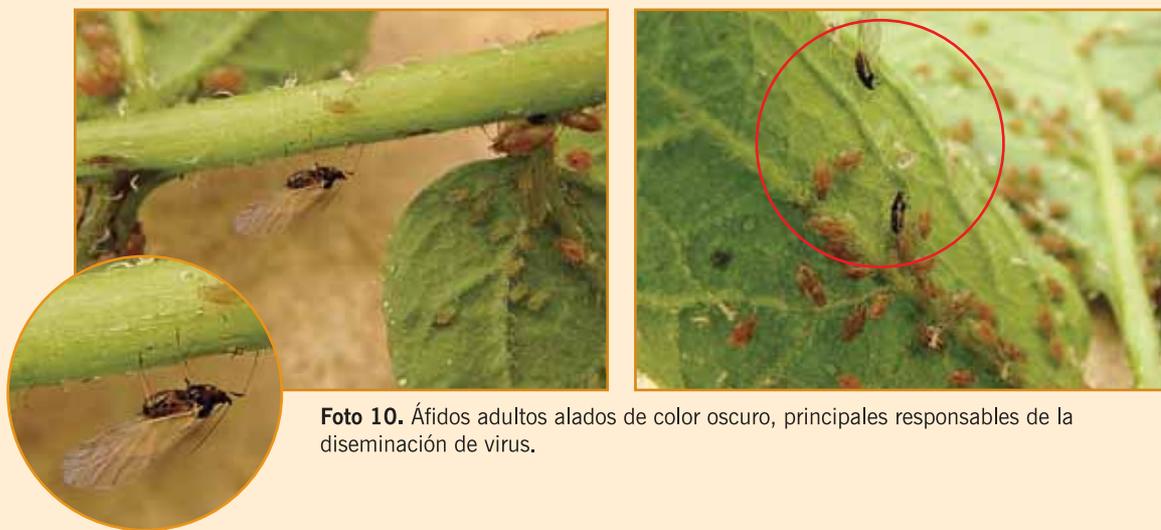


Foto 10. Áfidos adultos alados de color oscuro, principales responsables de la diseminación de virus.

► Estrategia de manejo integrado

Se los puede controlar utilizando bioinsecticidas o insecticidas sintéticos, cuidando de rotarlos para evitar la formación de resistencia.

El uso de insecticidas para el control de virus es de efectividad relativa, especialmente para los virus que se transmiten de manera no persistente, que al sólo introducir el áfido su estilete, transmite el virus.

Insectos

CIGARRITA MARRÓN

Russelliana solanicola

Vladimir Lino

Nombre científico

Russelliana solanicola.

Nombre común

Español: Cigarrita marrón, silido de la papa

Quechua: Ith'a, mach'a

► Importancia

Es un insecto que ocasiona daños al follaje del cultivo de la papa, tomate y otras solanáceas, especialmente en zonas de clima templado a caliente. Se lo ha reportado en los valles mesotérmicos de Cochabamba (Mizque, Aiquile y Omereque) y Santa Cruz (Saipina y San Isidro).

Las ninfas al succionar la savia provocan el debilitamiento general de la planta, con la consiguiente reducción del rendimiento, que en algunos casos puede superar el 50%. También ocasiona la formación de tubérculos pequeños de menor valor en la comercialización.

Además de las solanáceas ataca varias hortalizas, entre ellas, betarraga, lechuga, sandía y zanahoria.

► Sintomatología

En campos con daños del insecto, se pueden observar plantas con crecimiento reducido (achaparramiento), con pérdida de coloración en el follaje (amarillento) y encrespamiento de las hojas. Cuando se presentan poblaciones altas del insecto, es notoria la aparición de la fumagina (ennegrecimiento de las hojas), provocado por el desarrollo de hongos en la mielecilla que es excretada por las larvas (Foto 1).





► Diseminación

Por su pequeño tamaño, este insecto puede ser diseminado en restos de follaje o partes vegetales, como es el caso de plantines de tomate, cuando son trasladados de zonas infestadas.

Foto 1. Follaje infestado con *Russelliana solanicola* adulto

► Ciclo de la plaga

El adulto es un insecto pequeño de 2 a 5 mm de largo, es aplastado lateralmente, tiene un cráneo muy desarrollado, antenas largas, alas y patas posteriores saltadoras. Son insectos de movimientos rápidos, combinados de salto y vuelo, pero incapaces de realizar vuelo sostenido.

La duración del ciclo es de aproximadamente 33 días, el periodo de incubación del huevo es de 9 días y el desarrollo de las ninfas de 21 días (cinco etapas ninfales), siendo la media de oviposición de 100 huevos (Fotos 2 y 3).

Russelliana puede afectar en cualquier período fenológico del cultivo, sin embargo es importante considerar que las infestaciones iniciales son las más perjudiciales, debido a que limitan enormemente el desarrollo de las plantas.



Foto 2. Huevo y ninfa de *Russelliana solanicola*, tomada al estereoscopio.



Foto 3. Adulto de *Russelliana solanicola*, tomada al estereoscopio.

► Estrategia de manejo integrado

Para el desarrollo de *Russelliana* es muy importante la temperatura (media-alta) y la baja humedad relativa, como las que son registradas a partir de mediados de agosto a noviembre en la mayoría de los valles mesotérmicos. Por ello, el inicio de las precipitaciones pluviales en noviembre reduce significativamente las poblaciones de la cigarrita marrón, lo que constituye un control natural importante para la plaga.

En base a la información generada por PROINPA, se ha desarrollado una estrategia de manejo integrado que contempla las siguientes acciones:

- Evitar siembras en períodos secos y calurosos.
- Uso de trampas amarillas pegantes, instaladas alrededor de los almácigos o parcelas, distribuidas cada 10 a 15 metros, con la finalidad de evitar el ingreso de los adultos. Esta forma de instalación, se la aplica desde la emergencia hasta el primer aporque, posteriormente pueden ser instaladas al interior de las parcelas si las poblaciones de la plaga son bajas.
- Pasadas de mantas amarillas pegantes por el cultivo (aceite comestible), esta práctica está orientada a bajar las poblaciones de adultos y evitar nuevas posturas. Debe realizarse de preferencia en las horas de mayor calor, entre las 10:00 y 16:00, período en que se encuentran más dinámicas y pueden ser fácilmente capturadas.
- La aplicación de tratamientos químicos debe estar dirigida especialmente a los estadios inmaduros. Es importante asegurarse de una buena aplicación ya que las larvas se desarrollan en el envés de las hojas. Se recomienda la utilización de productos selectivos en mezclas con aceites minerales y la aplicación de acaricidas en casos necesarios.

CIGARRITA VERDE

Empoasca spp.

Luis Crespo
Oscar Barea

Nombre científico

Empoasca spp. y
otros géneros

Nombre común

Español: Cigarrita verde.

Quechua: K'omer qhuru.

► Importancia

Esta plaga puede ser encontrada con mayor frecuencia en los valles interandinos y zonas bajas del país. Su incidencia y tipo de daño no afectan de manera significativa al rendimiento de la papa, por lo que a la fecha no se tiene reportes de pérdidas económicas. Este insecto es considerado como plaga secundaria en Bolivia.



► Sintomatología

Generalmente están presentes en las hojas, se alimentan introduciendo su estilete y chupando la savia de las plantas, en este proceso inyectan toxinas. Algunas especies transmiten enfermedades fitoplásmicas a la papa como el amarillamiento del aster y la escoba de bruja, muy poco estudiadas en nuestro país.

A consecuencia de las toxinas se producen el “quemado” de los bordes de las hojas con enrollamiento hacia abajo y el amarillamiento de la lámina foliar. Este síntoma característico de las hojas, paraliza el desarrollo de la planta, sobre todo cuando el ataque es temprano.



► Diseminación

Generalmente en los cultivos de papa se encuentra más de una especie de cigarrita. Basta con mover la plantas para observarlas volar. Por su tamaño y capacidad de vuelo, puede diseminarse con ayuda del viento de una parcela a otra.

► Ciclo de la plaga

Las cigarritas verdes (Foto 1) son insectos chupadores ampliamente distribuidos en el mundo, de tamaño pequeño (3 mm) y muy móviles, vuelan a gran velocidad al ser molestados. La hembra pone sus huevos en el peciolo y la nervadura central de las hojas mediante su ovopositor puntiagudo, que le permite cortar longitudinalmente la epidermis e introducir el huevo debajo de la misma.

Las ninfas y los adultos viven en la cara inferior de las hojas, picando y chupando la savia de la planta. La longevidad del adulto varía entre los 20 a 22 días, y su ciclo completo tiene una duración aproximada de 30 días.



Foto 1. Adultos de cigarrita verde (*Empoasca* spp.).

► Estrategia de manejo integrado

En caso de que la población de cigarritas sea muy alta, se deben considerar las prácticas de manejo integrado que se recomiendan para aquellas plagas que atacan al follaje como trips y la pulgilla.

- Evitar cultivos vecinos de frijol, haba y arveja, que hospedan altas poblaciones de cigarritas que pasan a los cultivos de papa.
- Mantener los campos libres de malezas, tanto dentro del cultivo, como en los bordes del terreno.

ESCARABAJO NEGRO DE LA HOJA

Epicauta spp.

Jaime Herbas
Luis Crespo

Nombre científico

Epicauta spp.

Nombre común

Español: Escarabajo negro de la hoja, bicho moro.

Quechua: Challu, waca waca.



Foto 1. Comportamiento gregario en el ataque de adultos de *Epicauta* spp. a plantas de papa.

Importancia

El challu (*Epicauta* spp.) es un insecto con típico comportamiento gregario, que provoca defoliaciones localizadas. Sin embargo, su importancia económica es relativa, porque se presenta ocasionalmente en las zonas paperas del país, provocando daños serios, pero generalmente en pocas plantas, a manera de manchones, ésto hace difícil cuantificar las pérdidas.



Foto 2. Los adultos al alimentarse, sólo dejan las nervaduras.

Sintomatología

Los adultos suelen encontrarse en grupos numerosos atacando intensamente las hojas y eventualmente flores y frutos, su voracidad sobre una misma planta lleva a una defoliación total (Foto 1). Se comportan como esqueletizadores y en ataques severos solamente quedan las nervaduras de las hojas (Foto 2).

Para su alimentación prefieren hojas jóvenes y succulentas, situadas en el tercio superior de la planta. Esta plaga usualmente se presenta en forma localizada y rara vez el ataque es generalizado. Las larvas pueden ser consideradas benéficas al alimentarse de huevos de langostas. Existen diferentes especies de *Epicauta* spp. distribuidas en todas las zonas paperas de Bolivia.

► **Diseminación y ciclo de la plaga**

Los adultos miden de 10 a 15 mm de longitud (Foto 3), las hembras colocan sus huevos en el suelo, en grupos de 50 a 80. Al eclosionar, las larvas se encaminan a buscar cocones o paquetes de huevos de langostas, de los que se alimentan hasta su cuarto estadio, los dos últimos estadios son de reposo o de vida latente. Al final se transforman en pupa dentro una cavidad oval. El ciclo total del insecto dura un año. Los adultos se desplazan volando en grupos de una parcela a otra.



Foto 3. Adulto de *Epicauta* spp.

► **Estrategia de manejo integrado**

Por el comportamiento gregario de esta plaga se hace fácil su manejo a través del recojo manual, o también con aplicaciones foliares de insecticidas, dirigidas y localizadas en las áreas donde está presente.

GALLINA CIEGA

Anomala inconstans, *Phyllophaga*

Carlos Bejarano

Nombre científico

Anomala inconstans,
Phyllophaga y otros
Scarabaeidae.

Nombre común

Español: Gallina ciega.
Quechua: larva: Laq'atu, yuraj khuru;
adulto: Waca waca, acatanca, seca kh'uru.

► Importancia

Gallina ciega es el nombre genérico que se da a varias especies de escarabajos, es una plaga que se presenta prácticamente en todas las zonas productoras de papa del país y es considerada como ocasional.



Foto 1. Corte en el perfil del suelo que muestra el ataque de gallina ciega a tubérculos y raíces de una planta de papa.

► Sintomatología

Las larvas se alimentan principalmente de las partes subterráneas de la planta (raíces y base de los tallos), causando disminución del crecimiento, marchitamiento o quiebre de las plantas (Foto 1). También se pueden alimentar de los tubérculos provocando cavidades grandes que reducen su valor comercial (Foto 2).



Foto 2. Daños severos en tubérculos, causados por larvas de gallina ciega.

Esta plaga es particularmente severa cuando se siembra papa en campos que fueron pastizales o praderas, ya que son insectos polífagos, es decir que se alimentan de varias especies de plantas, entre ellas los pastos.

► **Diseminación**

Una vez que la hembra es fertilizada, recorre volando distancias considerables, para dejar sus huevos en suelos o corrales con alto contenido de materia orgánica. Cuando en la siembra se utiliza estiércol proveniente de corrales, éste puede hospedar cantidades significativas de huevos y larvas de gallina ciega.

► **Ciclo de la plaga**

La gallina ciega presenta una sola generación por año, aunque ocasionalmente el estado larval se prolonga por un par de años. Los estados de huevo, larva y pupa ocurren en el suelo, mientras que el adulto es de vida aérea y de hábitos nocturnos.

La larva es de color blanco brillante, está cubierta de vellosidades y tiene la cabeza color café. Se mueve de forma pausada y pesada, adquiere forma de "C" y posee mandíbulas fuertes bastante desarrolladas como para trozar tubérculos, raíces y tallos. La dimensión máxima que éstas pueden alcanzar es de 40 mm (Foto 3 y 4).



Foto 3. Detalle de larva de *Scarabaeidae*.



Foto 4. Larvas de *Scarabaeidae* en el suelo.

La pupa es amarilla rojiza, alcanza los 2 cm de longitud y 1 cm de ancho, posee segmentos abdominales pronunciados. Los adultos son de color café oscuro, su tamaño promedio es de 1.5 cm de longitud y 0.8 cm de ancho.

► Estrategia de manejo integrado

- Se debe evitar la siembra de papa en campos de gramíneas o pastizales.
- Es recomendable realizar araduras profundas, para exponer los gusanos a las heladas y el sol, así como a la acción predatora de las gallinas.
- Se pueden realizar capturas de adultos en las noches mediante el uso de trampas luz.
- Es conveniente compostar los residuos orgánicos antes de utilizarlos.
- Esta plaga es difícil de combatir con insecticidas sintéticos.

GORGOJO PHYRDENUS

Phyrdenus sp.

Vladimir Lino
Jaime Herbas
Grover Guzmán

Nombre científico

Phyrdenus sp.

Nombre común

Estado adulto: Cascarudos, tortuguitas, gorgojo de la papa de los valles.

Estado de larva: arrocillo, gusano blanco de la papa. **Quechua**: T'una laqhatu, yuraj khuru.

► Importancia

El complejo gorgojo de los Andes es muy importante, conocido y estudiado en las zonas de altura. Sin embargo, algunos miembros de este complejo, son menos conocidos, como el *Phyrdenus* sp., pero muy importante en los valles mesotérmicos del país, entre los 1.500 y los 2.700 msnm, donde puede causar daños que varían del 10 al 60%, afectando también a otros cultivos como el tomate y el pimentón.

► Sintomatología

El adulto es el principal estadio que ocasiona daños al cortar el cuello de las plantas recién emergidas de los cultivos de papa y tomate (Foto 1). También causa daños a nivel de follaje, al cortar los bordes de los folíolos en forma de media luna.



Foto 1. Adulto de *Phyrdenus*, alimentándose de un tallo de papa.

Las larvas (Foto 2) realizan galerías superficiales a nivel de las raíces, estolones y tubérculos, afectando el valor comercial del producto (Foto 3).



Foto 2. Larvas de gorgojo *Phyrdenus*.



Foto 3. Tubérculos que presentan galerías causadas por larvas de *Phyrdenus*.

► **Diseminación**

A diferencia de la mayoría de las otras especies del complejo gorgojo de los Andes, *Phyrdenus* sp., tiene la capacidad de volar, lo que le permite trasladarse fácilmente a nuevos cultivos.

► **Ciclo de la plaga**

El ciclo biológico es más corto en relación a las otras especies del complejo gorgojo de los Andes. Los huevecillos son depositados a nivel del cuello de la planta, próximos a las raíces y en los rastrojos; el estadio larvario es observado a partir del inicio de la tuberización, encontrándose larvas de cuarto estadio durante la cosecha del cultivo, llegando a empujar en el suelo, de donde emergen los adultos para infestar nuevos cultivos.

La duración del ciclo biológico es aproximadamente de 123 días.

En algunas zonas de valle, donde se tienen hasta tres épocas de siembra de papa, además del cultivo del tomate (Valle de San Andrés en Tarija, Valle de Mizque en Cochabamba y Valles de Saipina, San Isidro y Los Negros en Santa Cruz), es fácil observar la superposición de generaciones del insecto.

► Estrategia de manejo integrado

- Se recomienda utilizar semilla sana, la que deberá sembrarse en un sistema de rotación de parcelas y cultivos, evitando solanáceas.
- La preparación adecuada de suelos es importante, porque expone a las pupas a condiciones adversas, con lo que se baja considerablemente la población del insecto.
- Al observarse daños a la emergencia de los cultivos deberán aplicarse tratamientos adecuados con productos selectivos y de acuerdo al umbral de aplicación.
- En zonas húmedas, se han logrado buenos resultados aplicando bio-insecticidas como *Beauveria* al inicio de la tuberización.
- En etapas de mayor desarrollo foliar, pueden ser observadas poblaciones importantes de adultos, los cuales se controlan con “recolecciones nocturnas” sacudiendo el follaje sobre una bandeja o con tratamientos químicos selectivos.
- Es importante realizar la cosecha en el momento oportuno, para evitar que incremente el daño a nivel de los tubérculos.

La lista de insecticidas utilizados para el control de manchas foliares se presentan en anexos.

GORGOJO *PREMNOTYPES*

Premnotypes spp.

Miguel Ángel Gonzales
Luis Crespo

Nombre científico

Premnotypes spp.

Nombre común

Español: Gusano blanco, arrocillo.

Quechua: Yuraj khuru, arroz khuru.

Aymara: Janq'o laq'o.

► Importancia

El gorgojo *Premnotypes* spp. es la plaga más importante de las zonas altas, particularmente del altiplano. El principal daño que causa son galerías en los tubérculos, con pérdidas de más del 80% al momento de la cosecha. Los tubérculos dañados no son deseables para la comercialización y en su mayor parte son utilizados para la elaboración de chuño que resulta de mala calidad y bajo precio.

Esta plaga se encuentra en regiones de altura por encima de los 2.500 msnm, en los departamentos de La Paz, Oruro, Potosí, Cochabamba y Chuquisaca. Se estima que 60.000 hectáreas están afectadas en todo el país, lo que representaría una pérdida de \$US 12 millones/anales.



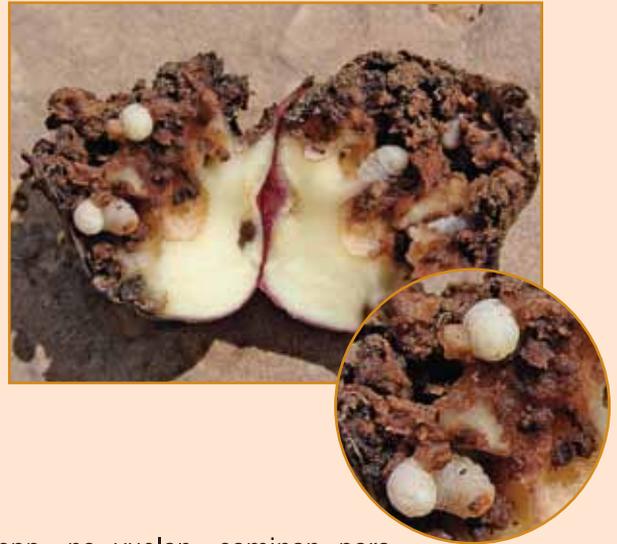
Foto 1. Gorgojos adultos alimentándose del follaje.

► Sintomatología

Los adultos se alimentan del follaje y dañan las hojas en forma de media luna en sus bordes, esta actividad la realizan durante la noche, ya que en el día se esconden de la luz del sol (Foto 1).

Las larvas dañan los tubérculos, en los que realizan galerías irregulares donde dejan sus excrementos y residuos de tejido muerto, quitándoles valor comercial (Foto 2). Los daños que se observan en los tubérculos son similares en especies de papa dulce y amarga.

Foto 2. Daño al tubérculo por acción del gorgojo.



► **Diseminación**

Los adultos del gorgojo *Premnotrypes* spp. no vuelan, caminan para desplazarse de un sitio a otro, orientados por las fitohormonas de las plantas de papa. En casos excepcionales pueden diseminarse por la semilla.

El ingreso de la plaga a las parcelas de papa es por la parte donde se cosechó y amontonó la papa el año anterior. También caminan hacia las parcelas desde los lugares de almacenamiento de papa.

► **Ciclo de la plaga**

El adulto es de color café a casi negro, los machos generalmente son más pequeños que las hembras, ambos son de hábitos nocturnos, no vuelan, emergen de los focos de infestación (almacenes y sitios de amontonamiento), y llegan caminando a la parcela de papa recién sembrada, donde se alimentan del follaje. Por éste hábito se observa mayor daño en los bordes de la parcela.

La hembra, durante su vida ovípara alrededor de 500 huevecillos. La larva es de color blanco cremoso en forma de "C" con cabeza café, se introduce al suelo en busca de alimento, llegando a los tubérculos en formación, de los cuales se alimenta realizando galerías.

Una vez completado el desarrollo larval dentro del tubérculo, que ocurre a partir de la cosecha, lo abandona para introducirse al suelo y completar su ciclo de vida, pasando por estadios de pupa, pre adulto (adulto invernante) y finalmente un adulto que emergerá al inicio de la época de lluvias, que coincide con la emergencia de los cultivos de papa en el campo (Fotos 3, 4, 5, 6 y 7).



Foto 3. Huevos depositados en rastrojos.



Foto 4. Larvas en la típica forma de C que se alimentan del tubérculo.



Foto 5. Pupas que se desarrollan en el suelo.



Foto 6. Adulto invernante.



Foto 7. Adulto de *Premnotypes* spp.

Esta plaga tiene una generación por año, que generalmente coincide con la siembra grande o siembra de año (octubre–abril), dependiendo de las condiciones de humedad presentes en el suelo.

En el Altiplano Central se ha observado su presencia entre los meses de diciembre y marzo. Diferente a lo que se reportaba hace unos diez años (aparecía desde el mes de octubre). Este comportamiento diferente se

explicaría por el incremento en la amplitud térmica registrada en los últimos años, que está en relación con el calentamiento global, el régimen de lluvias diferente y los contenidos de humedad de suelo, menores en los meses en los que antes emergía el gorgojo (octubre).

Existen evidencias de que la especie *Premnotrypes* está siendo desplazada en la zona de Umala (Altiplano Central en La Paz), por la especie *Rhigopsidius piercei*, encontrándose una relación de 70% para *Rhigopsidius* y 30% para *Premnotrypes*.

Esto sugiere que el *R. piercei* tiene una mayor capacidad de adaptación y progresivamente podría desplazar a *Premnotrypes* de varias zonas del altiplano. Se debe notar que el *R. piercei* es una especie endémica de las alturas del sur de Bolivia (Chuquisaca) donde las temperaturas son mayores a las del altiplano.

► Estrategia de manejo integrado

PROINPA ha diseñado una estrategia de manejo integrado de esta plaga con diferentes componentes (cultural, químico, físico y biológico) a ser aplicados de acuerdo al desarrollo biológico de la plaga y durante las diferentes etapas del cultivo.

Prácticas a la parcela.

- Preparación anticipada del terreno con la finalidad de eliminar la población de la plaga (pupas) que haya quedado en campo.
- Eliminación de plantas voluntarias o k'ipas que son las que sirven de alimento inicial a los gorgojos adultos.
- Uso de trampas de paja o yute que deben ser instaladas alrededor de la parcela, que sirven de refugio durante el día para los adultos que llegan a la parcela. Por medio de estas trampas podemos conocer el momento en que la plaga llega a la parcela.
- El uso de trampas de caída es otra forma de control que se ha innovado en la estrategia de MIP, en la que los adultos son atrapados, permitiendo además el monitoreo de poblaciones presentes en un lugar (Foto 8 y 9).
- Aporque alto, para dificultar que las larvas alcancen los tubérculos.
- Recolección de gorgojos adultos durante la noche, cuando se están alimentando del follaje, sacudiendo las plantas sobre un recipiente.

- Como una última opción, en caso de tener altas infestaciones del gorgojo, se puede aplicar insecticidas a nivel del cuello de la planta y puede ser en dos oportunidades: la primera, al 80% de la emergencia y una segunda aplicación al primer aporque. Esta práctica está dirigida a la eliminación de adultos antes de la oviposición.



Foto 8. Estructura de trampa de gorgojo.



Foto 9. Trampa para gorgojo instalada (enterrada) al borde de la parcela.

Prácticas en cosecha, áreas de amontonamiento y almacén.

- Cosechar oportunamente para evitar que la infestación a los tubérculos vaya en aumento.
- Usar mantas plásticas en los lugares de amontonamiento de los tubérculos para capturar las larvas que salen de los tubérculos y eliminarlas, evitando que se introduzcan al suelo para completar su ciclo.
- Remoción de suelo en sitios de amontonamiento de tubérculos, entre los meses de julio y agosto, para eliminar las poblaciones de pupas que se encuentran en estos lugares, disminuyendo la población de la plaga para la campaña siguiente.
- Aprovechando que los agricultores siempre crían gallinas, se las debe usar como práctica complementaria al uso de mantas plásticas y remoción de sitios de amontonamiento, ya que éstas se alimentan de las larvas, pupas y adultos de la plaga, disminuyendo la población del insecto para la campaña siguiente.

GORGOJO *RHIGOPSIDIUS*

Rhigopsidius piercei

Oscar Barea
Carlos Bejarano

Nombre científico

Rhigopsidius piercei.

Nombre común

Español: Cascarudo (adulto), gusano blanco (larva).

Quechua: Yuraj khuru (larva).

Aymara: Janq'u, laq'u, ch'uqui laq'u.

► Importancia

Esta especie de gorgojo se presenta con mayor incidencia en la región andina y los valles interandinos de Chuquisaca, Potosí y Tarija, y en menor grado en Cochabamba y La Paz. Los mayores daños ocurren en los cultivos a secano y cuando las sequías son prolongadas.

Las pérdidas que ocasiona *R. piercei* pueden ser significativas, en Potosí varían entre el 31 y 95%, en Chuquisaca y Tarija entre el 25 y 85%, en Cochabamba y La Paz las pérdidas son menores. Las pérdidas económicas ocasionadas por *Rhigopsidius* se estiman en \$US 18 millones/año.

► Sintomatología

Los primeros síntomas o daños se observan en las hojas tiernas y superiores, por la alimentación de los adultos. Durante el periodo de tuberización las larvas ingresan a los tubérculos, dañando el tejido, formando galerías y afectando severamente la calidad de los tubérculos (Foto 1).



Foto 1. Daño en tubérculo por *Rhigopsidius*.

Al inicio los daños en los tubérculos son imperceptibles, como pequeños puntos negros sobre la piel de la papa, luego éstos se agrandan con el crecimiento de las larvas en su interior. Una característica importante de esta especie de gorgojo, es que completa su ciclo dentro del tubérculo.

Durante el almacenamiento, los daños en las papas son más visibles, por el aumento de tamaño de las larvas. Al final de este periodo, en las papas se puede encontrar larvas de cuarto estadio, pupas y adultos (Foto 2, 3 y 4).



Foto 2. Larvas de cuarto estadio.



Foto 3. Pupas de *Rhigopsidius piercei*.



Foto 4. Gorgojo adulto.

► Diseminación

Esta especie completa su ciclo biológico en el tubérculo, en consecuencia su mayor diseminación es mediante el movimiento de los tubérculos-semilla, que se acelera con el continuo transporte e intercambio entre las comunidades y regiones.

Se ha observado en la zona de Umala en el Altiplano Central, que *R. piercei* por su mejor adaptación al cambio climático, estaría desplazando a la

especie nativa *Premnotrypes* spp., lo mismo podría estar ocurriendo en otras zonas del altiplano.

Esta especie de gorgojo no vuela, la migración del insecto es por el suelo, caminando de una parcela infestada o el almacén, hacia campos recién sembrados.

Los primeros gorgojos infestan los campos con las primeras lluvias y la emergencia de las plantas de papa. Durante periodos de lluvia prolongados la población del insecto en el campo de cultivo se ve reducida.

► **Ciclo de la plaga**

Los huevos del gorgojo son depositados en forma individual o en pequeños grupos, de los que después de 30 días emergen pequeñas larvas. El estadio de larva es el más dañino, porque se alimenta de los tubérculos provocando galerías.

Dependiendo de las condiciones climáticas, el ciclo de la plaga puede durar entre 70 y 90 días, luego entra en un periodo de inmovilidad por 27 a 45 días en estadio de prepupa, para pasar al estadio de pupa que dura entre 37 y 71 días. Luego estas pupas se convierten en adultos (73 a 190 días) dentro las papas, para emerger con las primeras lluvias e infectar los nuevos cultivos, cerrando el ciclo del insecto, que presenta una sola generación por año.

Los adultos colonizan el cultivo de papa desde el periodo de emergencia de las plantas hasta el primer aporque, periodo en el que ovopositan cerca del cuello de la planta. El periodo de mayor daño ocurre desde la tuberización hasta la cosecha, cuando la plaga ingresa y se alimenta de los tubérculos. Durante el almacenamiento las pérdidas se incrementan.

► **Estrategia de manejo integrado**

La estrategia de manejo integrado se aplica en tres momentos críticos:

Prácticas durante el desarrollo del cultivo.

- Buena preparación de la tierra y siembra oportuna. La buena preparación del suelo consiste en realizar el barbecho antes del invierno, con las últimas lluvias, para que los individuos que quedaron después de la cosecha sean eliminados por cambios bruscos de

temperatura. La siembra oportuna permite evadir la invasión masiva del gorgojo de campos aledaños, de las k'ipas o los almacenes.

- Aporque alto y destruir plantas voluntarias o k'ipas. El aporque alto evita que las hembras del gorgojo, depositen sus huevos cerca del cuello de la planta o en los tubérculos en formación, por la dificultad de penetrar a mayor profundidad en el suelo.

Las plantas voluntarias o k'ipas, son focos de infestación permanente en el campo, por lo tanto se deben eliminar oportunamente, para evitar que los gorgojos sigan alimentándose y viviendo en estas plantas y se conviertan en fuente de infestación para la siguiente siembra.

- Recolectar gorgojos adultos. En la noche los gorgojos salen para alimentarse de las hojas y tallos, en este momento, sacudir las plantas sobre un recipiente y atrapar a los gorgojos.
- Usar trampas de paja o yute. Cerca de las plantas de papa colocar trampas de paja o yute, donde se esconderán los gorgojos durante el día, para luego ser atrapados y eliminados.
- Concursos de recolección de gorgojo. Los concursos de recolección se realizan con la participación de la comunidad y consisten en recolectar el mayor número de gorgojos adultos, antes y durante el periodo de cosecha, de abril a mayo. Éstos pueden ser atrapados durante la noche, usando trampas de paja o yute húmedo, o de papas dañadas. Al final del concurso, se otorgan premios a los agricultores que recolectaron la mayor cantidad de gorgojos.
- Construir barreras de plástico alrededor de la parcela. Cuando se siembra semilla sana y libre de gorgojo, se debe cerrar la parcela con una barrera física de plástico (cada 4 metros una estaca). Esta barrera evita el ingreso de los gorgojos a la parcela.
- Aplicación de insecticidas. Sólo en caso necesario, cuando el ataque sea excesivo, aplicar un insecticida específico alrededor del cuello de la planta y en el suelo (no a las hojas), al momento del primer y segundo aporque, dirigido a reducir la población de adultos.

Prácticas al momento de la cosecha.

- Cosecha oportuna. La cosecha oportuna evita que mayor cantidad de tubérculos con larvas sean almacenados. Mientras más tiempo las papas están en el campo, mayor es la probabilidad de que las

hembras depositen sus huevos cerca de las papas. Una cosecha oportuna evitará un elevado porcentaje de daño en los tubérculos cosechados.

- Selección de tubérculo-semilla y consumo. Esta selección, consiste en separar oportunamente las papas dañadas, para evitar que los gorgojos que viven dentro de la papa sean llevados al almacén y se conviertan en un nuevo foco de infestación.

Prácticas durante el almacenamiento.

- Selección de semilla. Para evitar que el gorgojo que está en la semilla almacenada vaya hasta la parcela, una semana antes de la siembra seleccionar y embolsar la semilla sana, separando la semilla dañada.

Para eliminar los gorgojos de los tubérculos embolsar un quintal de semilla sana en una bolsa plástica transparente. Luego de seis días, la semilla transpira o suda, entonces el gorgojo por la humedad y calor sale de la papa, luego se recolectan los gorgojos y se eliminan (Foto 5).



Foto 5. Selección de papa semilla utilizando bolsas plásticas

GUSANOS CORTADORES

Agrotis spp., *Copitarsia* sp.

Luis Crespo

Nombre científico

Agrotis spp.,
Copitarsia sp.

Nombre común

Español: Gusano del suelo, gusano cortador.

Quechua: Silvi.

Aymara: Ticona.

► Importancia

Los gusanos cortadores corresponden a larvas de varias especies de noctuidos o polillas nocturnas. El principal daño que provocan en la papa ocurre cuando cortan los tallos tiernos de las plantas recién emergidas. También pueden alimentarse de los tubérculos superficiales y de las hojas.

Esta plaga se presenta con mayor intensidad en años secos, pudiendo causar pérdidas significativas cuando el ataque es en la emergencia del cultivo. Además de la papa, ataca otros cultivos: haba, maíz, quinua, oca, hortalizas y algunas malezas. Se desarrolla en zonas frías y templadas desde los 1.500 hasta los 3.700 msnm.



► Sintomatología

Las larvas se alimentan de las plantas recién emergidas a nivel del cuello, lo que ocasiona marchitamiento, amarillamiento y finalmente la muerte de la planta.

En algunas ocasiones se puede encontrar larvas alimentándose de los tubérculos, las que barrenan la parte superficial, dejando grandes orificios (Foto 1).

Foto 1. Los gusanos cortadores provocan daños al alimentarse de los tubérculos.

► Ciclo de la plaga y diseminación

Las hembras colocan sus huevos en forma aislada o ligeramente juntos en la cara inferior de las hojas, rara vez en la cara superior. Los huevos son redondeados, lisos y de color blanquecino y oscurecen a medida que se acerca el momento de la eclosión.

Poseen cuatro estadios larvales, durante los tres primeros se alimentan de hojas, follaje y tallos tiernos. En el cuarto estadio descienden al suelo y causan los mayores daños, al cortar los tallos de las plantas recién emergidas y al alimentarse de los tubérculos (Foto 2). Su actividad es generalmente nocturna, en el día se encuentran enrolladas en el suelo.



Foto 2: Larvas de noctuidos

Las pupas son robustas, de forma cónica y color bronce lustroso. Generalmente se las encuentra en el suelo debajo las piedras o protegidas en cocones de tierra. De ahí emergerán los adultos, que son mariposas de comportamiento nocturno, que vuelan por las noches buscando lugares propicios para poner sus huevos.

► Estrategia de manejo integrado

Una buena medida de control es la instalación de trampas de luz durante la noche, práctica que permite la captura de los adultos y está orientada a bajar las poblaciones.

Otra práctica dirigida al control de las larvas es la distribución en campo de cebos envenenados, elaborados a base de afrecho, melaza, agua y un insecticida, tomando en cuenta las correspondientes medidas de seguridad.

MOSCA BLANCA

Trialeurodes vaporariorum

Vladimir Lino
Oscar Barea

Nombre científico

Trialeurodes vaporariorum.

Nombre común

Español: Mosca Blanca, mosquita blanca y mosca blanca de los invernaderos.

► Importancia

La mosca blanca, es una de las plagas más importantes a nivel mundial, por su amplia distribución geográfica (trópico, subtropical y zonas templadas) y su amplio rango de hospedantes cultivados y silvestres.



Este insecto ocasiona daños al follaje del cultivo de la papa, tomate y otros, especialmente en zonas de clima templado a caliente, donde se adapta con gran facilidad. Se ha reportado en la mayoría de las zonas de valles mesotérmicos de Cochabamba (Omereque, Pojo, Mizque, Aiquile y Corani), Santa Cruz (San Isidro, Saipina, Los Negros y Mairana) y Chuquisaca (Río Chico), ocasionando una reducción de rendimiento que supera el 60%.

► Sintomatología

El principal daño que ocasiona es el desarrollo reducido del follaje y el debilitamiento general de la planta, a causa de las ninfas y adultos que succionan la savia del floema. Esto da lugar a la formación de gran cantidad de tubérculos pequeños.

La producción de secreciones azucaradas por los adultos y larvas, afecta indirectamente a la producción, pues favorece el desarrollo de la fumagina que interfiere con la fotosíntesis.

En campos atacados por la mosca blanca, se pueden observar fácilmente a los adultos revoloteando por el cultivo o asentados en las hojas nuevas, en el envés se encuentran las posturas recientes (Foto 1). Mientras que las ninfas se ubican en el envés de las hojas del tercio medio de la planta.

Foto 1. Envés de hoja infestado por mosca blanca adulta.



► **Diseminación**

Debido a su pequeño tamaño, este insecto puede ser diseminado por el viento y en restos follaje o partes vegetales, como es el caso de plantines de tomate y otras hortalizas cuando son trasladados de zonas infestadas.

Los principales cultivos hospedantes en nuestro medio son: la vainita, tomate, papa, poroto, pepino, sandía, zapallo, locoto y varias especies ornamentales y malezas.

► **Ciclo de la plaga**

El adulto es un insecto pequeño de aproximadamente 1 mm de longitud, cuyo cuerpo es de color amarillo limón, las alas son transparentes y están cubiertas por un polvillo blanco de donde viene su nombre (Foto 2), se alimentan y ovipositan en el envés de las hojas jóvenes. Los adultos copulan apenas emergen, y una hembra puede ovipositar de 80 a 300 huevos; también pueden reproducirse partenogenéticamente.

Los huevos son fijados en el envés de las hojas jóvenes por medio de un pedicelo, inicialmente son blancos, luego tornan a amarillo y finalmente café oscuro cuando están próximos a la eclosión. Este insecto tiene cuatro estadios ninfales de los cuales, el primero es el único móvil, las ninfas del tercer y cuarto estadio se pueden observar con facilidad sin necesidad de lupas o lentes de aumento. La duración del ciclo desde los huevos hasta la emergencia de los adultos es de aproximadamente 26 días.



Foto 2. Mosca blanca adulta.

La mosca blanca al igual que *Russelliana* puede afectar en cualquier período fenológico de los cultivos, sin embargo es importante considerar que las infestaciones iniciales son las más perjudiciales debido a que limitan enormemente el desarrollo de las plantas.

► Estrategia de manejo integrado

El éxito de una estrategia de manejo integrado de la mosca blanca radica en la utilización de diferentes componentes que permitan mantener las poblaciones por debajo del umbral de aplicación, especialmente en las primeras etapas fenológicas del cultivo, utilizando prácticas culturales, controles naturales y finalmente el uso selectivo de insecticidas.

En base a la información generada por PROINPA, se ha desarrollado una estrategia de manejo integrado que contempla las siguientes acciones:

- Evitar siembras en parcelas donde se haya tenido un cultivo hospedante.
- Evitar siembras escalonadas.
- Evitar la siembra sobre cultivos abandonados.
- Implementar trampas amarillas pegantes en almácigos de cultivos hospedantes (tomate, pimentón y otros). Por la alta tasa de multiplicación del insecto, la implementación de trampas amarillas pegantes o pasadas de mantas al interior de los cultivos, no es recomendable.
- Implementar un sistema de monitoreo continuo a fin de determinar los umbrales de aplicación de tratamientos químicos. Los umbrales deben estar basados en el monitoreo de poblaciones de ninfas del primer estadio. En papa, al tener un 50% o más de folíolos centrales con presencia de 25% o más del área foliar ocupada por ninfas del primer estadio es el momento en que se alcanzó el umbral de aplicación (muestreo mínimo 50 folíolos).
- Seleccionar los productos químicos adecuados para realizar correctamente las aplicaciones (modos de acción, alternancia, períodos de carencia y otros). La aplicación correcta y responsable de tratamientos químicos, afectará en menor medida a los enemigos naturales (depredadores, parasitoides y entomopatógenos).

- La aplicación de tratamientos químicos debe estar dirigida especialmente a los estadios inmaduros (primer y segundo) y es importante realizar una buena aplicación, asegurándose que el insecticida moje el envés de las hojas.
- Destrucción de rastrojo infestado (incorporación inmediata o quema), debido a que se constituye en la principal fuente de infestación para toda la zona.
- Implementar rotaciones con cultivos no hospedantes de la mosca blanca (cebolla, ajo, maíz y otros).

POLILLA PARASCHEMA

Paraschema detectendum

Miguel Angel Gonzales
Claudia Jarandilla
Luis Crespo

Nombre científico

Paraschema detectendum.

Nombre común

Español: Polilla gorda.

Quechua: Thuta, pilipinto, k'aspi khuru.

► Importancia

Esta plaga fue reportada en Bolivia por PROINPA el año 1992, con especímenes colectados en la zona de Toralapa, actualmente se la encuentra diseminada en el Altiplano Centro y Norte, en regiones ubicadas alrededor de los 4.000 msnm.

A pesar de que esta polilla no ha sido tan estudiada como otras, en los últimos años se ha observado una incidencia alta y daños severos al tubérculo, ocasionando pérdidas de importancia en la producción de papa en el Altiplano Central.

El incremento de la temperatura, favorece el desarrollo de la polilla gorda, por ello, cuanto más se demora la cosecha, la incidencia y la severidad pueden ser más altas, llegando a afectar la totalidad de la cosecha.



► Sintomatología

El daño al tubérculo es causado por las larvas, mayormente en la etapa próxima a la cosecha, aunque también pueden afectar a los tubérculos recién sembrados. En ambos casos, al alimentarse, realizan galerías grandes y distribuidas por todo el tubérculo, donde dejan sus excrementos y residuos de tejido muerto, quitándole valor comercial e inutilizando el producto para cualquier uso.

► Diseminación y ciclo de la plaga

Las larvas son de color blanco cremoso (Foto 1). Una vez completado el desarrollo larval, abandonan el tubérculo para empupar. Tiene un ciclo de vida promedio de 142 días. Los adultos presentan una coloración grisácea, la hembra un abdomen grande y abultado, con una longitud mayor a la de las alas, que le impide volar grandes distancias, por lo que su vuelo parece un gran salto (Foto 2).



Foto 1. Larvas de color cremoso de *P. detectendum*.

El macho es de menor tamaño y delgado (Foto 3), su coloración es similar a la de la hembra, presenta alas de mayor longitud que le permite volar con facilidad pudiendo desplazarse largas distancias buscando hembras. También puede ser diseminada por los tubérculos-semilla.



Foto 2. Hembra de la polilla gorda mostrando un voluminoso abdomen.



Foto 3. Macho de polilla gorda.

Cuando la población larval es alta, la papa dañada y amontonada en el almacén aparece cubierta por algunos hilos de seda, que se forman a partir

de una secreción emitida por las larvas al buscar un sitio donde empupar o para introducirse al suelo y completar su ciclo de vida.

► Estrategia de manejo integrado

No se tiene diseñada una estrategia de manejo integrado para esta plaga, sin embargo se pueden utilizar algunas recomendaciones para las otras polillas que atacan la papa:

- Realizar la cosecha oportuna.
- Alternancia con otros cultivos en parcelas donde se detectó su daño.
- Selección rigurosa con descarte y eliminación de tubérculos dañados, para no introducir al almacén material con daños de polilla.
- Como última opción, en ataques severos usar insecticidas.

Su monitoreo se hace más difícil, puesto que a diferencia de otras especies de polilla, no se cuenta con feromonas sexuales.

La lista de insecticidas utilizados para el control de manchas foliares se presentan en anexos.

POLILLA PHTHORIMAEA

Phthorimaea operculella

Luis Crespo
Vladimir Lino
Oscar Barea

Nombre científico

Phthorimaea operculella.

Nombre común

Español: Polilla de la papa.

Quechua: Khuru (larva) pilipinto (adulto), wawa puñuchi (pupa).

Aymara: Choque thuta, choqe loq'u.

► Importancia

La polilla de la papa (*P. operculella*) es una de las plagas que más daño ocasiona al tubérculo en el periodo de almacenamiento. Las pérdidas en los valles, después de seis meses de almacenamiento (temperaturas superiores a 15° C), pueden alcanzar un 50% de la cosecha y en casos extremos hasta el 100%. Para un pequeño productor, estos niveles representan una pérdida aproximada de entre 200 y 300 \$US, en una campaña agrícola.

La polilla *P. operculella* está presente en las zonas paperas de los departamentos de Cochabamba, Potosí, Chuquisaca, Tarija, La Paz y Santa Cruz. Sin embargo actualmente ocurre una fuerte competencia interespecífica que está dando lugar a que *P. operculella* sea desplazada de su hábitat natural por la especie *Symmetrischema tangolias*, esta situación se presenta en las zonas productoras de Tarija, Potosí y Chuquisaca.

Para disminuir el daño de la plaga, los agricultores emplean insecticidas tóxicos de amplio espectro con alto riesgo para su salud y el medio ambiente.

► Sintomatología

Las larvas de la polilla ocasionan dos tipos de daños, uno al follaje y otro al tubérculo. En el primer caso, éstas penetran en la hoja y se alimentan del parénquima, dejando tejido muerto (costras) en forma de lagunas, en cuyo interior está presente la larva o sus heces (Foto 1). También pueden causar la muerte de los puntos de crecimiento de las plantas.



Foto 1. Daño en las hojas, causado por larvas de la polilla de la papa.

En los tubérculos el daño se inicia por los ojos, donde la larva provoca galerías irregulares de poca profundidad, pero que afectan la brotación en la siembra. Algunas prácticas que realizan los agricultores facilitan el ingreso y daño de las polillas a los tubérculos, como el dejar rumas de papa a la cosecha, facilitando así la oviposición de las hembras. Otro factor es el almacenamiento de los tubérculos en las viviendas o dormitorios, que favorece a la plaga, por el incremento de la temperatura y la dificultad de realizar prácticas de control.

► **Diseminación**

La plaga se disemina en su estado larval en los tubérculos-semilla, mientras que los adultos se diseminan volando por las noches en busca de lugares propicios para ovipositar.

► **Ciclo de la plaga**

Esta plaga tiene un ciclo corto (35 a 54 días), que puede repetirse hasta ocho veces al año. Los adultos comienzan a poner huevos en la etapa de tuberización, depositándolos en el cuello de la planta y en los tubérculos, luego en los lugares de almacenamiento. El tiempo que tarda en eclosionar un huevo es de 5 días.

Al emerger las larvas, se introducen por los ojos de los tubérculos y se desarrollan en su interior, luego abandonan los tubérculos para empupar en el suelo, esta etapa larval dura alrededor de 20 días. La larva se transforma en pupa, y éstas se pueden localizar en el suelo, en hojas viejas y secas, paredes, techos muebles, bolsas y otros lugares; esta etapa dura 7 días. De las pupas emergen los adultos para continuar con el ciclo mediante el apareamiento. El adulto vive alrededor de 21 días (Foto 2).

Las larvas son de tipo eruciforme, sobre el dorso tienen una coloración rosácea y el resto del cuerpo es de tono verdoso, la cabeza es marrón oscuro y el adulto es de color café claro. Durante el día se ocultan y en la noche son activos y vuelan para copular o para depositar huevecillos. Una hembra ovípara de entre 100 y 150 huevecillos durante su vida.



Foto 2. Polilla adulta de *P. operculella*

► Estrategia de manejo integrado

El desarrollo de la presente estrategia de manejo integrado se basó en el conocimiento del comportamiento y biología de la plaga, y las condiciones de producción de los agricultores. La estrategia debe aplicarse en las diferentes etapas del cultivo:

Prácticas durante el desarrollo del cultivo

- **Usar semilla sana para la siembra.** Se recomienda usar semilla de origen conocido (certificada), libre de la plaga, que garantiza la sanidad y producción del cultivo.
- **Realizar buen aporque.** Cubrir completamente el cuello de la planta y los tubérculos, para evitar que las polillas adultas depositen sus huevos en estos sitios. Esta práctica debe ser oportuna, cuando las plantas no han superado los 20 cm de altura.
- **Usar adecuadamente plaguicidas.** La aplicación de insecticidas debe ser dirigida al cuello y la base de la planta, para mejorar su acción ovicida y larvicida. No es recomendable realizar aplicaciones a toda la planta.

Prácticas al momento de la cosecha

- **Recoger los tubérculos superficiales antes de la cosecha.** Debido a una buena producción y/o mal aporque, al momento de la cosecha algunas papas pueden quedar expuestas, éstas deben ser cosechadas de manera separada, porque pueden tener huevos o larvas de la polilla.
- **Separar los tubérculos sanos de los dañados.** Para evitar llevar al silo o lugar de almacenamiento, papas dañadas que contienen larvas y/o pupas que darán origen a nuevas generaciones de la plaga, que dañaran las papas almacenadas.

- **No dejar papa cosechada en el campo.** Una mala práctica de los productores es dejar papa recién cosechada en el campo, cubierta con paja o carpas, lo cual facilita la oviposición de las hembras de la polilla durante la noche. Es mejor seleccionar y embolsar la papa, para luego guardarla.
- **Eliminar rastrojos y papas con polilla.** El foco de mayor infestación de la plaga son los desechos (rastrojo y papas dañadas) de la cosecha, donde se encuentra larvas y pupas de la polilla. Una buena práctica es eliminar estos desechos, dándoles a los animales de granja.

Prácticas durante el almacenamiento

- **Seleccionar bien las papas antes de almacenar.** Las papas para almacenar, deben ser seleccionadas y libres de la plaga.
- **Limpiar y fumigar los almacenes.** Esta práctica elimina los riesgos de tener nuevos focos de infestación de la plaga y garantiza buen manejo durante el almacenamiento.
- **No dejar papas dañadas en el almacén.** Si durante el almacenamiento se presenta una nueva infestación de la plaga, las papas dañadas deben ser retiradas inmediatamente.
- **Usar plantas repelentes.** Una práctica tradicional es el uso de hojas o ramas de eucalipto o muña durante el almacenamiento, que repele a los adultos y evita la oviposición.
- **Tratamiento preventivo con MATAPOL PLUS.** El Matapol Plus es un bioinsecticida en base al virus *Baculovirus phthorimaea* y la bacteria *Bacillus thuringiensis*, dos entomopatógenos que enferman a las larvas de la polilla. El tratamiento consiste en la aplicación de una bolsita de Matapol Plus por 25 kg de papa (las papas deben quedar totalmente cubiertas) antes de almacenar, y se puede aplicar a la papa consumo y semilla. La papa tratada con Matapol Plus se puede consumir.
- **Uso de feromonas, los atrayentes sexuales o feromonas,** se usan para el monitoreo de la plaga en campo o el control de poblaciones de adultos machos durante el almacenamiento. En campo, cuando se ha atrapado alrededor de 150 adultos/trampa en una semana, es un indicativo o alerta para implementar algún control en el cultivo, sea químico u otro. En el almacén, las trampas de agua con feromonas deben ser cambiadas cada semana, se recomienda tener al menos dos trampas por almacén.

La lista de insecticidas utilizados para el control de polilla *Phthorimaea* se presentan en anexos.

POLILLA SYMMETRISCHEMA

Symmetrischema tangolias

Oscar Barea
Carlos Bejarano

Nombre científico

Symmetrischema tangolias.

Nombre común

Español: Pasa pasa.

Quechua: Khuru (larva), pilipinto, thuta (adulto).

Aymara: Thuta, laq'u.

► Importancia

Esta especie de polilla de la papa es una plaga que fue introducida a Bolivia alrededor de 1995, a la fecha se ha diseminado a las zonas paperas más importantes del país. En Tarija se reportaron pérdidas del 100% en almacenes de agricultores, en Chuquisaca y Cochabamba estas pérdidas varían entre el 30 y el 80%, dependiendo de las condiciones de almacenamiento. En cambio en Santa Cruz, estos niveles tienden a ser menores, por la venta directa del producto al mercado.

Actualmente, las pérdidas económicas ocasionadas por la plaga se estiman entre \$US 12 a 19 millones/anuales.

► Sintomatología

Las larvas de esta polilla ocasionan daños a nivel de hojas, tallos y tubérculos. El daño en los tallos, que no ocurre con la especie *P. operculella*, consiste en el barrenado de los tallos afectando los haces vasculares y el flujo de la savia en la planta. Cuando se presenta en poblaciones altas puede reducir el número de tallos por planta y afectar significativamente el rendimiento.

Se presenta con mayor frecuencia en periodos secos y temperaturas entre 18 a 24° C. En las hojas se alimentan del parénquima, dejando tejido muerto (costras), en cuyo interior están presentes las larvas o sus excrementos.



Foto 1. Daño en tubérculo por *S. tangolias*.

El mayor ataque a los tubérculos ocurre al momento de la cosecha, cuando la plaga es transportada al almacén y las papas cosechadas están expuestas a la oviposición de los adultos residentes en el campo.

El daño en los tubérculos se inicia cuando las pequeñas larvas ingresan por los ojos, comen el tejido formando galerías irregulares, pudiendo afectar la viabilidad de la semilla o facilitar el ingreso de otros patógenos que pudren por completo los tubérculos (Foto 1).

Las prácticas tradicionales de los agricultores pueden facilitar el ataque de las polillas a las papas, cuando al cosechar las papas las colocan en rumas, o cuando las papas se almacenan en sus viviendas, favoreciendo a la plaga por el incremento de la temperatura y la dificultad de realizar el control químico u otro.

► **Diseminación**

Esta especie, en menos de 5 años pudo establecerse en las zonas productoras de los departamentos de Tarija, Chuquisaca, Potosí, Cochabamba y La Paz, demostrando su alta capacidad de diseminación y adaptación.

El medio de mayor diseminación son los tubérculos-semilla o la papa consumo, como también los diferentes materiales de manipuleo de la papa, como cajas, bolsas y ropa. Cuando el cultivo está establecido, los adultos vuelan para depositar sus huevos cerca al cuello de la planta o en los tubérculos expuestos.

En evaluaciones realizadas de la competencia interespecífica, se encontró que *S. tangolias* presenta mayor capacidad de adaptación y de causar daño que la especie *P. operculella*, a la cual la desplazó de varias zonas donde se encontraba de manera endémica.

► **Ciclo de la plaga**

El ciclo de vida de esta plaga varía según la temperatura, puede durar entre 78 y 94 días, y repetirse hasta tres veces al año; durante el almacenamiento suele durar menos tiempo. Los adultos comienzan a poner huevos en la etapa de tuberización, depositándolos en el cuello de la planta y en los tubérculos.

Las larvas (Foto 2) son de tipo eruciforme, sobre el dorso tienen franjas moradas o rosadas muy característico de esta especie, la cabeza es de color café oscuro y de mayor tamaño que *P. operculella*. Al emerger, las larvas se introducen a los tallos por sus axilas y a los tubérculos por los ojos, se alimentan del xilema y la pulpa de los tubérculos. La etapa larval puede variar entre 29 a 32 días.



Foto 2. Larvas de *S. tangolias* mostrando las típicas franjas moradas.

Luego, las larvas abandonan los tubérculos para empupar, esta etapa puede durar entre 17 y 23 días. Las pupas (Foto 3) se pueden encontrar en el suelo, en hojas viejas y secas, tallos (Foto 4), paredes, techos muebles, bolsas, y otros lugares. De las pupas emergen los adultos para aparearse. El adulto vive alrededor de 21 a 24 días.



Foto 3. Pupas de *S. tangolias*.



Foto 4. Pupas al interior de tallos de papa.

El adulto tiene actividad nocturna, es de color pajizo (Foto 5), durante el día se ocultan y en la noche son activos y vuelan para copular o para ovipositar. Una hembra puede poner alrededor de 108 huevos durante su vida.

Foto 5. Polilla adulta de *Symmetrischema tangolias*.



► Estrategia de manejo integrado

El manejo integrado de esta plaga se basa en los momentos críticos de desarrollo del cultivo y la presencia de la plaga:

Prácticas durante el desarrollo del cultivo

- **Usar semilla sana.** Se debe usar tubérculos-semilla de sanidad conocida o certificada, especialmente en las zonas bajas donde las condiciones de temperatura son más favorables para la plaga.
- **Aporque alto.** Realizar un aporque alto que impida que las polillas pongan sus huevos cerca del cuello de la planta o los tubérculos. Además esta práctica debe ser oportuna, cuando la planta tiene entre 10 y 15 cm de altura.
- **Uso de trampas de agua con feromonas.** Capturar polillas macho mediante el uso de feromonas sexuales en trampas de agua, para luego decidir una medida de combate, cuando el número de polillas capturadas es mayor a 120 adultos/trampa / semana.

Prácticas al momento de la cosecha

- **Seleccionar la papa cosechada.** Separar las papas sanas de las que están dañadas, luego eliminarlas. Es recomendable hervirlas y darles a los animales.
- **Manejo adecuado de la papa cosechada.** No dejar papa recién cosechada en el campo, porque la polilla continua poniendo sus huevos en papas que quedan en el suelo. Tampoco se debe cubrir la papa en el campo con paja o carpa, porque facilita la cópula y oviposición de las polillas.
- **Manejo adecuado de los desechos.** Eliminar desechos de la cosecha, como los rastrojos y papas dañadas con polillas. Esta práctica es importante si se quiere conservar libre de polillas la parcela o la finca.

Prácticas durante el almacenamiento

- **Aplicación de insecticidas al almacén.** Antes de realizar aplicaciones de insecticidas se debe limpiar bien el almacén, luego se aplica el insecticida Deltametrina (dos cucharas por 20 litros de agua), u otro de similar acción y categoría toxicológica.
- **Aplicación del MATAPOL-PLUS.** Usar el insecticida biológico MATAPOL-PLUS (*Baculovirus Phthorimaea* más *Bacillus thuringiensis*), para proteger la papa semilla y de consumo antes de almacenar, una bolsita por cada arroba de papa.

Se sugiere aplicar a los tubérculos-semilla un insecticida (Actellic) por inmersión, 10 cucharas soperas en 150 litros de agua (turrit) para luego sumergir hasta 30 quintales de papa en bolsas red, por 2 a 3 minutos por bolsa.

La lista de insecticidas utilizados para el control de polilla *Symmetrischema* se presentan en anexos.

PULGUILLA SALTONA

Epitrix spp.

Ilich Figueroa
Luis Crespo
Oscar Barea

Nombre científico

Epitrix spp.

Nombre común

Español: Pulguilla saltona.

Quechua: Piqui-piqui.

Aymara: Kuti-kuti, ch'iar llaja.

► Importancia

Esta plaga está reportada en todas las zonas paperas de los departamentos de La Paz, Cochabamba, Oruro, Santa Cruz, Potosí, Chuquisaca y Tarija, en altitudes entre los 2.000 y 3.500 msnm.

Las pulguillas de la papa son pequeños escarabajos que saltan con mucha facilidad sobre el follaje. Los agricultores en el país las conocen como piqui-piqui, que en quechua se refiere a la pulga y su habilidad para saltar.

El piqui-piqui toma mucha importancia en años secos, alcanzando poblaciones altas que afectan la capacidad de fotosíntesis de la planta afectando la cosecha, y obligando a los agricultores a utilizar insecticidas. Las larvas pueden afectar severamente la calidad del tubérculo. Por otro lado, existen reportes de que *Epitrix* transmite el virus de la papa APLV.

► Sintomatología

Los daños son causados por los adultos y las larvas. Los adultos comen las hojas, haciendo agujeros pequeños y redondos de menos de 3 mm de diámetro (Foto 1). Las hojas fuertemente dañadas pueden secarse completamente afectando el rendimiento de la planta.



Foto 1. Pequeños orificios en las hojas de papa, típico síntoma causado por *Epitrix*.

Las larvas atacan las raíces, estolones y tubérculos. En los tubérculos se comportan como minadores superficiales, ocasionando galerías muy notorias en la piel de la papa. Este daño no es significativo en términos de rendimiento, pero incide en la calidad y presentación del producto al momento de la comercialización (Foto 2). Además, permite la entrada de hongos y bacterias que causan enfermedades.



Foto 2. Galerías superficiales causadas por larvas de *Epitrix*.

► **Diseminación**

El piqui-piqui muestra gran capacidad de diseminación al desplazarse a grandes saltos de una planta a otra. La presencia de hospedantes alternos, como malezas y otros cultivos, facilitan su multiplicación y diseminación.

► **Ciclo de la plaga**

Los insectos adultos son pequeños escarabajos negros que miden de 2 a 3 mm, tienen vida diurna y saltan con mucha facilidad sobre el follaje (Foto 3). Normalmente aparecen cuando el cultivo está en sus primeras etapas de crecimiento. Luego, las hembras colocan sus huevos en grupos de 50 a 80 en el suelo, cerca de las plantas. Las larvas son blancas y delgadas de hasta 4 mm de longitud con pequeñas patas torácicas, éstas se alimentan de las raíces, estolones y los tubérculos en formación.

En ausencia de papa, este insecto puede alimentarse de otras plantas y malezas, especialmente del “nabo silvestre”. Cuando las larvas completan su crecimiento empupan en el suelo, dentro de cortezas de árboles o bajo las piedras, pudiendo pasar el invierno en este estado hasta las primeras lluvias. Pueden tener dos generaciones por año cuando existe cultivo de papa.



Foto 3. Adulto de *Epitrix* en follaje.

► Estrategia de manejo integrado

Para el manejo integrado de esta plaga se recurre a los siguientes componentes:

Cultural.

- **Control de malezas**

La eliminación de las malezas se puede realizar mediante un buen aporque al inicio del cultivo, excepcionalmente usando herbicidas, especialmente en zonas bajas, donde las malezas son un problema.

- **Aporques altos**

El aporque alto es una buena práctica que ayuda a controlar varios insectos-plaga de suelo. Evita que los adultos de la pulguilla pongan sus huevos cerca de los tubérculos y plantas de papa.

Químico.

- Este tipo de manejo está orientado al control de los adultos, especialmente en las primeras etapas de desarrollo del cultivo,
- El insecticida debe ser aplicado bajo un criterio de umbral de acción, basado en un monitoreo permanente del daño causado por la plaga en la parcela.
- En función a la presencia del insecto, puede ser recomendable hacer una aplicación cuando el cultivo tiene entre 10 y 15 cm con un producto de baja toxicidad, con el fin de reducir la población de adultos que corresponde a la colonización inicial al cultivo.

TRIPS

Frankliniella spp., *Trips tabaci* y otros

Luis Crespo
Oscar Barea

Nombre científico

Frankliniella spp.,
Trips tabaci y
otras especies

Nombre común

Español: Trips.
Quechua: Llaja.
Aymara: Llaja, qhasawi.



Foto 1. Hoja de papa con daño.



Foto 2. Larva de trips de color anaranjado alimentándose del envés de una hoja de papa (Foto ampliada).

Importancia

Los trips son insectos muy pequeños conocidos por los agricultores como “llaja”. Representan una plaga ocasional que se puede tornar severa en condiciones de sequía. Tienen una amplia gama de hospedantes, pudiendo afectar diferentes cultivos hortícolas y ornamentales. Es un importante vector de virus en el tomate, transmitiendo el virus del bronceado (Tomato Spotted Wilt Virus).

Esta plaga se encuentra distribuida en todas las zonas paperas del país, donde las condiciones de sequedad favorezcan su proliferación.

Sintomatología

Las larvas y los adultos provocan daño en las hojas de la papa (Foto 1), raspando su superficie y chupando el líquido celular por el envés (Foto 2), lo que resulta en hojas con manchas blanco oscuras y brillo metálico.

Cuando el ataque es muy fuerte, las plantas toman un aspecto de brillo plateado en el envés de las hojas y el rendimiento de la cosecha puede reducirse de manera significativa. Otra consecuencia de un ataque severo es que las plantas tiernas pueden quedar enanas.

Como efecto del ataque en el follaje, la plaga deja una mielecilla que puede provocar la aparición del hongo *Fumagina*.

► Diseminación

Este insecto tiene la capacidad de realizar vuelos cortos por lo que puede trasladarse de una planta a otra por sí mismo, y debido a su pequeño tamaño, este desplazamiento es favorecido por el viento. También puede ser transportado en material vegetal.

► Ciclo de la plaga

Los trips son insectos de 1 a 2 mm de longitud, delgados, que se alimentan del contenido celular del envés de las hojas. La coloración del adulto varía de amarillo a pardo oscuro.

Las larvas son desde amarillas a anaranjadas, se pueden observar en el envés de las hojas, donde producen pequeñas manchas plateadas. La pupación ocurre en el suelo, de donde emerge el adulto después de 2 a 4 días en busca de espacios vegetales aptos para la reproducción. Invernan en diferentes especies vegetales como larvas y adultos (Foto 2).

La biología de esta plaga es favorecida por condiciones de sequía, en las que se reproduce muy rápidamente, en cambio se ve perjudicada en periodos de lluvias.



Foto 3. Trips adulto, visto en esteroscopio.

► Estrategia de manejo integrado

Dado que los trips son favorecidos por condiciones de sequedad, es recomendable el riego para evitar poblaciones altas. Si el ataque es severo se deben utilizar bioinsecticidas (como Fungitop y Acaritop) o insecticidas de baja toxicidad.

Nematodos

CH'ILI NÓDULOS

Meloidogyne sp.

Noel Ortuño
Oscar Díaz

■ **Nombre científico**
Meloidogyne sp.

■ **Nombre común**
Quechua: Ch'ili nódulos.

► **Importancia**

Este nematodo fue reportado por primera vez en Cochabamba el año 1991, parasitando raíces de plantas de papa en zonas de altura productoras de semilla, provocando la formación de nódulos muy pequeños difíciles de observar a simple vista. Posteriormente fue reportado en zonas entre los 2.800 y los 3.500 msnm, en otras zonas del departamento de Cochabamba, así como en varias zonas de Potosí, Chuquisaca y Tarija.

A la fecha aun no fue determinada la especie de este *Meloidogyne* de altura, además de parasitar en las raíces de la papa, puede encontrarse en varias especies de solanaceas, rubiaceas, asteraceas, crucíferas y compositaceas.

Las pérdidas de rendimiento que ocasiona son de un 20% en las variedades nativas de papa, y entre el 10 y el 15% en el caso de las variedades mejoradas.

► **Sintomatología**

Cuando emerge la planta de papa, se distinguen los pequeños nódulos, difíciles de observar por su tamaño diminuto, éstos se incrementan a medida que la planta se desarrolla, llegando a niveles de población muy altos en el periodo de floración.



Los nódulos en la raíz son irregulares y mucho más pequeños que los provocados por el ataque de *Nacobbus aberrans*, de ahí su nombre: pequeños nódulos, porque son de menor tamaño que la cabeza de un alfiler (Foto 1).

Foto 1. Se puede observar el tamaño muy pequeño de un nódulo de *Meloidogyne* comparado con la cabeza de un alfiler.

► Diseminación

Este nematodo se disemina fundamentalmente a través del tubérculo-semilla. Su diseminación también es posible por agua de riego, herramientas y animales.

► Ciclo del agente causal

Durante el periodo de cultivo de la papa, se dan varias generaciones del nematodo, porque su ciclo de vida dura entre 40 y 60 días, lo que le permite alcanzar altas poblaciones y causar daños a la planta.

La temperatura y humedad estimulan la eclosión del huevo, del que los nematodos emergen en los segundos estadíos juveniles (J2), penetran las raíces, donde forman su sitio de desarrollo en las células jóvenes, hasta llegar a formar las agallas o nódulos radiculares y así completar su ciclo biológico.

Los estadíos por los cuales pasa el nematodo (Figura 1) son:

- Huevo, el cual permanece en el suelo, adherido a las raíces o materia en descomposición.
- Juvenil 1 (J1), permanece dentro del huevo.
- Juveniles 2 (J2), después de la muda y por estimulaciones del ambiente y de la planta sale del huevo y penetra la raíz.
- Juveniles 3 y 4 (J3 y J4), son estadíos que se encuentran y desarrollan dentro la raíz.
- Adultos, la hembra es globosa y el macho vermiforme. La hembra se observa con el cuerpo fuera de la raíz, donde deposita los huevos para dar inicio a la nueva generación.

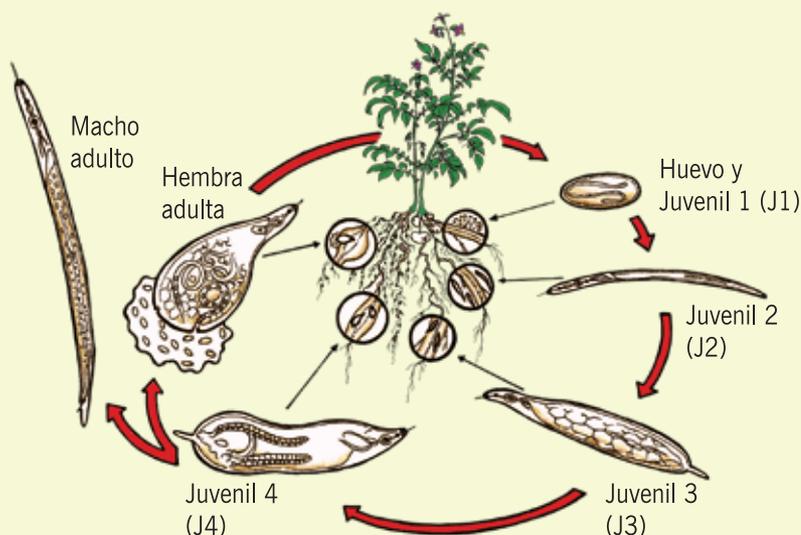


Figura 1. Ciclo biológico de *Meloidogyne* sp. en plantas de cultivo de papa.

A continuación una breve descripción de cada estadio de desarrollo:

- Huevos y Juvenil 1 (J1).
- Juveniles 2 (J2) dentro la raíz, siendo el estado más infectivo.
- Desarrollo de juveniles 3 y 4 (J3 y J4), estadios que se tornan sedentarios.
- Adultos, hembra glososa y macho vermiforme.

► Estrategia de manejo integrado

Para combatir este nematodo, se puede recurrir a las siguientes prácticas:

- Usar semilla libre de nematodos o certificada.
- Aplicar estiércol, de preferencia gallinaza (7 a 10 tn/ha).
- La rotación de cultivos ha sido poco estudiada.
- Realizar periodos de descanso de dos a tres años para disminuir las poblaciones de nematodos.
- Compostar el sustrato hasta que llegue a los 60° C por 4 días, lo que permite bajar la población de nematodos en el sustrato.
- Solarización: humedecer el suelo y cubrir con plástico (elevado a 15 cm) durante 6 semanas.

Producción de semilla y tratamiento de semilla infestada:

- Todos los principios y manejo de producción de semilla son similares a los realizados con el nematodo del rosario de la papa (*Nacobbus aberrans*).

GLOBODERA

Globodera rostochiensis y *Globodera pallida*

Javier Franco
Gladys Main
Noel Ortuño

Nombre científico

Globodera rostochiensis
y *Globodera pallida*

Nombre común

Español: Nematodo del quiste de la papa, Globodera
Quechua: Ch'ia

► Importancia



El nematodo del quiste ocasiona pérdidas económicas que alcanzan hasta un 58% en el rendimiento, representando \$US 16 millones de acuerdo al nivel de infestación del suelo. Las normas de certificación actuales restringen drásticamente su presencia, castigando aquellas parcelas en las que se detecte, afectando su valor económico.

Los departamentos más afectados son aquellos donde la papa es cultivada en zonas sobre los 3.000 msnm como La Paz, Chuquisaca, Potosí, Cochabamba, Oruro y Tarija.

En Bolivia y Perú se han detectado las dos especies de *Globodera* que parasitan al cultivo de papa, *G. pallida* y *G. rostochiensis*. La primera también está presente en Ecuador y Colombia, en cambio, la segunda se presenta en Chile y Venezuela. La presencia de las dos especies en Bolivia y el hecho de que existen cinco razas en *pallida* y tres en *rostochiensis*, hace más difícil encontrar fuentes de resistencia.

► Sintomatología

El nematodo del quiste, no causa síntomas específicos o notorios en la parte aérea de la planta, pero por los daños causados en las raíces se asemeja a los síntomas provocados por deficiencia de agua o de elementos minerales.

Sin embargo, durante la época de floración, es posible observar la presencia de hembras inmaduras del nematodo de forma esférica, que sobresalen a través de la epidermis de la raíz.

Durante este proceso de desarrollo, las hembras de *G. rostochiensis* pasan por una fase amarillo-dorado antes de tomar una coloración café (por ello el nombre común de “nematodo dorado”), y en el caso de las hembras de *G. pallida*, se mantiene un color blanco o crema antes de adquirir un color café (Foto 1).

Foto 1. Hembras del nematodo del quiste de coloración blanquecina y amarilla en la raíz de la planta.



► Diseminación

Estos nematodos pueden diseminarse mediante la tierra infestada adherida a los tubérculos (Foto 2), agua de riego, animales, utensilios agrícolas y en los sacos o envases destinados al transporte de tubérculos.

Foto 2. Hembras (color blanquecino) del nematodo sobre la superficie del tubérculo.

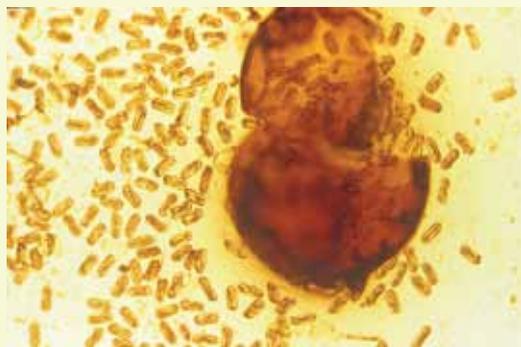


► Ciclo de la plaga

Durante el cultivo de papa, ocurre una generación o ciclo de vida del nematodo del quiste de la papa, con una duración entre 6 y 10 semanas.

Después de la emergencia de las plantas eclosionan los huevos del nematodo que se encuentran dentro de los quistes (Foto 3), de donde salen los segundos estados juveniles (J2). Éstos penetran las raíces de la planta, donde se alimentan y desarrollan, pasando por tres mudas (cambio de cutículas) antes de llegar al estado adulto (J3, J4, adulto).

Foto 3. Quiste de *Globodera* que ha eclosionado liberando huevos.



Las hembras crecen y toman forma globosa, luego rompen el tejido radicular. Los machos maduros, conservan la forma alargada de los estados juveniles, abandonan la raíz y se aparean con las hembras que han quedado insertas por medio de la cabeza y el cuello en el tejido radicular (Figura 1).

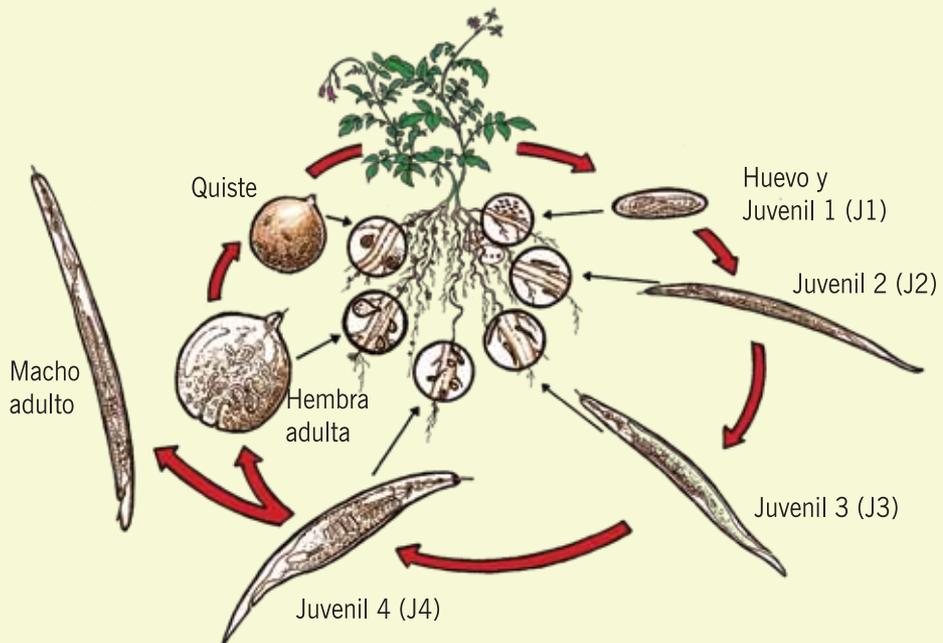


Figura 1. Ciclo de vida del nematodo quiste de la papa.

A continuación se describe cada estadio de desarrollo del nematodo:

- Huevo conteniendo el juvenil 1 (J1), de donde eclosionan al suelo como segundos estados juveniles (J2).
- Estado J2, es el estado infeccioso en el que el nematodo penetra la raíz para alimentarse.
- Estados juveniles J3 y J4 que continúan su desarrollo dentro de la raíz, se observa el dimorfismo sexual.
- El macho adulto conserva su forma vermiforme alargada y la hembra ensancha su cuerpo y adquiere la forma esférica globosa de color blanco o amarillo.
- Las hembras a su muerte pasan al estado de quiste (color marrón) que constituye el estado de conservación y supervivencia, que les permite mantener su viabilidad en el suelo hasta por 10 años.

La planta de papa es afectada en su desarrollo, desde la formación de las primeras raíces, tal como se describe en el ciclo de vida de este nematodo.

Cuando hay una infestación elevada en los suelos, los nematodos atacan el cultivo de papa durante todo el ciclo vegetativo, provocando una reducción notoria en el rendimiento de la planta.

Por tanto, como consecuencia del ataque y desarrollo de los nematodos en las raíces de las plantas, durante la época de cosecha se puede observar la producción de tubérculos de menor tamaño y menor peso.

► Estrategia de manejo integrado

Al no contarse con variedades resistentes a las especies de *Globodera* presentes en Bolivia, la estrategia para el manejo de este nematodo debe basarse fundamentalmente en medidas de manejo del cultivo dentro de un sistema agrícola que incorpore diversas prácticas culturales.

- **Rotación de cultivos.** Debido a que *Globodera* sólo ataca al cultivo de papa, es recomendable rotar por períodos de 3 a 4 años con cualquier cultivo andino disponible en el sistema de producción.
- **Descanso.** La ausencia de cultivos, provoca que el nematodo no cuente con el hospedante y permanezca en su estado de latencia o conservación. El quiste pierde viabilidad en el tiempo, bajando drásticamente la población, hasta en un 50%, después de cinco años.
- **Abonos orgánicos.** Adicionalmente a la rotación, la incorporación de abonos orgánicos, como estiércoles (10 tn/ha), abonos verdes con leguminosas (7 a 10 tn/ha), compost (7 tn/ha) y la eliminación de plantas k'ipas, deben constituirse en prácticas comunes para favorecer la fertilidad de los suelos y reducir las poblaciones de *Globodera* a niveles que no causen pérdidas severas en el rendimiento del cultivo de papa.
- **Producción de semilla libre de *Globodera*.** Para la producción de semilla es importante hacer un diagnóstico de la parcela, utilizando bioensayos en bolsa cerrada (ver nematodo Rosario), donde se puede detectar la presencia o ausencia del nematodo. Es importante porque las normas de certificación de semilla formal en Bolivia descalifican los tubérculos por la presencia de un solo quiste, lo cual limita drásticamente a los productores de semilla de calidad.
- **Tratamiento de semilla.** Los tubérculos-semilla infectados con el nematodo, se deben lavar con agua a presión y secarse a la sombra, porque de esta manera se eliminan los terrones de tierra del tubérculo, donde están adheridos los quistes del nematodo.

NEMATODO AGALLADOR

Meloidogyne sp.

Noel Ortuño
Javier Franco

Nombre científico

Meloidogyne sp.

Nombre común

Español: Nematodo del nódulo de la raíz;
nematodo agallador.

► Importancia

El nematodo agallador, en Bolivia ha sido reportado a nivel de especie en los años 80', siendo estos: *M. incognita*, *Meloidogyne hapla*, *M. javanica* y *M. arenaria*, atacando al cultivo de papa, hortalizas y frutales.

Este nematodo está diseminado en las zonas de valle en altitudes de 2.500 msnm y menores. Debido a que tiene varias generaciones en el periodo de cultivo, afecta el rendimiento del cultivo de papa entre el 30 y 60%, dependiendo de la susceptibilidad de la variedad, la población del nematodo y la fertilidad del suelo.

Algunas especies del nematodo, afectan la calidad del tubérculo (*M. incognita*) debido a la formación de ampollas, que ocasionalmente pueden favorecer su pudrición al estar asociadas con bacterias y hongos del suelo.

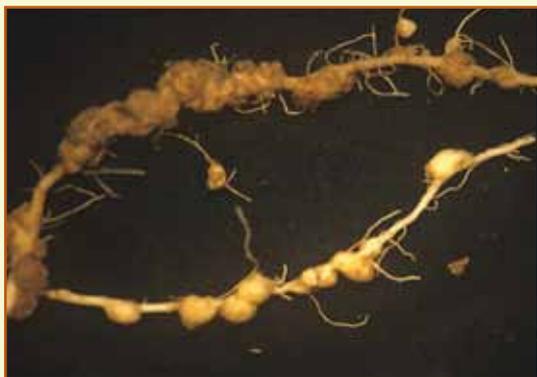


Foto 1. Superior. *Meloidogyne* sp.
Inferior. Rosario de la papa (*Nacobbus aberrans*).

► Sintomatología

En los primeros estadios fenológicos de las plantas de papa, se observan nódulos/agallas en las raíces, éstos se incrementan con el desarrollo de la planta, llegando a niveles muy altos en el periodo de floración. En ese estadio las plantas se presentan con marchitez permanente y con pobre crecimiento. En la raíz se presentan nódulos irregulares o agallas y protuberancias en el tubérculo, que asemejan a ampollas (Foto 1).

► Diseminación

Se disemina fundamentalmente a través del tubérculo-semilla infectado, el agua de riego, herramientas y maquinaria agrícola, viento y animales.

► Ciclo del agente causal

Durante un periodo de cultivo se dan varias generaciones, de acuerdo a la temperatura, su ciclo dura de 21 a 40 días, lo cual le permite alcanzar altas poblaciones causando efectos negativos evidentes en la planta.

Después de la eclosión del huevo emergen los segundos estados juveniles (J2), los cuales se dirigen a las raíces, detectando las células de las zonas de crecimiento de la raíz, donde formarán su sincito o sitio de desarrollo hasta completar su ciclo (Figura 1).

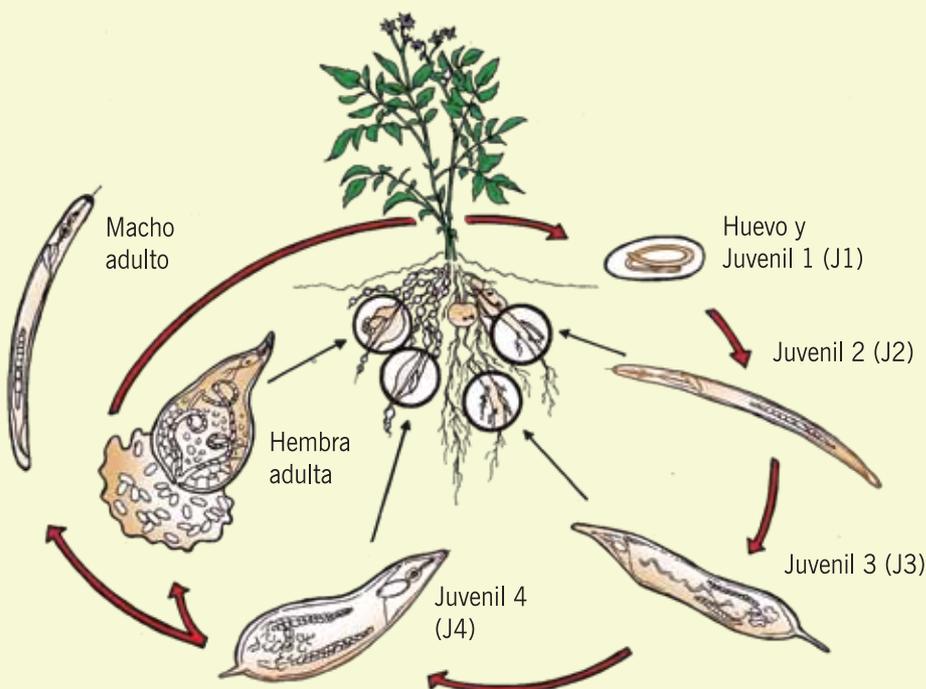


Figura 1. Ciclo de vida del nematodo, en plantas de papa

A continuación se describe cada estadio de desarrollo del nematodo:

- Huevo conteniendo el juvenil 1 (J1), de donde eclosionan al suelo como segundos estados juveniles (J2).

- Estado J2, es el estado infectivo en el que el nematodo penetra la raíz para alimentarse.
- Estados juveniles J3 y J4 que continúan su desarrollo dentro de la raíz, se observa el dimorfismo sexual.
- El macho adulto conserva su forma vermiforme alargada y la hembra ensancha su cuerpo y adquiriendo la forma esférica o globosa de color blanquecino.
- Las hembras a su muerte pasan al estado de quiste color marrón que constituye el estado de conservación y supervivencia, que les permite mantener su viabilidad en el suelo hasta por 20 años.

► Estrategia de manejo integrado

Para el manejo integrado de este nematodo, se recurre a la siguiente estrategia:

Prácticas durante el desarrollo del cultivo

- **Usar semilla sana.** Para evitar la diseminación del nematodo en el tubérculo-semilla y su establecimiento en nuevas zonas, es importante utilizar semilla certificada.
- **Rotación de cultivos.** Es importante rotar con cultivos no hospedantes evitando así la multiplicación del nematodo. Emplear gramíneas (maíz, caña de azúcar) y leguminosas. Se debe evitar la rotación con tomate por ser susceptible a *Meloidogyne* sp.
- **Enmiendas al suelo.** La aplicación de estiércol al suelo, de preferencia gallinaza (7 tn/ha), en su proceso de descomposición genera amoníaco (NH_3), el que es tóxico para los nematodos, lográndose así una biofumigación.
- **Abonos verdes.** Incorporar al suelo cuando la planta aún está verde (haba, tarwi, vicia), su descomposición genera un efecto de biofumigación.

ROSARIO DE LA PAPA

Nacobbus aberrans

Javier Franco
Noel Ortuño

Nombre científico

Nacobbus aberrans.

Nombre común

Español: Rosario de la papa.

Quechua: Orko saph'i, thola sapi.

► Importancia

Debido a la importancia de este nematodo en Bolivia, ha sido ampliamente estudiado por PROINPA y actualmente se cuenta con información sobre su biología, razas, fuentes de resistencia, restricciones ecológicas y manejo de poblaciones.

Nacobbus aberrans, conocido comúnmente como “rosario de la papa”, está presente en el 80% de las zonas paperas de Bolivia, y en lugares específicos del sur de Perú y norte de Argentina, siendo ocasional en otras partes del mundo. Se puede encontrar en los valles mesotérmicos de Cochabamba y Santa Cruz, desde los 1.800 msnm hasta las zonas altas y semilleras por encima de los 3.000 msnm de los departamentos de La Paz, Cochabamba, Oruro, Potosí, Chuquisaca y Tarija. *Nacobbus* afecta al cultivo de la papa y otros hospedantes de 17 familias y 69 especies cultivadas y no cultivadas.

El rosario de la papa ocasiona pérdidas de hasta un 88%, dependiendo de la susceptibilidad de la variedad, la densidad de la población del nematodo y la fertilidad del suelo. Las pérdidas anuales pueden alcanzar los \$US 53 millones, especialmente para los productores de semilla de papa.



Foto 1. Raíz de papa afectada por *Nacobbus aberrans*.

Los altos niveles de infestación del nematodo en las zonas semilleras de papa, representan un riesgo muy alto de diseminación hacia las zonas productoras de papa para consumo.

Asimismo, estas zonas se tornan no aptas para la producción de tubérculos-semilla de alta calidad, debido a que las normas de certificación restringen drásticamente y castigan la presencia de nódulos en la raíz, reduciendo el producto a categorías inferiores de menor valor económico.

► Sintomatología



Desde el momento de la emergencia del cultivo de papa, se presentan nódulos en las raíces, estos aumentan a medida que la planta se desarrolla, llegando a niveles muy altos (100 a 200 nódulos/planta) en el periodo de floración. En ese periodo se observan plantas con pobre crecimiento.

Los nódulos se presentan separados a manera de cuentas, asemejando un rosario, de donde deriva su nombre común, pero a altos niveles de infestación estos quedan fusionados como una masa de agallas que deforman totalmente la raíz (Fotos 1 y 2).

Foto 2. Nódulos en la raíz causados por *Nacobbus aberrans*.

► Diseminación

La diseminación ocurre fundamentalmente a través del tubérculo-semilla infectado, que al no presentar síntomas dificulta la identificación de los tubérculos enfermos. El nematodo se ubica debajo la peridermis o cáscara del tubérculo. Contribuyen en la diseminación el agua de riego, la maquinaria agrícola (herramientas), el viento y los animales.

► Ciclo del agente causal

En Bolivia se han detectado tres razas de *N. aberrans*, en el cultivo de la papa, siendo dominante la raza Nap1 que se distribuye en los departamentos de Cochabamba, La Paz, Oruro y parte de Potosí y Chuquisaca.

La raza Nap2 se presenta en la zona de Sauce Mayu (Norte de Potosí) y Tarabuco (Chuquisaca); la raza Nap3 está en la zona de San Antonio (Tarija). Esta variabilidad del nematodo en el país se explica por su co-evolución con la papa y hace más difícil el trabajo para un programa de mejoramiento genético.

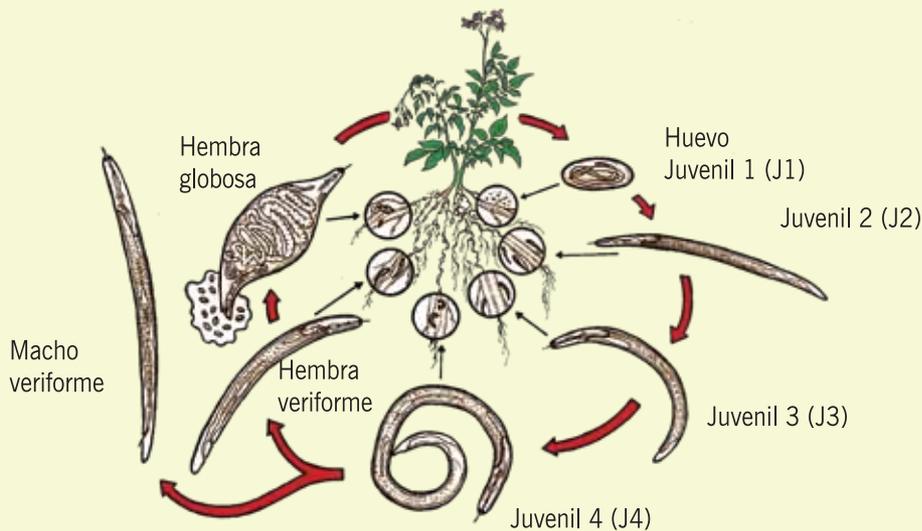


Figura 1. Ciclo de vida del *Nacobbus aberrans*, en plantas de papa.

Se describen a continuación los estadios de desarrollo:

- Estado de huevo, que contiene el estado juvenil 1 (J1) que está dentro del huevo.
- El nematodo emerge del huevo, como estado juvenil 2 (J2).
- El nematodo penetra la raíz, y pasa al estado juvenil 3 y 4 (J3 y J4), que son sedentarios.
- Continúa su desarrollo hasta el estado de macho y hembra vermiformes, luego pasa al estado de hembra globosa, que es cuando se manifiestan visiblemente gran cantidad de nódulos en la raíz.

Estrategia de manejo integrado

Se debe considerar que no hay una medida que permita la erradicación de la plaga en el suelo, sólo es posible en el caso de la esterilización en pequeñas superficies de invernaderos. Esto se fundamenta en el hecho de que *N. aberrans* al co-evolucionar con la papa en la zona Andina, ha desarrollado sus propios mecanismos de sobrevivencia, tal como la “dormancia”, periodo en el cual el nematodo reduce al mínimo su actividad

biológica y así es capaz de sobrevivir durante el periodo que no se cultiva papa y las condiciones ambientales son extremas.

Por esta razón es importante manejar el concepto de convivencia con niveles de población, que de acuerdo a estudios efectuados por PROINPA en Bolivia, no provocan un daño económico significativo en el cultivo, tal como la presencia de no más de 5 nódulos por planta y 5% de incidencia en la parcela. Este principio da pautas para plantear un manejo integrado del rosario de la papa en base a las siguientes tácticas de manejo:

Medidas culturales

- **Rotación de cultivos.** Es importante la rotación con cultivos no hospedantes, evitando así la multiplicación del nematodo. Emplear gramíneas (cebada, trigo, triticale) y leguminosas (haba y tarwi). Esta práctica disminuirá en un 30% la población del nematodo, al no poder reproducirse.
- **Descanso.** El descanso favorece la disminución de la población del nematodo, siempre que no existan malezas que permitan su multiplicación (*Spergula arvensis*). El descanso de tres años puede disminuir la población hasta en un 60%.
- **Variedades resistentes.** Uso de variedades de papa resistentes como Gendarme (nativa) y Jaspe (mejorada), que reducen las poblaciones hasta en un 20% anual.
- **Cultivos trampa.** Plantas que permiten la penetración del nematodo pero no su reproducción, tales como: cebada IBTA 80, avena, trigo y triticale; que reducen la población en alrededor del 20%.
- **Eliminación de raíces.** Cada nódulo contiene hasta 200 huevos, entonces si se destruyen los nódulos es posible disminuir considerablemente la población elevada de huevos. Para eliminar las raíces noduladas, se las debe coleccionar y proceder a quemarlas y enterrarlas en áreas no agrícolas.
- **Enmiendas al suelo.** La aplicación de estiércol, de preferencia gallinaza o vacuno (7-10 tn/ha), que al descomponerse en el suelo genera amoníaco (NH_3), ejerciendo una acción de biofumigación, tóxica para los nematodos.
- **Abonos verdes.** Deben incorporarse después de la cosecha, cuando la planta aún está en verde (haba, tarwi, vicia), porque tienen un efecto de biofumigación, mejorando la estructura, la retención de agua y activando la microflora y microfauna benéfica.

Medidas físicas (para superficies pequeñas).

Las medidas que se recomiendan son aplicables para superficies pequeñas debido a su costo y su practicidad.

- **Solarización.** Humedecer el suelo, hacer surcos (para tener mayor superficie de contacto), cubrir con plástico (elevado a 15 cm), dejar por 30 días y luego remover para eliminar posibles malezas que emergen por el tratamiento.
- **Inundación.** Donde se disponga de agua, aplicar riego por inundación, al menos por un día mantener encharcado o sobresaturado con agua.

Producción de semilla de buena calidad

Para la producción de semilla de alta calidad es importante considerar lo siguiente:

- **Diagnóstico de la parcela.** Se deben realizar muestreos de suelo, considerando 100 puntos por hectárea, llevar un kilogramo de muestra al laboratorio y realizar la detección utilizando la siguiente técnica de bioensayo en bolsa cerrada: homogeneizar el kg de muestra de suelo, después tomar tres submuestras de 300 g y traspasarlas a tres bolsas plásticas transparentes (10 x 20 cm) y humedecerlas a capacidad de campo. Luego sembrar la semilla o brote libre de nematodos, cerrar la bolsa cuidadosamente e incubar las bolsas a 25° C por 30 días y en la oscuridad. Este procedimiento nos permite saber a los 45 días si el suelo está libre de nematodos (Foto 3).



Foto 3. Bioensayo realizado para el diagnóstico de nematodos.

- **Uso de semilla sana.** Se debe adquirir semilla certificada o categorías superiores para tener la certeza de empezar la multiplicación con material garantizado.
- **Manejo del cultivo.** Evitar el uso de herramientas que provengan de terrenos infestados, es importante eliminar las malezas hospedantes del nematodo y realizar el control fitosanitario con los productos y en el momento adecuado. Hacer inspecciones de síntomas del nematodo en el segundo aporque y a la floración.
- **Tratamiento de tubérculo.** En caso de observarse nódulos durante las inspecciones y los niveles no están por encima de 5 nódulos por planta y 5% de incidencia en la parcela, los tubérculos pueden ser tratados por procesos químicos recomendados o por termoterapia. Lo cual consiste en tener tres recipientes con agua, sumergir los tubérculos en una bolsa de malla en el primer recipiente manteniendo el agua a 15° C por 5 min., pasar la semilla al segundo envase con agua a 49° C por 15 min. y finalmente en el tercero que contiene agua a 15° C por 5 min., en el último recipiente se puede colocar un fungicida para prevenir ataque de hongos. Finalmente secar los tubérculos en semisombra para evitar pudriciones.

Abióticos

GRANIZO

Alejandro Bonifacio

Nombre común

Español: Granizo.

Quechua: Chijchipara.

Aymara: Chhijchhi.

► Importancia

Las variaciones del clima y el cambio climático tienen efectos directos e indirectos sobre los cultivos. En los últimos años, estas variaciones y cambios, se han expresado en la ocurrencia de fenómenos meteorológicos como sequía, heladas, granizo, alta temperatura, mayor velocidad del viento y alta radiación solar, generalmente adversos para el cultivo de la papa.

Si bien el granizo es un fenómeno que siempre ha afectado la agricultura, y es bien conocido por los agricultores, en los últimos años, ocurre con más frecuencia en épocas críticas para los cultivos, provocando severas pérdidas, que pueden ser parciales o totales, según la intensidad del granizo, la época de ocurrencia y el tamaño del hielo o partícula que caiga.

El granizo ocurre principalmente en el altiplano y en las laderas de la cordillera oriental, aunque también se presenta en los valles, donde los daños provocados son serios pero no siempre cuantificados sus efectos (Foto 1).

Existe muy poco escrito sobre el efecto de las granizadas en el cultivo de la papa. El presente documento se basa en la escasa información disponible, la documentación del saber local y las experiencias desarrolladas por PROINPA en la Estación de Quipaquipani.



Foto 1. Se muestra una severa granizada caída el 4 de enero del 2009 en la Estación de Quipaquipani (ubicada en el altiplano a 4 km de la ciudad de Viacha).

► **Cómo se forma el granizo**

El granizo se forma en las nubes llamadas Cumulonimbus, que se caracterizan por ser nubes de gran extensión en altura. Dentro estas nubes las gotas de agua se mueven hacia arriba por la turbulencia interna, en ese movimiento las gotas se sobre enfrían y se forma un embrión de granizo.

A medida que el embrión de granizo sube a zonas más frías, la partícula aumenta de tamaño en forma de capas por las deposiciones de hielo. Las nubes donde se forma el granizo tienen una concentración de carga eléctrica, siendo positiva en la parte superior de la nube y negativa en la parte inferior. Estas cargas provocan los rayos y truenos durante la granizada.

► **Saber local sobre las granizadas**

Los agricultores conocen los riesgos de una granizada sobre sus cultivos, pero no así los orígenes de éste fenómeno. Según las creencias locales, el granizo ocurre cuando alguien ofende a la Pachamama o a la naturaleza, o comete actos reñidos con las buenas costumbres y el buen vivir de la gente.

De acuerdo a los productores, existen zonas más o menos definidas donde ocurre la granizada, así como la estación o periodo en que se presenta. Estas zonas se conocen como “el camino del granizo”, donde los agricultores tienen mucho cuidado de no sembrar cultivos susceptibles, más bien recomiendan dejarlas para el pastoreo.

Los indicadores que utilizan los agricultores para determinar la ocurrencia del granizo, son altas temperaturas en horas previas al granizo, régimen de viento relativamente calmo y estable, presencia de nubes oscuras, altas y localizadas en un área menor (no generalizada). Estos indicadores permiten a los agricultores predecir el granizo con antelación de unas tres horas. Sin embargo, los cambios climáticos están llevando a que estos indicadores presenten variación y que las condiciones meteorológicas sean cada vez más difíciles de predecir.

Por otra parte, el saber ancestral referente a la observación de los fenómenos meteorológicos, como el pronóstico de la ocurrencia del granizo, está siendo olvidado por los agricultores jóvenes, en razón de la limitada comunicación generacional.

► Sintomatología

El granizo tiene diferentes efectos sobre el cultivo de la papa, los más importantes se describen a continuación:

El daño más importante que provoca la granizada es el físico, que se refiere a la destrucción de hojas, tallos y flores por efecto del golpe de la piedra de granizo, que se traduce en roturas de folíolos y hojas, lesiones y fracturas en el tallo y defoliación. Las consecuencias son la reducción o eliminación del follaje y la incapacidad de la planta para generar fotosintatos.

El granizo ocasiona el congelamiento del cuello de la planta por efecto de la acumulación del hielo, especialmente cuando ocurre antes del primer aporque y cerca de la puesta del sol. Esto se explica, porque la piedra de granizo no se descongela hasta el día siguiente, dejando expuesto al cuello de la planta a temperaturas menores a cero grados por un periodo de 12 horas. Esto conduce al congelamiento de la epidermis del tallo haciéndolo más susceptible al vuelco en etapas de recuperación.

Las lesiones que deja el golpe de granizo se constituyen en puntos de infección de varios patógenos, además ocurre mayor deshidratación al estar destruida la epidermis.

Una evaluación preliminar de la tolerancia al granizo de las variedades Waych'a, Chiar Imilla, Sani Imilla, Sakampaya, Capiro y Luk'i ha mostrado que existen diferencias entre ellas:

- Las diferencias en la tolerancia se pueden atribuir a la arquitectura de la planta y la consistencia del tejido foliar. La variedad Waych'a presenta mayor susceptibilidad, debido a la arquitectura de la planta, de hábito semi/erecto con ramas laterales más o menos abiertas, ofreciendo una mayor superficie de exposición al golpe de partículas de granizo (Foto 2). En cambio, las variedades Chiar Imilla y Sani Imilla son menos susceptibles en relación a la Waych'a en razón de que su hábito de crecimiento es erecto, con escasa ramificación lateral.



Foto 2. Se observa la variedad Waych'a destruida por efecto del granizo (Quipaquipani, Viacha)

- La variedad mejorada Capiro es la más susceptible, por su crecimiento más abierto que erecto. Esta variedad ha sufrido los mayores daños a nivel de follaje y tallo. Además, el estrés y el escaso número de hojas para la fotosíntesis, han conducido a que los estolones produzcan brotes vegetativos en vez de tubérculos, esto ha derivado en el alargamiento del ciclo y la pérdida casi total de la producción a pesar de la recuperación de la parte aérea (follaje).
- La variedad Sakampaya se caracteriza por el hábito de crecimiento erecto pero abierto por sus ramas laterales, lo cual la haría susceptible al granizo, pero gracias a sus foliolos pequeños en relación a las variedades Imilla, ha logrado un menor efecto del granizo.

► Manejo integrado del granizo

Los Yapu Qhamani. Los efectos adversos del granizo siempre han sido una preocupación para los productores, por ello es que han desarrollado estrategias locales, dirigidas a evitar o desviar el curso del granizo.

Las estrategias están basadas en la organización comunitaria, que elige y nombra entre sus miembros al Yapu Qhamani. La principal misión del Yapu Qhamani es cuidar los cultivos de las granizadas, las heladas y daños por animales domésticos. Él vela por el cumplimiento de las buenas costumbres, en relación a los cultivos, por parte de los miembros de la comunidad o usuarios de la Aynoqa.

Ante el riesgo inminente de granizo, el Yapu Qhamani debe emprender las rogativas acompañando con ofrendas de alcohol y coca, pidiendo ayuda al o los supremos, inmediatamente generar humo en un punto principal y estratégico de la Aynoqa, que puede ser seguido por otros puntos secundarios. El humo además de ser un agente disipador de las nubes de granizo, es una señal de alerta que debe ser seguido por todos los miembros de la comunidad y comunidades vecinas. En algunas zonas, además de emitir humo, los Yapu Qhamani disparan petardos en dirección de las nubes de granizo. En relación a los petardos, en el mercado existe un tipo especial contra el granizo, se caracteriza por ser de más fuerza expansiva y de mayor alcance.

Variedades tolerantes. En zonas endémicas de granizadas es recomendable evaluar las variedades locales por su tolerancia al granizo, las de hábito de crecimiento erecto como Chiar Imilla y Sani Imilla, o las que presentan foliolos pequeños como la Sakampaya.

Aporque alto. En las zonas endémicas de granizada el aporque debe ser alto, de tal forma que no permita la acumulación de granizo en el cuello de la planta.

Nutrición. Se tienen buenas experiencias en la recuperación de plantas afectadas por granizo mediante la aplicación foliar de Biol o la fertilización foliar (N-P-K y micronutrientes), que se basa en la provisión oportuna de nutrientes a la planta. Es recomendable acompañar con un buen deshierbe para evitar la competencia de malezas (Foto 3).



Foto 3. Después de un mes de una granizada, la variedad Capiro muestra una buena recuperación gracias a la aplicación de Biol.

HELADAS

Juan Vallejos
René Pereira
Javier Aguilera
Bruno Condori

Nombre común

Español: Helada.

Quechua: Gh'asa.

Importancia

El potencial productivo del altiplano y de las zonas altas por encima de los 3.000 msnm se halla fuertemente limitado por diversos factores, siendo los más importantes los de índole climática, entre ellos las heladas y la sequía. Estos factores medioambientales adversos afectan hasta un 65% de la superficie total cultivada con papa en el país, lo que representa aproximadamente 97 mil hectáreas y 150 mil familias de pequeños agricultores.



La helada es un fenómeno meteorológico que ocurre cuando la temperatura del aire cercano a la superficie de la parcela de cultivo disminuye a 0° C o menos, durante un tiempo de dos a cuatro horas. Generalmente se presenta en la madrugada o cuando el sol está saliendo en el horizonte.

Se estima que las pérdidas de rendimiento ocasionadas por heladas se encuentran entre 40 y 100%, dependiendo del estado de desarrollo del cultivo, frecuencia, intensidad y severidad de la helada.

Características de las heladas

Existen varias formas de clasificar las heladas, en este documento, haremos referencia a dos formas de clasificación, por su aspecto visual y por la época de ocurrencia:

► Por su aspecto visual

- a. **Heladas blancas.** Se llama helada blanca o escarcha, al agua en forma de hielo que recubre la superficie de ramas, tallos y hojas. La escarcha es el congelamiento del rocío a una temperatura inferior o igual a 0° C. Cuando la cantidad de vapor de agua que se encuentra en contacto con las plantas es muy escasa, no se produce rocío si no que directamente se forma escarcha.

Esta helada ocurren cuando el aire nocturno posee un 80 a 100% de humedad y una temperatura del rocío mayor a 0° C, lo que provoca la presencia de escarcha; usualmente se forman cristales a partir del rocío en forma de escamas sobre la superficie de las plantas.

Este tipo de helada se presenta en condiciones ambientales húmedas y de temperatura no muy baja, por tanto bajo estas condiciones existen daños menores en el cultivo.

- b. **Heladas negras.** La helada negra recibe esta denominación porque si bien la temperatura ha bajado a 0° C o menos, no se presenta escarcha. Esta helada produce el congelamiento y la formación de cristales de hielo, ya sea dentro de los espacios intercelulares o dentro de la célula. El mayor daño se produce dentro de la célula, debido a una ruptura de su estructura física y la membrana del protoplasma. La formación del hielo en los espacios intercelulares provoca el desecamiento y muerte de las células. En la helada negra siempre hay destrucción de la vegetación, ya que su nombre proviene de la apariencia de los tejidos necrosados, debido a la rotura de las células, tal como se observa en la Foto 1.

Cuando la helada se presenta en condiciones de ambiente relativamente seco y temperaturas por debajo de 0° C, causa daños en las partes verdes y tiernas de las plantas, que posteriormente adquieren un color café negruzco y cuando se humedecen se ven negras.

Los primordios foliares pueden ser dañados a consecuencia de las bajas temperaturas, las hojas que se formen después de este daño pueden resultar deformes, tener manchas o áreas amarillas, o contener huecos. Esta helada causa los mayores daños y en muchos casos alcanza al 100% de destrucción en los cultivos.



Foto 1. Daño por helada en una parcela de papa en el Altiplano de La Paz.

► Por la época de ocurrencia

En el Altiplano Central las heladas pueden ocurrir todo el año, el riesgo de daño para el cultivo es superior a 20% en diciembre-enero, mayor a 30% en febrero, marzo y noviembre y por encima de a 50% durante los otros meses. En estas zonas, el desarrollo vegetativo de muchos cultivos corresponde al periodo entre la última helada de primavera (segunda semana de diciembre) y la primera helada de verano (primera semana de marzo), lo cual hace que los cultivos están expuestos a los cambios climáticos principalmente heladas.

En los valles de Cochabamba, Chuquisaca y Tarija la ocurrencia de heladas es generalmente en los meses de diciembre a enero, cuando el cultivo está en la fase de prefloración y floración. El daño en estos meses está por encima de los 80%.

A continuación se explican las heladas tempranas y tardías, así como la asociación que realizan los agricultores de la ocurrencia de heladas con alguna fecha festiva religiosa:

- a. **Heladas tempranas.** Las heladas tempranas se presentan antes que se inicie la estación de invierno o la época seca, ocasionando daños en la etapa final o en pleno crecimiento de las plantas.

En el país este tipo de heladas se presentan con mucha frecuencia en las fechas que se mencionan a continuación:

Fecha	Fecha festiva	Zonas de ocurrencia
24 de enero	Helada de Alasita	Altiplano de La Paz, Oruro y Potosí
2 de febrero	Helada de Candelaria	Valles de Cochabamba, Chuquisaca y Tarija
Variable (febrero-marzo)	Helada de Carnaval	Valles de Cochabamba, Chuquisaca y Tarija
Variable (febrero-marzo)	Helada de Tentación	Valles de Cochabamba, Chuquisaca y Tarija

- b. **Heladas tardías.** Las heladas tardías se presentan después de haber terminado la época seca o invierno, a comienzos de la primavera, ocasionando daños en la etapa inicial del crecimiento de las plantas. En los Valles de Cochabamba, Chuquisaca y Tarija las heladas tempranas se presentan generalmente en los meses de septiembre a

diciembre. Mientras en el altiplano las heladas tempranas se presentan desde los meses de noviembre a enero y las heladas tardías en los meses de marzo a mayo tal como se presentan con frecuencia en las siguientes fechas:

31 de octubre	Helada de San Andrés
31 de octubre	Helada de San Andrés
8 de diciembre	Helada de Santa Bárbara
25 de diciembre	Helada de Navidad
3 de mayo	Fiesta de la Cruz
23 de junio	Fiesta de San Juan
14 de septiembre	Fiesta Señor de Exaltación
15 de agosto	Fiesta Asunción

► Sintomatología

A temperaturas muy bajas, por debajo de 0° C, se congelan los líquidos intra y/o extracelular y se produce el daño por congelamiento. La formación de hielo intracelular es letal, porque los cristales de hielo lesionan las membranas internas de las células; debido al rápido descongelamiento y contacto con los primeros rayos del sol. Luego de la helada las hojas se marchitan y se transforman a un color café oscuro. Por lo general las partes superiores de la planta se congelan primero (Foto 2).

Cuando el daño de la parte aérea de la planta es superior a 50% durante la formación de estolones, la planta afectada ya no tiene capacidad de recuperación.



Foto 2. Planta mostrando daños típicos de helada (en la parte superior).

► Estrategia de manejo integrado

A pesar de que existen opciones limitadas para contrarrestar las heladas, a continuación mencionamos algunas alternativas de prácticas de manejo que se pueden realizar antes y después de la helada:

- Niveles elevados de potasio en la planta han demostrado inducir buena tolerancia a heladas. Esto debido a que el potasio es responsable de regular el movimiento de agua en la planta, mantiene la turgencia celular, y regula la apertura y cierre de las estomas, evitando la pérdida de agua y ayudando a la planta a sobrevivir periodos de congelamiento.
- Para mitigar el daño es recomendable la aplicación de Biol cinco días después de la helada. El Biol es un abono orgánico líquido, que al aplicar al follaje promueve la actividad fisiológica y estimula la reacción inmediata de la planta, por ser una fuente rica de fitoreguladores como auxinas y giberelinas.
- Es recomendable el uso de un fertilizante foliar de recuperación, de base nitrogenado (por ejem. Nitrofoska), cinco de días después de la helada.
- En épocas y lugares de alto riesgo de heladas, es recomendable la siembra en laderas, ubicadas al oeste donde el efecto de las heladas es menor, en relación a las partes bajas y planas, donde generalmente la intensidad de las heladas es mayor.
- Uso de variedades tolerantes a heladas, generadas por PROINPA, aunque poco difundidas, como Illimani, Tunari, Condori y Sajama. Algunas variedades nativas también muestran un razonable nivel de tolerancia como: Waych'a, Sani Imilla, Gendarme, Imilla Negra y Palis. Las variedades del grupo Luk'i también presentan alto grado de tolerancia.
- Uso de cortinas rompe vientos, cultivos de protección, suka qullus, humo, fechas de siembra, riego antes de las heladas, etc. El uso de cortina rompe vientos con especies arbóreas, no sólo evita el daño por helada, sino crea un microclima propicio para el desarrollo de los cultivos.
- Los suka qullus son un sistema precolombino, que consiste en la construcción de plataformas de tierra alternadas con canales llenos de agua; que permiten minimizar el daño por heladas. Su construcción es factible en suelos inundadizos y con problemas de drenaje. El sistema

permite acumular materia orgánica y su aplicación se da principalmente en los entornos del lago Titicaca.

- La utilización de un riego anticipado, minimiza los riesgos por daño, ya que los suelos humedecidos aumentan la radiación de calor al aire durante la noche. En la noche, al enfriarse la atmósfera, dicha acción va disminuyendo por la restitución de calor almacenada durante el día y que es liberada paulatinamente por la tierra.
- La quema de pasto para provocar humo en los alrededores de la parcela aumenta ligeramente el calor en la atmósfera y minimiza los daños por helada. Este método es poco eficaz y sólo sirve para heladas ligeras, sirve más de complemento, que como sistema único de defensa.

ESTRÉS HÍDRICO POR SEQUÍA

Pablo Mamani
Juan Vallejos

Nombre común

Español: Sequía, estrés hídrico, año seco.

Quechua: Ch'aki wata.

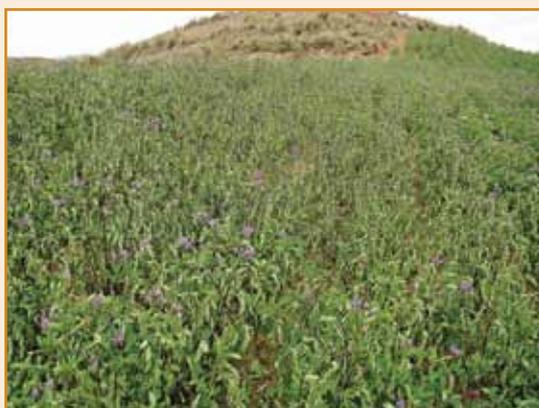


Foto 1. Parcela de papa afectada por sequía.



Foto 2. Plantas de papa con típica marchitez a consecuencia de la sequía.

Importancia

Los principales efectos del calentamiento global son el incremento de lluvias torrenciales, el aumento de sequías por reducción de régimen pluviométrico, la presencia de olas de calor y la disminución de nevadas. En la presencia de sequías interactúan variables naturales como temperaturas altas, vientos fuertes y humedad relativa baja.

La sequía, es uno de los factores más importantes que afectan la producción de papa en los Andes, debido a la insuficiente, inadecuada y errática distribución de la precipitación pluvial (Fotos 1 y 2).

Se distinguen dos tipos de sequía, la “hidrológica” y la “agrícola”. La hidrológica es la más drástica, porque afecta el balance hidrológico anual, hasta reducir los niveles de la napa freática; y la agrícola, es la que afecta el crecimiento y desarrollo de un cultivo, alterando sus principales funciones en una o más de sus etapas fenológicas.

El cultivo de papa es conocido por su sensibilidad a la sequía, y su efecto en la productividad depende de la intensidad, duración y etapa fenológica en la que se presente (Fotos 1 y 2). Si el déficit hídrico es severo y la planta no cuenta con mecanismos de defensa, puede ocurrir paulatinamente su muerte.

► Sintomatología

La sequía provoca cambios morfológicos, fisiológicos, anatómicos y bioquímicos en la planta de papa, estos fueron estudiados por PROINPA entre 1991 y 1996, los mismos se presentan en el cuadro a continuación:

Componente	Cambios en la planta de papa por efecto de la sequía
Morfológico	Menor altura de planta
	Menor número de tallos con sequías tempranas
	Menor tamaño y número de hojas en la planta
	Menor cobertura foliar
	Menor área foliar por la pérdida de hojas
	Menor número de entrenudos y ramas
	Menor longitud del penúltimo entrenudo
	Mayor inclinación de hojas sobre el tallo
	Mayor flacidez de hojas y tallos
	Mayor arrugamiento de hojas en algunas variedades
	Postración de tallos en algunas variedades
Mayor producción de tubérculos pequeños	
Fisiológico	Reducción de la tasa de fotosíntesis
	Reducción del potencial hídrico de las hojas
	Mayor resistencia estomática
	Cambios en el ajuste osmótico
	Menor acumulación de materia seca en tallos, hojas y estolones
Anatómico	Mayor desarrollo radicular
	Menor tamaño de los estomas
Bioquímico	Mayor acumulación de Prolina
	Mayor producción de ácido abscísico (ABA)

► Mecanismos de defensa

Los mecanismos de defensa de la papa, para soportar el déficit hídrico, se clasifican en:

- **Resistencia.** Una variedad de papa es resistente a la sequía, cuando soporta un verdadero estrés hídrico, es decir, cuando a nivel intercelular y celular existe una reducción del contenido de agua y por consiguiente se incrementa la concentración de los fluidos y del jugo celular respectivamente, lo que somete al protoplasma a estrés. Las plantas en estas condiciones usan sus mecanismos de defensa (morfológicos, fisiológicos, anatómicos y/o bioquímicos), logrando acumular energía y nutrientes para mantener sus funciones vitales y acumular fotosintatos en sus órganos de reserva (tubérculos).
- **Tolerancia.** Una variedad de papa es tolerante a la sequia, porque tiene la capacidad de tolerar niveles avanzados de deshidratación debido a cambios en su comportamiento que le permiten compensar el déficit de humedad, ya sea reduciendo su transpiración debido al incremento de su resistencia estomatal, aumentando su capacidad de absorción de agua del suelo o simplemente permaneciendo inactiva sin llevar a cabo sus funciones completamente.
- **Evasión o escape.** Es la habilidad de algunas variedades de papa de eludir y escapar de los efectos de la sequía, ya sea debido a su precocidad o al crecimiento de sus raíces para la exploración de agua a mayores profundidades del suelo y así compensar sus deficiencias internas. Para algunos autores el cierre estomático también es un mecanismo de evasión a la sequia antes que un mecanismo de tolerancia, porque evita la deshidratación de los tejidos y no deja que la planta entre en estrés hídrico. La variedad nativa Waych'a es muy hábil para usar este mecanismo frente a sequías temporales.

► Estrategias de manejo integrado de sequía

El agricultor dispone de estrategias que le permiten enfrentar con relativo éxito la sequia, mediante el manejo de parcelas ubicadas en diferentes pisos altitudinales, diferentes tipos de suelos, uso de su diversidad genética y técnicas apropiadas de cultivo.

• **Uso de camas protegidas para producir semilla**

En regiones con alto riesgo de sequía donde la probabilidad de perder toda la cosecha es alta, es necesario pensar en tecnologías que ayuden a conservar la semilla de manera que pueda ser usada en próximas siembras, especialmente de aquellas variedades que están en proceso de erosión genética.

En estas condiciones, el uso de las Camas Protegidas se constituye en una alternativa tecnológica que permite producir semilla de papa y también de otros cultivos. La “cama protegida” es una pequeña construcción de forma rectangular, hecha de paredes de adobe sobre cimientos de piedra cuyas dimensiones pueden variar según las necesidades (largo = 10 m o más; ancho = 1 m; alto = pared frontal de 0,7 m y pared trasera de 1 m) (Foto 3).



Foto 3. Camas protegidas en plena producción de semilla de papa.

Para la siembra en la cama se realizan mini-surcos longitudinales donde se depositan los tubérculos-semilla pequeños. El manejo del cultivo es similar al realizado en campo, salvo el riego que debe efectuarse cuando haya escasas de lluvias, con una frecuencia semanal a quincenal, según el requerimiento del cultivo. En las camas se debe usar sustrato de suelo mezclado con guano. Para proteger a las plantas de las heladas, se recomienda proteger la cama con plástico o alguna forma de cobertor.

• **Cosecha de agua: el arado de cincel**

La cosecha de agua se refiere a ayudar al suelo a retener la mayor cantidad de agua posible en períodos lluviosos, para el aprovechamiento por los cultivos en épocas secas. Una de las técnicas para cosechar aguas es abrir los suelos en forma de zanjas, así se retiene el agua que escurre de las laderas y se facilita su infiltración. El arado de palo es poco apropiado para cumplir esta labor porque su estructura no le permite trabajar en suelos secos y porque realiza un trabajo superficial.

El arado de cincel para tracción animal, es un implemento de estructura simple, diseñado para realizar fisuras o pequeñas zanjas en suelos secos (Foto 4). La reja o cuchilla al penetrar en el suelo seco logra abrir fisuras,

rompiendo las capas duras como por ejemplo el pie de arado. La dirección de trabajo debe ser en sentido perpendicular a la pendiente, para favorecer la infiltración del agua de escorrentía de las lluvias.



Foto 4. El arado de cincel y su forma de manejo.

Para que el arado de cincel logre realizar fisuras o rupturas más estables y de mayor profundidad, es necesario trabajar en suelo seco. La fuerza de tracción que requiere este implemento depende del tipo de suelo, siendo mayor en suelos pesados y pedregosos. Experiencias favorables del uso de este implemento fueron realizadas por PROINPA en las Pampas de Lequezana y en Patacamaya.

• **Uso de variedades tolerantes**

El siguiente cuadro se muestra la categorización de algunas variedades de papa, en base a una escala de pérdidas de rendimiento:

Variedad	Periodo vegetativo (días)	Sequía temprana	Sequía tardía
Alpha / Desireé	130	Sensible	Poco a medio tolerante
Jaspe	150	Poco a medio tolerante	Medio tolerante
Waych'a	155	Poco a medio tolerante	Medio tolerante a tolerante
Ch'aska	165	Poco a medio tolerante	Medio tolerante
Yungay	165	Medio tolerante	Medio tolerante a tolerante
S. berthaultii	160	Poco tolerante	Tolerante
S. juzepsekii (Luk'i)	150	Poco tolerante	Poco tolerante

Tolerante: 0-10 %, Medio tolerante: 11-20%, Poco tolerante: 21-30% y Sensible: > 31%

En general, se puede indicar que entre las variedades de papa que se cultivan en Bolivia no existen aquellas verdaderamente resistentes a la sequía.

Las variedades conocidas como Luk'is, de la especie *Solanum juzepsukii*, son conocidas por su tolerancia a las heladas, pero en el caso de tolerancia a la sequía, son más de tipo vegetativo que productivo, es decir, estas variedades usan mecanismos como la reducción de su área foliar, el arrugamiento de sus hojas, el cierre estomático y la postración de sus tallos, que les permiten mantener su estructura vegetativa en mejor estado que otras variedades, pero al no ser productivas no pueden considerarse tolerantes a la sequía.

Precocidad como mecanismo de evasión de la sequía

En la zona andina de Bolivia, se considera a una variedad como precoz, cuando tiene un periodo vegetativo menor a 130 días. Entre las variedades nativas, las únicas consideradas como precoces son las de la especie *Solanum phureja*, que pueden producir entre 100 a 130 días, dependiendo de la altitud. El resto de las especies nativas cultivadas tienen periodos vegetativos mayores a los 150 días.

El otro grupo importante de variedades precoces son de la especie *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*, que fueron introducidas al país, entre ellas Desirée y Alpha que producen en menos de 120 días en zonas de altura y en menos de 100 días en zonas bajas.

• Uso de mullching (cubierta vegetal)

El mullching consiste en el uso de rastrojo o paja de cereales, para cubrir los entresurcos de una parcela de papa. Esta técnica evita la evaporación del agua directamente desde el suelo. Estudios realizados en Toralapa muestran que durante años secos, esta técnica funciona favorablemente, evitando la reducción del rendimiento hasta en un 30%, en la variedad Waych'a (Foto 5). La dificultad de esta técnica radica en el uso que los productores le dan a la paja de cereales, porque la utilizan como forraje para el ganado.



Foto 5. Uso de mullching para minimizar el efecto de la sequía en papa

Glosario

- Abiótico.** No biológico, sin vida. Un elemento abiótico es un hecho físico o químico, pero es parte del sistema o del ambiente.
- Antocianescencia.** Síntoma que indica que la planta posee elevados índices de antocianina. Pigmentación azul púrpura o rojo.
- Áptero.** Insecto que no posee alas.
- Bioinsecticidas.** Insecticida de origen biológico.
- Biofungicidas.** Fungicida de origen biológico.
- Cancro o chancro.** Área lesionada necrótica localizada.
- Clorosis.** Color verde claro o amarillento que adopta la planta debido a la formación incompleta o a la destrucción de la clorofila.
- Conidia.** Cualquier espora producida asexualmente y que germina, produciendo un tubo germinativo.
- Depredador.** Fenómeno natural cuando un animal caza o mata a otro, para alimentarse, de una forma no específica.
- Dormancia.** Periodo recurrente por temporadas en el ciclo de vida, durante el cual el crecimiento, desarrollo y reproducción se suspenden.
- Ecoinsecticida.** Insecticida de origen natural y ecológico.
- Eclosión.** Acto por el cual el insecto deja el huevo o emerge como insecto adulto.
- Entomopatógeno.** Patógenos que parasitan a insectos.
- Esclerote.** Estructura fungosa de conservación, constituida por células cuyas paredes son gruesas y duras, lo cual permite la supervivencia bajo condiciones adversas de temperatura.
- Espora.** Estructura propagativa de los hongos y de otras plantas inferiores.
- Estilete.** Estructura larga, delgada y hueca de los nematodos y algunos insectos, tiene una función alimenticia.
- Feromona.** Sustancia orgánica secretada por animales y que son percibidas por la misma especie, con la cual se identifican. Las hay de atracción sexual o identificación comunal.
- Fitohormona.** Biocatalizadores que en pequeñas cantidades influyen notablemente en el crecimiento de las plantas.
- Fumagina.** Cubierta ennegrecida del follaje y frutos de los árboles, que se forma por las hifas negras de los hongos que viven en la miel secretada por insectos como áfidos, escamas y mosquita blanca.
- Haces vasculares.** Disposición circular del sistema vascular dentro de un tallo de un tubérculo.
- Hifa.** Ramificación individual de un micelio.

- Hipertrofia.** Crecimiento anormal o aumento de volumen de células, tejido u órgano.
- Hospedante.** Planta que proporciona un medio adecuado para el desarrollo de un organismos o patógeno.
- Incidencia.** Número de plantas o animales afectados por una determinada enfermedad.
- Infección.** Penetración en el organismo por agente infeccioso, donde se desarrolla y multiplica.
- Infestación.** Alojamiento, desarrollo y reproducción en una superficie determinada.
- Infección latente.** Presencia de la bacteria sin expresión de síntomas visibles en la planta ni tubérculo
- K'ipas.** Plantas voluntarias. Planta de papa que se desarrolla a partir de los tubérculos que se han dejado en el campo a momento de la cosecha.
- Lenticela.** Estructura de algunos frutos, de la corteza, etc., que permite el intercambio gaseoso.
- Mancha anular.** Zona clorótica circular con el centro de color verde, síntoma de muchas enfermedades virales.
- Mancha foliar.** Lesión foliar que se limita por sí misma.
- Marchitez.** Pérdida de rigidez y caída de las partes de la planta, que por lo general se debe a la falta de agua en su estructura.
- Meristemo.** Tejido embrional cuyas células crecen y se multiplican.
- Micelio.** Conjunto de hifas que constituyen el talo de los hongos.
- Mosaico.** Alternancia de color verde normal con verde claro o amarillento, especialmente en hojas atacadas por virus, moteado.
- Muda.** Cambio de cutícula o piel superficial en algunos organismos. Lo realizan para cambiar de estadíos.
- Necrosis.** (Adj. Necrótico) Muerte de células, tejidos o parte de la planta, generalmente acompañada por un oscurecimiento; síntoma de enfermedad.
- Oospora.** Espora de descanso de origen sexual en los hongos Oomycetos.
- Parásito.** Organismo que se nutre de tejidos o sustancias orgánicas contenidas en el cuerpo de otro ser o huésped, quién suele desarrollar algún tipo de daño.
- Parásito obligado.** Parásito que en la naturaleza solo puede crecer y multiplicarse sobre organismos vivos.
- Parasitoide.** Es el parásito de otro parásito, ejemplo, avispas parasitan insectos plaga.
- Parénquima.** Tejido vegetal constituido por células isodiamétricas, de pared celulósica delgada
- Patógeno.** (Adj. Patogénico) Agente causal de una enfermedad.

- Patogenicidad.** Capacidad de un organismo para causar enfermedad.
- Peciollo.** Porción que une la lámina foliar con el tallo.
- Plaga.** Aparición masiva y repentina de seres vivos de la misma especie que causan daños severos a las poblaciones animales o vegetales, y ocasionan pérdidas económicas importantes.
- Primordio.** Porción inicial o rudimentaria a partir de la cual se forman las distintas partes de la planta.
- Plaguicida de contacto.** Sustancia química que mata plagas por vía epidérmica, más que por su ingestión.
- Plaguicida sistémico.** Una vez aplicado a la planta u organismo, es absorbido y transportado a sus diferentes partes u órganos.
- Saprófago.** Se dice de los organismos que se alimentan de materias orgánicas en descomposición.
- Saprófito.** Se dice de los organismos que viven en materia orgánica en descomposición.
- Senescencia.** Decaimiento propio de la maduración o de la edad, acelerado a menudo por efecto del medio ambiente o por una enfermedad.
- Severidad.** Grado de ataque de una enfermedad hacia una planta o animal.
- Sistémico.** Dícese de un patógeno o un compuesto químico que se difunde internamente por toda la planta.
- Sp.** Especie.
- Ssp.** Especies.
- Spp.** Sub especie.
- Sustrato.** Sustancia sobre la cual vive un organismo o de la cual obtiene sus nutrientes, sustancia química sobre la que generalmente actúa una enzima.
- Tolerancia.** Capacidad de una planta para sobrellevar una enfermedad sin sufrir daños de consideración.
- Yemas laterales.** Yemas que se forman en los tallos y en las axilas de las hojas.
- Zoospora.** Espora flagelada, capaz de desplazarse en un medio líquido.

Bibliografía

- ALANDIA, S. 1966. Nuevas identificaciones de hongos parásitos de plantas económicas de Bolivia. *Revista Turrialba*. 16(4):398-401.
- ALVAREZ, V., y E.N. FERNANDEZ-NORTHCOTE. 1998. Agente causal de la “planta morada” en el cultivo de la papa en Potosí-Bolivia. p 101. En: Memorias de la XVIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de la Papa. Cochabamba -Bolivia.
- AGRIOS, N. G. 1991. “Fitopatología”. Trad. del Inglés por Manuel Guzmán Ortiz. Limusa, México. 756 p.
- ANDERSON, P. y F. MORALES. 2005. “Whitefly and whitefly-borne viruses in the tropics. Building a knowledge base for global action”. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Cali, Colombia.
- BAREA, O. y C. BEJARANO. 2005. ¿Cómo vive el Gorgojo de los Andes o Gusano Blanco? Ficha para agricultores FTE – 73. Programa MIP - PAPA. SENASAG, Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 4 p.
- BAREA, O. y C. BEJARANO. 2005. ¿Cómo combatir al Gorgojo de los Andes o Gusano Blanco? Ficha para agricultores FTE – 74. Programa MIP - PAPA. SENASAG. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 4 p.
- BEJARANO, C. y H. EQUISE. 2006. Manejo Integrado del laq'atu *Anomala inconstans*. Ficha técnica P/FTE 069 – 2006. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 4 p.
- BENITES, E.; G. IPORRE; V. ALVAREZ; y E.N. FERNANDEZ NORTHCOTE. 1994. Determinación de la incidencia, severidad y prevalencia de la enfermedad “Planta Morada” en las pampas de Lequezana, Potosí, p. 147-148. En: Memorias de la III Reunión Nacional de la Papa. Cochabamba-Bolivia.
- CAB International, 2006. Crop Protection Compendium. Base de Datos del CABI. Wallingford, Reino Unido. CD.
- CALDERON, Rayne y C. PERPIC. 1994. Recolección de especímenes, clasificación y distribución. Informe Anual 1993-1994. IBTA-PROINPA-PRACIPA, CIP. Cochabamba, Bolivia. 12 p.
- CALDERON, R. y J. FRANCO. 2004. Desarrollo de componentes del manejo integrado del gorgojo de los Andes en el cultivo de la Papa en Bolivia. Fundación PROINPA-Proyecto Papa Andina. Cochabamba, Bolivia. 23 p.
- CALDERON, R.; J. FRANCO; L. CRESPO y V. LINO. 2004. Principales plagas del cultivo de Papa en Bolivia. Fundación PROINPA-DFID. Cochabamba, Bolivia. 35 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. 1996. “Principales enfermedades, nematodos e insectos de la Papa”. CIP. Lima, Perú. 86 p.
- ESTRADA, N. 2000. La Biodiversidad en el Mejoramiento Genético de la papa. Bill Hardy, Emma Martínez (Ed.) La Paz, Bolivia. 372 p.

- FERNÁNDEZ-NORTHCOTE E.N., NAVIA, O., and GANDARILLAS, A. 2000. Basis of strategies for chemical control of potato late blight developed by PROINPA in Bolivia. *Fitopatología* 35 (3): 137-149.
- FRANCO, J.; R. Oros; G. Main; N. Ortuño. 1998. Potato cyst nematodes (*Globodera* species) in South America. In. *Potatoes Cyst Nematodes: Biology, Distributions and Control*. R. J. Marks and B.B. Brodie. Edit. CABI. 239-270 p.
- FRANCO, J.; R. MONTECINOS y N. ORTUÑO. 1992. *Nacobbus aberrans*, nematodo fitoparásito de la papa del cultivo de la papa en Bolivia: Desarrollo de una estrategia para su manejo integrado. *Revista de Agricultura*. (Bol.). 49(21):11-22.
- GABRIEL J.; COCA A.; PLATA G. y J.E. PARLEVLIE. 2007. Characterization of the resistance to *Phytophthora infestans* in local potato cultivars in Bolivia. *Euphytica* 153:321-328.
- GANDARILLAS H. 2001. Historia de la investigación para el desarrollo agropecuario en Bolivia. Páginas 163-180 in *Memorias de un investigador*, Cochabamba, Bolivia
- GONZALES, M. A.; C. CHAMBILLA y C. JARANDILLA. 2008. Informe anual SANREM-CRSP. Cambio Climático. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia.
- HOOKE W.J., 1980. Compendio de Enfermedades de la Papa. Trad. por Teresa Ames de Icochea. Lima, Perú. p.166. American Phytopathological Society (APS).
- HAWKES J. G. 1990. *The potato, Evolution, Biodiversity and Genetic Resources*. London: Belhaven.
- HAWKES, J.G. "The potatoes of Bolivia: Their breeding value and evolutionary relationships".
- HERBAS J. y G. GUZMAN. 1995. Determinación del daño del gorgojo de los andes *Phydenus* en Tarija. Informe Anual 1994-1995. IBTA PROINPA. Cochabamba, Bolivia. p. irr.
- IRIARTE, L. J. FRANCO y N. ORTUÑO. 1999. Efecto de abonos verdes sobre las poblaciones de nematodos y la producción de la papa. *Revista Latinoamericana de la Papa*. Lima Perú. (11)1:148-163.
- MARKS, J. R. and B.B. BRODIE. 1998. Potato cyst nematodes (*Globodera* species) in South America. In. *Potatoes Cyst Nematodes: Biology, Distributions and Control*. Edit. CABI. 350 p.
- MAIN, G.; J. FRANCO; N. ORTUÑO. 1999. Los cultivos trampa como una alternativa para reducir las poblaciones de *Nacobbus aberrans* y *Globodera* spp. en papa. *Rev. Fitopatología*, Lima Perú. 34 (1):35-41.
- MAIN, G.; J. FRNACO; N. ORTUÑO. 2001. Protección de semilla de papa infectada con *Nacobbus aberrans* mediante nemaicidas blandos. En *Rev. Manejo Integrado de Plagas*, Turrialba-Costa Rica. 59:52-57.
- MORALES F. 2007. Sociedades precolombinas asociadas a la domesticación y cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en Sudamérica. *Revista Latinoamericana de la Papa* 14(1): 1-9.
- MOREIRA A.; R. A. C. JONES and C.E. FRIBOURG. 1980. Properties of a resistance-breaking strain of potato virus X. *An. Appl. Biol.* 95:93-103

- NAVIA, O.; GANDARILLAS, A., ORTUÑO, N., FRANCO, J. 2008. Integración de nuevas estrategias de manejo del tizón de la papa (*Phytophthora infestans*) y del suelo para una agricultura sostenible. FITOPATOLOGIA 41: 102-108.
- OCHOA C. 2001. Las papas de Sudamérica: Bolivia. Plural editores/CID. 535 p.
- ORTUÑO, N.; J. FRANCO; J. RAMOS; R. OROS; G. MAIN y R. MONTECINOS. 2005. Desarrollo del Manejo Integrado del Nematodo Rosario de la Papa *Nacobbus aberrans* en Bolivia. Fundación PROINPA. 124 p.
- ORTUÑO, N. J. FRANCO; R. OROS y G. MAIN. 1999. Alternativas para la producción de tuberculo-semilla libre de nematodos. Hoja técnica. Revista Manejo Integrado de Plagas. Turrialba, Costa Rica. (51):IV.
- ORTUÑO, N.; OROS, R. J. FRANCO y G. MAIN. 1998. Uso de la resistencia genética de plantas no hospedantes para el combate de nematodos. In Segundo taller de PREDUZA en resistencia duradera en cultivos altos en la zona andina. Edit. D. Danial y O. Chicaiza. Cochabamba, Bolivia. 172-178 p.
- OTAZU, V.; BROWN, W. M. y M. HERBAS. 1982. Enfermedades de plantas en Bolivia. Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. IBTA. Consorcio Internacional Para el Desarrollo. 30 p.
- PATIÑO F., TERRAZAS, F.; SALAS A. y X, CADIMA. 2007. Los parientes silvestres del cultivo de papa en Bolivia. Revista de Agricultura 40 (59).
- SAINZ, C., GANDARILLAS, A. 1992. Diferentes especies de Cercospora atacando a papa en Bolivia. Perú. Fitopatología.
- SPOONER DM, R. VAN DER BERG, W. GARCIA y M. UGARTE. 1994. Bolivia potato germplasm collection expeditions 1993, 1994: Taxonomy and new germplasm resources. Euphytica 79.
- STEVENSON, W., LORIA, R., FRANC, G. y WEINGARTNER, D.P. 2001. Second Edition. Compendium of Potato Diseases. American Phytopathological Society.
- THIELE, G., NAVIA, O., 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.
- TORRES H., 2002. Manual de las enfermedades más importantes de la Papa en el Perú. Lima, Perú. p.57
- UCEDA, E. 1996. Principales plagas y enfermedades de la papa en la sierra del Perú. SENASA. Guía práctica para el agricultor. Lima, Perú.
- VIGIANI, A.; M. SERRANO y A. ZELAYA. 2006. Principales plagas y enfermedades de la papa andina - Bases para su manejo integrado. Universidad Nacional de Jujuy. Jujuy, Argentina.

Anexos

Cuadro 1. Fungicidas, Ecofungicidas y Biofungicidas* que han sido utilizados en la estrategia de PROINPA de control del tizón.

Cuadro. Fungicidas Sistémicos

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	Propanocarb HCL	Previcur N (clorhidrato de propanocarb)	0.25
Acido derivados	Cinnamico Dimetomorph	Acrobat (dimetomorph+mancozeb)	0.25

Cuadro. Fungicidas de contacto

CLASE QUÍMICA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE COMERCIAL	DOSIS (%)
Cúpricos	Oxicloruro de Cobre	Cobox Cupravit	0.4-0.6
	Oxido cuproso	Champion	
Bisditiocarbamatos	Zineb (R=Zn) Maneb(R=Mn)	Fungitox	0.3
	Metiram	Polyran DF	
	Mancozeb	Dithane M-45 Dithane F-MB Dithane NT Tizoneb	
	Propineb	Antracol Lonacol	
Phtalimidas	Captan	Merpan	0.3
Phalonitrilos	Clorotalonil	Bravo 500 Bravonil Ultrex	0.3- 0.4
Piridineaminas	Fluazinam	Shirlam	0.05

Biofungicidas de contacto

Fungitop (polisulfuro de Ca + Extracto AAS)	2.5	500 cc
--	-----	--------

Cuadro 2. Microorganismos benéficos (Biofungicidas) usados para Resistencia Sistémica Inducida

<i>Bacillus subtilis</i>	2 kg/200 l agua/ha	Por aspersión a surco abierto, sobre la semilla y el estiércol
--------------------------	--------------------	--

MANCHAS FOLIARES FUNGOSAS

Cuadro 2. Fungicidas, Biofungicidas* en orden alfabético que han sido utilizados en la estrategia de PROINPA de control químico de manchas foliares fungosas

Fungicidas Sistémicos		
Nombre Comercial y Técnico	Dosis en %	Cantidad en 20 lt de agua
- Caramba (metconazole 9%)	0.25	50 g
- Folicur (tebuconazole 25%)	0.20	40 g
- Score (difeconazole 25%)	0.25	50 cc
- Piori (azoxystrobin)	0.20	40 cc
- Systhane (miclobutanil)	0.2	40 g
- Cabrio Top (Piraclostrobin + metiram)	0.3	60 g
Fungicidas de Contacto		
- Antracol (Propineb)	0.25-0.3	50-60 g
- Bravo 500 (Clorotalonil 50%)	0.3	60 cc
- Cobox ** (Oxicloruro de cobre 86%)	0.4	80- g
- Cupravit ** (Oxicloruro de cobre)	0.4	80- g
- Dithane M-45 (Mancozeb 80%)	0.3	60 g
- Dithane NT (Mancozeb 80%)	0.3	60 cc
- Manzate (Mancozeb 80%)	0.3	60 g
- Nemispor (Mancozeb 80%)	0.3	60 g
- Polyram DF (Metiram 80 5)	0.3	60 g
- Shirlam (fluazinam 50%)	0.04	8 g

Ecofungicidas de contacto

Fungitop (polisulfuro de Ca + Extracto AAS)	2.5	500 cc
--	-----	--------

Cuadro. Insecticidas

CLASE QUÍMICA	INGREDIENTE ACTIVO	NOMBRE COMERCIAL	DOSIS (%)
Piretroide	Deltametrina	K- Othrine 25 EC	20 cc. en 20 litros de agua.
Organofosforado	Pirimifos metilo	Actellic 50 EC	50 cc. en 150 l. de agua para tratamiento de tubérculos por inmersión.
Bioinsecticida	<i>Baculovirus phthorimaea</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i>	MATAPOL PLUS	1 bolsita para 25 kg de tubérculos.
Bioinsecticida	<i>Beauveria bassiana</i> <i>Beauveria brongniartii</i>	Baubetop	50 cc en 20 litros de agua.
Ecoplaguicida	Poli sulfitos, acido salicilico	Fungitop	½ litro en 20 litros de agua.
Ecoplaguicida	Poli sulfitos, capsaicina	Acaritop	½ litro en 20 litros de agua.

