

# EL CULTIVO DE LA PAPA EN ECUADOR



Manuel Pumisacho y Stephen Sherwood  
Editores



El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) es una institución ecuatoriana encargada de generar, validar y transferir tecnologías apropiadas orientadas al incremento de la producción y la productividad de los sistemas de producción mediana y grandes producciones. Procura el uso adecuado de los recursos naturales, hídricos y agroecológicos así como la preservación de los recursos naturales y el medio ambiente, a fin de contribuir al desarrollo sostenible del sector agropecuario.



El Centro Internacional de la Papa (CIP) es una institución científica sin fines de lucro, dedicada a incrementar la producción sostenible de la papa, el camote, y otros tuberos y tubérculos en el mundo en procesos de desarrollo, y a mejorar el manejo de los recursos naturales en los Andes y en otras zonas de montaña. El CIP forma parte de la red global de investigación agrícola conocida como el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR).

# EL CULTIVO DE LA PAPA EN ECUADOR



EL CULTIVO DE LA PAPA EN ECUADOR

---

# EL CULTIVO DE LA PAPA EN ECUADOR

*Manuel Pumisacho y Stephen Sherwood*

Editores

EDICIÓN 2002  
INIAP-CIP

## EL CULTIVO DE LA PAPA EN ECUADOR

### **Editores**

*Manuel Pumisacho y Stephen Sherwood*

### **Comité Técnico**

*Patricio Espinosa, Greg Forbes, Pedro Oyarzún, Iván Reinoso*

### **Revisión de texto**

*Isabel Iturialde, Jorge Gómez, Emma Martínez*

### **Diseño y Diagramación**

*José Jiménez*

### **Ilustraciones**

Luis Zumárraga

### **Fotografías**

CIP e INIAP

### **PRIMERA EDICIÓN**

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)  
Estación Experimental Santa Catalina  
Panamericana Sur Km. 18  
Casilla: 17-21-1977  
Quito-Ecuador  
Tlf: +593-2-269-4922/0364  
Fax: +593-2-269-0992  
E-mail: [fpapa@fpapa.org.ec](mailto:fpapa@fpapa.org.ec)  
Web: [www.fpapa.org.ec](http://www.fpapa.org.ec)

Centro Internacional de la Papa (CIP)  
Apartado 1558  
Lima 12, Perú  
Tlf: +51 1 349 6017  
Fax: +51 1 317 5326  
E-mail: [cip@cgiar.org](mailto:cip@cgiar.org)  
Web: [www.cipotato.org](http://www.cipotato.org)

## AUTORES

### CAPÍTULO 1 LA PAPA EN ECUADOR

*Héctor Andrade\**  
*Odilie Bastidas*  
*Stephen Sherwood*

### CAPÍTULO 2 BOTÁNICA Y MEJORAMIENTO GENÉTICO

*Xavier Cuesta\**  
*Héctor Andrade*  
*Odilie Bastidas*  
*Rodrigo Quevedo*  
*Stephen Sherwood*

### CAPÍTULO 3 MANEJO AGRONÓMICO

*Pedro Oyarzún\**  
*Fernando Chamorro*  
*Juan Córdova*  
*Fausto Merino*  
*Franklin Valverde*  
*José Velázquez*

### CAPÍTULO 4 MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

*Pedro Oyarzún\* (enfermedades)* *Patricio Gallegos\* (plagas)*  
*César Asaquibay*  
*Greg Forbes*  
*José Ochoa*  
*Betty Paucar*  
*Marcelo Prado*  
*Jorge Revelo*  
*Stephen Sherwood*  
*Fausto Yumisaca*

### CAPÍTULO 5 POSCOSECHA

*Hernán Naranjo\**  
*Nicola Mastrocola*  
*Manuel Pumisacho*

### CAPÍTULO 5 SOCIOECONOMÍA

*Patricio Espinosa\**  
*Luis Mendoza*  
*Fabián Montesdeoca*  
*Marcelo Racines*

---

\* Coordinador del capítulo

**CONTENIDO**

Lista de cuadros .....	13
Lista de figuras .....	14
Agradecimiento .....	15
Presentación .....	17
Introducción .....	19

*Capítulo 1*  
**LA PAPA EN ECUADOR**

Origen e importacia .....	21
Consumo .....	24
<b>Ecosistemas de la sierra</b> .....	24
Aspectos agroecológicos y climáticos .....	25
Suelos .....	27
Zonas productoras de papa .....	28

*Capítulo 2*  
**BOTÁNICA Y MEJORAMIENTO GENÉTICO**

<b>Botánica</b> .....	33
La planta .....	33
La flor .....	34
El fruto .....	35
Los tubérculos .....	36
<b>Mejoramiento genético</b> .....	37
Estrategias de mejoramiento tradicional .....	37
<b>Variedades de papa cultivadas</b> .....	42

*Capítulo 3*  
**MANEJO AGRONÓMICO**

Selección y preparación del suelo .....	51
Labranza .....	52
Época de preparación .....	52
Labores de preparación .....	52
Sistemas de labranza .....	53
Conservación .....	53
El Sistema de Wachu rozado .....	54

<b>Fertilización</b> .....	54
Características generales de los suelos .....	55
Requerimientos nutrimentales .....	56
Nitrógeno (N) .....	57
Fósforo (P) .....	60
Potasio (K) .....	63
Azufre (S) .....	65
Compatibilidad química de los fertilizantes .....	66
Abonos foliares .....	68
Abonos orgánicos .....	68
Respuesta de la papa a la aplicación de abonos orgánicos .....	69
Análisis químico del suelo .....	69
Fertilización de acuerdo con el análisis .....	71
Interpretación del análisis y cálculo de fertilizantes .....	71
<b>Siembra y semilla</b> .....	76
Siembra y densidad de siembra .....	76
Densidad de siembra y rendimientos .....	78
Cálculo de las distancias de siembra y la cantidad de semilla requerida .....	79
Profundidad y ubicación de la siembra en el suelo .....	80
<b>Prácticas culturales</b> .....	81
<b>Cosecha</b> .....	82

*Capítulo 4*

**MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES**

Aspectos generales .....	85
Cómo enfrentar enfermedades y plagas según el MIP .....	86
Estrategias generales de MIP .....	87
Instrumentos de apoyo para la toma de decisiones .....	88
<b>Métodos de manejo</b> .....	90
Prácticas culturales .....	90
Medidas sanitarias preventivas .....	92
Control Biológico de Enfermedades .....	93
<b>Enfermedades</b>	
<b>Enfermedades foliares causadas por hongos</b> .....	98
Tizón tardío, lancha .....	98
Tizón temprano, lancha temprana o café .....	105
Oidiosis, oidium o mildiu polvoso .....	106
Roya .....	107
Septoriosis .....	107
Moho gris .....	108
<b>Enfermedades causadas por hongos del suelo</b> .....	109
Carbón .....	109
Lanosa o torbo .....	110
Rhizoctoniasis o costra negra .....	111
Pudrición seca .....	113

Marchitez . . . . .	114
Marchitez por verticillium . . . . .	115
Pudrición basal . . . . .	115
Esclerotiniosis . . . . .	116
Roña o sarna polvorienta . . . . .	117
Pudrición acuosa . . . . .	118
<b>Enfermedades causadas por nematodos</b> . . . . .	119
El nematodo del quiste . . . . .	119
Utilización de los niveles de tolerancia . . . . .	122
Cultivos no-hospedantes . . . . .	123
Barbecho . . . . .	124
<b>Enfermedades causadas por bacterias</b> . . . . .	125
Pierna negra o pie negro . . . . .	125
Sarna común . . . . .	126
Marchitez bacteriana . . . . .	127
<b>Enfermedades causadas por virus</b> . . . . .	128
Amarillamiento de las venas de la papa (PYVV) . . . . .	129
Virus del enrollamiento de las hojas (PLRV) . . . . .	129
Virus leves o latentes (PVX, PVYS) . . . . .	130
Mosaico severo (PVY) . . . . .	131
<b>Plagas</b>	
<b>Plagas del tubérculo</b> . . . . .	132
Gusano blanco . . . . .	132
Polilla de la papa . . . . .	136
Pulgón . . . . .	139
<b>Plagas del follaje</b> . . . . .	139
Pulguilla . . . . .	139
Trips . . . . .	140
Mosca minadora . . . . .	140
Gusano tungurahua . . . . .	141
<b>Malezas</b>	
Estrategias de manejo integrado . . . . .	144
Recomendaciones generales de manejo . . . . .	145
Antes de la siembra . . . . .	145
Durante el cultivo . . . . .	146
Aspectos importantes para la aplicación de los herbicidas . . . . .	148
Manejo de malezas después del cultivo de papa . . . . .	149
<b>Factores abióticos en el cultivo de papa</b>	
Heladas . . . . .	149
Altas temperaturas . . . . .	150
Granizo . . . . .	150
Sequía . . . . .	150
Grietas y magulladuras del tubérculo . . . . .	151
Nudosidad y formas irregulares . . . . .	151
Corazón marrón y corazón hueco . . . . .	151
Punta translúcida, punta blanda (gelatinosa) . . . . .	152
Puntas marrones o necrosis por calor . . . . .	152

Puntas marrones o necrosis por calor . . . . .	152
Lenticelosis . . . . .	152
Corazón negro . . . . .	152
Deficiencias nutricionales . . . . .	152
<b>Uso de plaguicidas</b>	
Costos verdaderos de plaguicidas. . . . .	153
<b>Insecticidas</b> . . . . .	154
Clasificación de los insecticidas . . . . .	155
<b>Fungicidas</b> . . . . .	156
Absorción y transporte. . . . .	157
Fungicidas protectantes (preventivos) . . . . .	157
Fungicidas sistémicos (curativos). . . . .	160
Resistencia a fungicidas . . . . .	161
<b>Herbicidas</b> . . . . .	161
Selectividad . . . . .	161
Modo de acción . . . . .	162
Mecanismos de acción . . . . .	162
Época de aplicación . . . . .	163
Grupo químico . . . . .	163
Formulaciones . . . . .	163
<b>Manejo y aplicación de plaguicidas</b> . . . . .	164
Etiqueta . . . . .	165
Toxicidad del producto . . . . .	165
Compra y almacenamiento . . . . .	165
Dosificación . . . . .	166
Preparación de la dilución . . . . .	166
Preparación de mezclas . . . . .	166
Manejo de derrames . . . . .	166
<b>Equipos de aplicación</b> . . . . .	167
Aspersor de mochila . . . . .	167
Aspersor movido por tractor . . . . .	167
Nebulizadores . . . . .	167
Espolvoreos . . . . .	167
Aplicación en el campo . . . . .	168
Primeros auxilios . . . . .	168
Manejo de envases usados . . . . .	169

*Capítulo 5*  
**POSCOSECHA**

Pérdidas . . . . .	171
Factores físicos . . . . .	171
Factores fisiológicos . . . . .	172
Factores patológicos . . . . .	173
Estrategias generales de reducción de pérdidas . . . . .	175

<b>Fisiología y manejo de la papa</b> .....	176
Respiración y transpiración .....	176
Factores que influyen en la respiración y transpiración .....	177
Estados fisiológicos del tubérculo-semilla .....	177
<b>Actividades poscosecha de papa consumo</b> .....	179
Almacenamiento .....	179
<b>Procesamiento de la papa en el Ecuador</b> .....	181
Volumen y modalidades de procesamiento .....	181
Características para la industria .....	182
<b>Almacenamiento y manejo de tubérculo-semilla</b> .....	183
Principios .....	183
Factores que afectan la calidad del tubérculo-semilla almacenado .....	184
Actividades poscosecha y almacenamiento de tubérculo-semilla .....	185

*Capítulo 6*  
**SOCIOECONOMÍA**

Hábitos de compra .....	189
Preferencias y consumo .....	189
<b>Uso del análisis sensorial para medir la aceptación de clones promisorios</b> .....	192
Análisis sensorial .....	192
Selección de clones según parámetros físicos y químicos .....	192
Evaluación de los clones a través del panel interno .....	193
Evaluación de la aceptación de los clones a través del panel externo .....	193
Experiencias con la implementación de esta metodología .....	193
<b>Evidencia de impacto económico</b> .....	194
<b>Costos de producción</b> .....	196
Requerimientos generales de información .....	197
Contabilidad de costos .....	197
Matrices y hojas de cálculo .....	197
Registro de información .....	198
Cálculo y análisis .....	206
<b>Bibliografía</b> .....	213

## LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1. Producción de papa en América del Sur (1995-1997)
- Cuadro 2. Producción de papa en 1993 y proyección de crecimiento para el año 2020
- Cuadro 3. Temperatura de las ciudades principales de la Sierra
- Cuadro 4. Distribución de la radiación solar
- Cuadro 5. Principales limitantes de la producción de papa y fuentes de resistencia
- Cuadro 6. Variedades de papa sembradas por zonas de cultivo
- Cuadro 7. Principales características de las variedades mejoradas de papa cultivada en Ecuador
- Cuadro 8. Principales características de las variedades nativas de papa cultivada en Ecuador
- Cuadro 9. Extracción total de nutrientes por el cultivo de papa para diferentes niveles de producción
- Cuadro 10. Fuentes de nitrógeno
- Cuadro 11. Rendimiento de papa en diferentes épocas de aplicación de fósforo, en cuatro localidades de la provincia Chimborazo, 1996
- Cuadro 12. Fuentes de fertilizantes potásicos más comunes
- Cuadro 13. Principales fuentes de azufre
- Cuadro 14. Cantidad de nutrientes presentes en diversas fuentes de MO.
- Cuadro 15. Interpretación del análisis químico de suelos y recomendaciones generales de fertilización.
- Cuadro 16. Hoja de entrega de muestra de suelo
- Cuadro 17. Reporte de análisis de suelos
- Cuadro 18. Cálculo de la cantidad de fertilizante compuesto a aplicar usando 18-46-00
- Cuadro 19. Recomendaciones de fertilización
- Cuadro 20. Días de madurez de las variedades cultivadas en Ecuador
- Cuadro 21. Algunas enfermedades de la papa cuya intensidad disminuye tras la incorporación o enmienda con materia orgánica de ciertos orígenes
- Cuadro 22. Relaciones entre antagonistas y patógenos de papas y su probable mecanismo de acción
- Cuadro 23. Fungicidas y adherentes más comunes para el control del *Tizón tardío*
- Cuadro 24. Efecto de los fungicidas más importantes para el control de la lancha, (causado por *P. infestans*) en Ecuador.
- Cuadro 25. Escala para estimación del *Tizón* en el follaje
- Cuadro 26. Escala de severidad de la infección basado en el grado de cobertura con esclerocios en el tubérculo
- Cuadro 27. Escala para la valoración de sarna de pradera y sarna polvorienta
- Cuadro 28. Umbral de daño y nivel de equilibrio del nematodo del quiste de la papa
- Cuadro 29. Resumen de los principales tipos de nematodos que atacan los cultivos en suelos livianos
- Cuadro 30. Esquema de manejo integrado de *Globodera pallida* por niveles de población
- Cuadro 31. Principales malezas según zonas de cultivo
- Cuadro 32. Grado de nocividad de las malezas que se presentan en el cultivo de papa
- Cuadro 33. Herbicidas recomendados para el manejo de las malezas en papa
- Cuadro 34. Clasificación de insecticidas relacionados con el cultivo de la papa
- Cuadro 35. Fungicida protectores usados en campo para controlar *P. infestans*
- Cuadro 36. Fungicidas sistémicos usados en papa para controlar *P. infestans*
- Cuadro 37. Clasificación de los herbicidas utilizados en la producción de papa
- Cuadro 38. Grado de toxicidad de los plaguicidas
- Cuadro 39. Peso de tubérculos por tamaño
- Cuadro 40. Volumen de procesamiento de papa por la industria y los restaurantes, 1997-1998
- Cuadro 41. Porcentaje de materia seca de las principales variedades utilizadas por la industria
- Cuadro 42. Preferencia de tubérculos por grupos de edad

- Cuadro 43. Compra per cápita anual de raíces y tubérculos (kg)
- Cuadro 44. Beneficio neto al pasar de la tecnología local a la tecnología mejorada
- Cuadro 45. Registro de uso de mano de obra
- Cuadro 46. Registro de uso de insumos
- Cuadro 47. Inventario y depreciación de materiales, equipos de campo y construcciones
- Cuadro 48. Registro de uso de maquinaria agrícola para la producción de papa
- Cuadro 49. Registro de la producción de papa
- Cuadro 50. Registro de ventas
- Cuadro 51. Ejemplo de costos de producción de papa comercial en Carchi

### **LISTA DE FIGURAS**

- Figura 1. Tasas de crecimiento proyectadas para los cultivos alimenticios en los países en desarrollo para el año 2020
- Figura 2. Patrón de producción vegetal a diferentes latitudes
- Figura 3. Zonas productoras de papa
- Figura 4. Esquema de mejoramiento del INIAP
- Figura 5. Efectos del pH en la disponibilidad de nutrientes y otros elementos en el suelo
- Figura 6. Dosis óptima fisiológica (DOF) y dosis óptima económica (DOE), en función del precio del producto y los costos del fertilizante (nitrógeno) 2000
- Figura 7. Dosis óptima fisiológica (DOF) y dosis óptima económica (DOE), en función del precio del producto y los costos del fertilizante (fósforo) 2000.
- Figura 8. Compatibilidad química de algunos fertilizantes
- Figura 9. Diagrama de la forma de muestreo de suelos
- Figura 10. Elementos para el cálculo de tallos productivos
- Figura 11. Ciclo de vida del nematodo
- Figura 12. Ciclo biológico del gusano blanco
- Figura 13. Comportamiento del adulto de gusano blanco.

## AGRADECIMIENTOS

Los editores desean reconocer a todos los agricultores, experimentadores e investigadores profesionales que han dedicado su creatividad y mística para la generación de ideas y prácticas a fin de mejorar el manejo del cultivo de papa en nuestro país. Extendemos un especial agradecimiento a los numerosos autores de este libro, investigadores de los programas y departamentos del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Nuestro reconocimiento al Centro Internacional de la Papa (CIP), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Escuela Politécnica del Ejército (ESPE). En total, cerca de 30 expertos nacionales e internacionales, en diversas áreas de producción y mercadeo, se involucraron en los talleres para compartir e integrar sus experiencias acumuladas a través de muchos años de trabajo con el cultivo.

El trabajo demandó el apoyo especial de un comité técnico que merece reconocimiento particular:

Dr. Pedro Oyarzún, fitopatólogo y Asesor Técnico del Programa Nacional de Raíces y Tubérculos rubro Papa del INIAP.

Ing. Iván Reinoso, economista agrícola y Líder del Programa Nacional de Raíces y Tubérculos rubro Papa del INIAP.

Dr. Gregory Forbes, fitopatólogo y Jefe de Misión del CIP en Ecuador.

Ing. Patricio Espinosa, economista agrícola, CIP.

Deseamos reconocer a las principales entidades que apoyaron la realización de esta iniciativa, especialmente a:

La Cooperación Suiza para el Desarrollo (COSUDE), por el financiamiento brindado al proyecto FORTIPAPA que lideró los talleres y la producción del libro, así como al Proyecto Papa Andina por el aporte económico para la producción final.

Global IPM Facility y el Proyecto PCT/ECU/0067 de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) por su apoyo técnico y financiero.

## PRESENTACIÓN

La papa ha sido por milenios un cultivo de alta prioridad en el Ecuador. Hoy en día, los agricultores del país siembran anualmente cerca de 66.000 hectáreas de este cultivo. Las condiciones modernas de producción han contribuido a que el cultivo enfrente muchos problemas que ponen en peligro el bienestar económico de los productores y la seguridad alimentaria del país. Por ejemplo, debido en parte al intenso uso de pesticidas, han surgido plagas secundarias como la mosca blanca y la mosca minadora, constituyéndose en problemas y amenazas graves. Además, las migraciones de organismos como la polilla guatemalteca, han contribuido a crear nuevos problemas fitosanitarios.

El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y el Centro Internacional de la Papa (CIP), entre otros actores, conjuntamente con numerosos agricultores y colaboradores se dedican a buscar alternativas para responder a la cambiante situación agrícola del país. En el año 1984, el INIAP publicó un recurso exclusivo sobre el cultivo de la papa en Ecuador. Entonces, la orientación del Instituto se centraba en el uso de agroquímicos. Con el tiempo hemos adoptado enfoques que integran cada vez más factores socioeconómicos y ecológicos de la producción en el campo, así como otros elementos más amplios de la cadena agroalimentaria.

Desde la última publicación, el INIAP y sus colaboradores han logrado muchos avances en procesos y tecnologías para el cultivo de la papa. A través de las metodologías de investigación participativa, se han liberado en forma más eficiente y efectiva ocho variedades mejoradas de acuerdo con las demandas de los mercados de consumo en fresco y de la agroindustria. También, los programas de investigación han progresado en la comprensión de los diversos factores limitantes de la producción y han contribuido a generar nuevas recomendaciones para el manejo integrado del cultivo, incluyendo el uso de semilla de calidad y el manejo integrado de suelos, plagas y enfermedades.

La agricultura es altamente dinámica. Las nuevas condiciones de los mercados, plagas y otros factores demandan una innovación continua de parte de los agricultores. Dada esta situación, el trabajo dedicado y constante de las instituciones de investigación como el INIAP, CIP y universidades busca ofrecer aportes puntuales que beneficien directamente a los agricultores. Para el INIAP y el CIP es muy grato poner al servicio de los profesionales, técnicos, estudiantes y productores el libro *El Cultivo de papa en Ecuador*. Esperamos que sirva como una fuente de consulta y que contribuya al desarrollo del rubro papa en el país.

*Gustavo Enríquez*  
**Director General INIAP**

*Hubert Zandstra*  
**Director General CIP**

# INTRODUCCIÓN

*El Cultivo de Papa en Ecuador* aspira presentar los actuales conocimientos del país en los diversos aspectos técnicos de producción y manejo del cultivo. Fue el producto de dos años de talleres y reuniones de edición para compilar e integrar la experiencia de cerca de 30 técnicos de laboratorio y de campo, provenientes de diversas instituciones.

Gran parte de la información presentada proviene de estudios realizados en Ecuador. Para los casos en los que no existía estudios en el país, los autores consideraron las experiencias de países vecinos. Organizamos equipos de expertos de acuerdo con seis temas relacionados con la planta, su siembra y desarrollo en el campo hasta la cosecha y comercialización. Cada grupo fue liderado por un coordinador que se responsabilizó por el desarrollo del capítulo. Trabajamos en una serie de talleres para diseñar capítulos y sistematizar experiencias e información externa. Posteriormente, un Comité Técnico, compuesto por cuatro expertos a nivel nacional e internacional revisó los contenidos.

Los primeros dos capítulos presentan información general sobre el cultivo de papa en el país. El Capítulo 1 presenta el origen del cultivo en el Ecuador y su importancia actual. Además, describe los distintos ecosistemas de la sierra y sus correspondientes sistemas de producción. El Capítulo 2 presenta la fisiología de la planta, las estrategias de mejoramiento genético del INIAP y las características de las variedades nativas y mejoradas más comúnmente cultivadas.

Los Capítulos 3 y 4 presentan el proceso de manejo de la papa en el campo. El Capítulo 3 incluye información sobre los sistemas de labranza, siembra, fertilización, prácticas culturales y la cosecha de papa. Después de presentar bases conceptuales del Manejo Integrado de Plagas/Pestes (MIP), el capítulo 4 describe las principales plagas del país y comparte experiencias sobre su manejo. Incluye una sección sobre los pesticidas más comunes, sus efectos en la salud humana y en la productividad, tanto como el manejo adecuado de los mismos.

Los últimos dos capítulos se centran en aspectos socioeconómicos del cultivo en Ecuador y asuntos de poscosecha. El Capítulo 5 presenta temas relacionados con el procesamiento y almacenamiento de papa para el consumo y de tubérculo-semilla. El Capítulo 6 describe los hábitos de compra y el impacto económico de distintas variedades y tecnologías diseminadas. Además, éste incluye una explicación de cómo calcular los costos de producción.

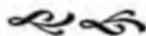
Incluimos al final una bibliografía de los estudios realizados sobre el cultivo en el país. Las fuentes están organizadas de acuerdo con el diseño del libro; se puede encontrar la mayoría de estas referencias en las bibliotecas del INIAP y CIP, en la Estación Experimental Santa Catalina.

El reto de compilar y sintetizar las diversas experiencias con respecto al manejo de papa en Ecuador ha sido formidable. Estamos conscientes de que esta primera edición puede ser complementada y nos responsabilizamos por los posibles errores y ausencia de información. Esperamos recibir sus comentarios para enriquecer futuras ediciones. Nuestra esperanza es que el libro se considerado un recurso válido para estudiantes, extensionistas y otras personas interesadas en el cultivo de papa.

*Manuel Pumisacho y Stephen Sherwood*  
Editores

## CAPÍTULO 4

# MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES



### Aspectos generales

En este libro usamos el término *plaga* y *peste* para referirnos al conjunto de anomalías que ocurren durante el crecimiento y funcionamiento del cultivo causadas por agentes bióticos y abióticos. Esta definición incluye además de insectos a las enfermedades causadas por hongos, bacterias, virus y aquellas causadas por factores como deficiencias nutricionales, salinidad y granizos.

Actualmente, la mayoría de los técnicos y extensionistas están familiarizados con el término “manejo integrado”. Sin embargo, la comprensión y las consecuencias prácticas de este concepto están lejos de ser implementadas en el país. De hecho, el Ecuador no ha sido inmune a los desarrollos en los campos del agronegocio, el mercadeo y la manufactura a escala comercial. Esto, en el mejor de los casos, ha reducido el concepto Manejo Integrado de Plagas (MIP) en papas a un “manejo integrado de pesticidas” y la utilización de variedades resistentes.

La idea de cambiar radicalmente la forma enteramente química de proteger al cultivo surgió inmediatamente después de la Segunda Guerra Mundial. Sin embargo, no fue hasta los años 70, con el auge de la revolución verde y las preocupaciones por los daños a la salud humana y al medio ambiente causados por el uso de plaguicidas, que el MIP se consolidaba como movimiento.

Otro factor decisivo que puso fin al “quimismo” fue el desarrollo de resistencias a los plaguicidas modernos por una gran cantidad de parásitos, ocasionando enormes pérdidas económicas al productor y a la industria. Un buen ejemplo muy presente en el país es el caso de resistencia al metalaxyl en *Phytophthora infestans*. También existen varios casos de resistencia en insectos. Los ejemplos más relevantes son en el cultivo de algodón en México, Nicaragua y Perú, donde se llegó hasta 26 aplicaciones por cultivo.

Las consecuencias negativas del uso de carbofuran para la salud (desórdenes neuro-psicológicos y psicomotores) entre los productores del Carchi fueron documentados detalladamente en los años 90. El surgimiento de nuevas plagas al tratar de eliminar otras ha sido también recurrente. Recientemente, la explosión de

la mosca minadora en las papas, ocurrida en el Carchi, probablemente se debió en conjunción con un clima conducivo y al uso masivo de insecticidas por parte de los productores para combatir a la polilla Guatemalteca *Tecia solanivora*, entre otros insectos.

En términos generales, el MIP es simplemente el manejo del agroecosistema a favor del agricultor. El MIP propone una estrategia de manejo que, tomando en cuenta la socioeconomía y ecología de la finca, utiliza todos los métodos y técnicas apropiadas y disponibles para promover la salud y productividad del cultivo. La prevención, el uso de umbrales y sistemas de apoyo a decisiones son elementos claves en el MIP. Un productor de papas que practique MIP necesita evaluar diversos balances agroecológicos en el cultivo, por ejemplo:

- si existe un nivel de plagas en el cultivo que justifique el control
- si existe mecanismos naturales de control que limiten el efecto o la densidad de las poblaciones y
- si el efecto del daño real es considerable como para afectar los rendimientos.

Al desarrollar una estrategia de manejo integrado, el agricultor necesita tomar en cuenta la complejidad biológica del cultivo y entender que la manipulación de una parte tiene efectos en todo el sistema. Necesita saber cuales son los requerimientos específicos del cultivo y las limitaciones del sitio de cultivo antes de examinar las opciones de manejo que minimicen los riegos y el estrés durante el ciclo de cultivo.

Así, el MIP no se centra simplemente en promover tecnologías de control de plagas y enfermedades, sino el desarrollo de los conocimientos del agricultor y su capacidad de toma de decisiones. Requiere conocimientos básicos sobre el cultivo y la agroecología y habilidades prácticas. En los próximos párrafos describimos conceptos de MIP, para a continuación presentar información sobre las principales enfermedades y plagas que afectan al cultivo de papa en el país.

### **Cómo enfrentar enfermedades y plagas según el MIP**

Cuando nos enfrentamos a una peste, el objetivo principal es manejarla y no combatirla. Es decir que se debe implementar un conjunto de actividades y métodos de control que se apoyen unos a otros, planificando y ejecutando cuidadosamente en un ámbito que vaya más allá del ciclo del cultivo. Estas actividades se refieren en particular a la sucesión de cultivo en la rotación, a las labores de preparación del suelo y al manejo de una enfermedad o plaga en el campo y durante el periodo de almacenamiento. El manejo de un problema fitosanitario requiere muchas veces, además de una buena comprensión de las complejidades agroecológicas, la cooperación entre productores de la región y el apoyo de normas y políticas.

Al organizar la estrategia de protección del cultivo, el agricultor debe proceder en forma sistemática. Para ello debe estar en condiciones de:

- Identificar y priorizar los problemas fitosanitarios que históricamente han ocurrido en el cultivo, en la parcela o en la finca. ¿Cuáles de ellos son los más tolerables y los de más efecto?
- Identificar qué plagas o enfermedades son manejables y cuáles son las opciones de manejo. Por ejemplo, muchas enfermedades cuyo origen está en el suelo pueden no ser manejables debido a que no es posible ampliar las rotaciones, a que no existen productos para la desinfección del suelo o éstos son demasiado caros para el productor.
- Seleccionar un conjunto de prácticas de manejo apropiadas e integrarlas. Este paso exige muchos conocimientos. Las tácticas empleadas deben ser tales que sus efectos en el sistema completo sean compatibles interna y externamente. Se deben evaluar las distintas *relaciones de intercambio* y evitar que ciertas opciones de manejo de un factor pueden agravar la severidad de otro.

### **Estrategias generales de MIP**

Existen tres estrategias generales detrás del MIP:

- **Excluir o evadir los organismos que causan daño al cultivo:** Se trata de evitar el contacto entre el cultivo y el organismo-plaga, por ejemplo, previniendo la introducción y distribución de *Tecia solanivora* en regiones que a la fecha están libres de este organismo. Las medidas de exclusión son particularmente útiles para evitar la introducción de enfermedades a través de la semilla. El comercio internacional de semillas ha sido el mecanismo principal en la dispersión de nuevas formas de lancha (*Phytophthora infestans*) en el mundo. Además, la termoterapia y la micropropagación por meristema, que permite limpiar las variedades de los organismos causantes de la degeneración, están dentro de las herramientas de exclusión disponibles. También incluye precauciones sanitarias, como la limpieza de la maquinaria y la higiene en general, la desinfección de la semilla, las regulaciones gubernamentales de cuarentena y los procedimientos de certificación de semillas. Una excelente medida de precaución es la selección y uso de terrenos no contaminados.
- **Limitar el nivel inicial de la población de organismos plagas:** En particular, se aspira a reducir los niveles iniciales de la población peste a niveles mucho más bajos que aquellos que pueden causar pérdidas económicas. Esto es particularmente útil para muchas enfermedades y plagas del suelo. La rotación de cultivos, cultivos intercalados, la fumigación del suelo, la remoción de sitios de sobrevivencia (amontamiento de desechos y plantas voluntarias), la desinfección de la semilla y la aradura profunda para incorporar residuos son prácticas que el agricultor debe considerar.
- **Minimizar el desarrollo de las enfermedades y plagas insectiles en el cultivo:** Aquí, tenemos especialmente el uso de plaguicidas, el uso de

variedades resistentes, ajustes en la densidad y distanciamiento de siembra, la orientación de los surcos y las prácticas de manejo de fertilidad y riego.

### **Instrumentos de apoyo para la toma de decisiones**

Las varias acciones de manejo de plagas deberían seleccionar ideas basadas en el conocimiento previo de la ecología del cultivo. Estas opciones están definidas en las dos primeras estrategias enunciadas anteriormente. Sin embargo, existe una variedad de instrumentos de apoyo a las decisiones, incluyendo el análisis del agroecosistema, diversos conceptos de umbrales y sistemas de producción.

#### **Análisis del Agroecosistema (AAE)**

El análisis del agroecosistema es la parte central de las Escuelas de Campo de Agricultores, una metodología que INIAP, CIP y diversas otras organizaciones están usando para desarrollar más conciencia sobre el cultivo y mejorar la práctica de MIP en Ecuador. Los capacitadores enseñan a los participantes cómo tomar muestras de los diversos factores que influyen sobre la salud del cultivo, como por ejemplo la población de insectos plaga y benéficos, la presencia de enfermedades, malezas, crecimiento del cultivo y síntomas de desnutrición y la humedad del suelo. Los agricultores producen un dibujo que sistemáticamente representa la condición del cultivo y del campo, poniendo una planta típica en el centro y los factores positivos y negativos en diferentes lados de la planta. Posteriormente, se describe la situación y se definen acuerdos sobre acciones a tomar para asegurar el buen desarrollo del cultivo. El AAE representa un instrumento práctico para aumentar los criterios aplicados a la toma de decisiones, en particular, se pone atención en consideraciones holísticas antes de usar plaguicidas

#### **Umbrales**

Uno de los instrumentos de apoyo más útiles es el concepto de umbral. Tres son los umbrales más utilizados. El más simple es el *Umbral de Daño* (UD) o el punto en que una población de insectos o cierta cantidad de enfermedades alcanza una magnitud suficientemente grande para afectar la producción o la calidad del cultivo. Segundo, es el *Umbral de Pérdidas Económicas* (UPE), que se refiere a un punto en que las pérdidas financieras potenciales exceden el costo de manejo. Por lo tanto, para evitar una pérdida neta, se debe tomar una medida correctiva antes de alcanzar este punto. Por último, el momento en que se deben tomar medidas correctivas se llama *Umbral de Acción* (UA). Este es el punto cuando el costo de intervención es igual a la cantidad de pérdida ocasionada por el nivel por la peste alcanzado.

El productor debe evaluar las múltiples enfermedades y plagas en el campo durante el desarrollo del cultivo y decidir en forma oportuna las medidas a tomarse. La observación, muestreo y diagnóstico continuos, como el AAE, son actividades esenciales. En general, el productor estima intuitivamente el UA. Los economistas lo calculan de la siguiente manera:



INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

UA = Costo del control (USD/ha) / valor de la papa (USD/kg) X coeficiente de daño (kg/ha/#plaga/ha)\*

Nótese que es útil aplicar estos conceptos antes y durante el periodo del cultivo. Se puede aplicar el concepto de umbrales a diversas situaciones, por ejemplo a enfermedades y calidades de semilla, a los niveles de infestación del suelo, a la infestación por áfidos, a las correcciones en la nutrición y a una amplia variedad de plagas y enfermedades que ocurren durante el ciclo de cultivo.

### **Sistemas de predicción**

En la actualidad están disponibles en todo el mundo, sistemas de predicción de la irrupción de plagas o enfermedades de la papa. Sin embargo, el uso de estos sistemas en el Ecuador es muy limitado, principalmente debido a las complejidades de la ecología en la que ocurre el cultivo de papa. En otros países, muchos sistemas han sido desarrollados para monitorear el tizón tardío, (causado por *Phytophthora infestans*), tizón temprano (*Alternaria solani*), y plagas insectiles como el escarabajo colorado (*Leptinotarsa decimelineata*). Su valor principal consiste en determinar si existen condiciones favorables para el desarrollo de plagas y cuándo es más probable que aparezcan problemas fitosanitarios en el cultivo. Dichos sistemas forman la base para la ejecución supervisada de esquemas de aplicación de plaguicidas. Entre los sistemas más conocidos se encuentran el BLITECAST, POTATO CROP MANAGEMENT, HYRE, PROFY y PLANT PLUS.

### **Aspectos legales**

El manejo integrado de plagas y enfermedades requiere una definición en términos del sistema de producción y de las necesidades de todos los involucrados. Por lo tanto, es evidente que el MIP trasciende los límites de la finca y requiere un apoyo político. Las leyes y su administración por el gobierno nacional y los gobiernos locales pueden tener importantes contribuciones en la práctica de MIP y en la reducción de efectos colaterales de plaguicidas. Recientemente se han tomado acciones en el país para fortalecer este componente, pero con pocos resultados hasta la fecha.

Entre otros factores importantes de la política, se puede incluir:

- la política de precios de los plaguicidas y subsidios directos e indirectos
- la prohibición y autorización de uso de plaguicidas, en particular aquellos de alta toxicidad y residual en el medio ambiente

\* Esta fórmula depende del procedimiento de muestreo para estimar la población de una plaga en particular.

- el control de reglamentaciones, la orientación y la filosofía de las organizaciones de servicio técnico y desarrollo rural
- el pénsum de las escuelas rurales, secundarias y universidades
- los flujos de información para los miembros de la cadena de producción
- el establecimiento de medidas cuarentenarias
- la certificación de semillas
- fijación de umbrales de contaminación ambiental y de los productos
- la mediación en litigios por externalidades

### **Métodos de manejo**

El MIP es más una filosofía que una tecnología. Por eso no ofrece recetas fijas de cómo se debería cultivar la papa. La combinación de estrategias y formas utilizadas en cualquier campo específico debe variar, según la situación política, económica y ecológica. La juiciosa elección de métodos es función de una buena comprensión de diversos conceptos. A continuación presentamos algunas de las prácticas de MIP más importantes.

### **Prácticas culturales**

El agricultor debe estar consciente de que la actividad agrícola es la principal causa de la irrupción de plagas, malezas y enfermedades. El monocultivo (en tiempo o espacio), los patrones de rotación inapropiados o demasiados cortos, la deficiente calidad fitosanitaria de la semilla, la uniformidad genética del material plantado a nivel de parcela, provincia y región o la intensificación del uso del espacio crean condiciones ideales para el desarrollo de pestes. Sin embargo, el agricultor posee diversas oportunidades para manejar esta situación a su favor. Las herramientas incluyen la manipulación de la diversidad de especies sembradas, el tipo de la variedad plantada, el uso de variedades o cultivos intercalados, las prácticas y métodos de preparación del suelo y del cultivo, el saneamiento, las alteraciones de las densidades de siembra, fechas de siembra y cosecha, la extensión y tipo de la rotación, las alteraciones de la fertilidad y la aplicación de riego. A modo de ilustración, trataremos más detalladamente las prácticas culturales normalmente más relevantes para lograr el MIP.

#### ***Rotación***

La rotación de cultivos es más efectiva contra las plagas que tienen mecanismos limitados de dispersión. Este es el caso de muchos patógenos y plagas del suelo que poseen un rango limitado de plantas huéspedes o están especializados fisiológicamente. Un buen ejemplo es el gusano blanco, para lo cual la rotación es una medida muy efectiva. Cuanto más móvil y polífaga es la plaga, menos efectiva es la rotación.

En caso de fuertes infestaciones de la parcela, se puede rotar con cultivos antagonicos. Estos inducen la actividad de la peste o interfiere con su capacidad de multiplicarse, agotando así su energía y reduciendo su número. El chamico (*Datura stramonium*) induce la germinación de las zoosporas de sarna polvorienta (*Spongospora subterranea*), disminuyendo el inóculo en el próximo cultivo de papa. Rotaciones con chocho (*Lupinus mutabilis*) pueden reducir considerablemente las poblaciones de nematodos del quiste.

Idealmente, las rotaciones con papa no deberían ser menos de un cultivo de papa seguido por cinco cultivos de otras familias (p.e., papa-haba-cebada-pasto-pasto-pasto). Este sistema sirve para evitar la proliferación de plagas y patógenos dentro del ecosistema. Sin embargo, en muchas partes del país, debido a la presión poblacional y de degradación del suelo, se ha reducido las rotaciones de papa a tres o dos ciclos del cultivo. Como resultado, hoy en día los agricultores están experimentando graves problemas fitosanitarios.

#### **Labranza y otras manipulaciones del suelo**

El método de preparación del suelo para la siembra influye marcadamente en el ambiente del suelo y con ello en las estructuras de sobrevivencia de muchos patógenos o parásitos. La labranza expone estas estructuras y organismos a la acción de enemigos naturales, a rápida desecación, a la radiación ultravioleta, o bien causa daños físicos directos. Los efectos sobre el gusano blanco se tratarán más adelante. El efecto sanitario de la inversión del prisma de suelo por uso del arado de vertedera ha sido demostrado frecuentemente. Sin embargo, los efectos del cincelado o de las cultivadoras prueban que un mínimo movimiento de la estructura puede ayudar a suprimir también enfermedades y plagas. Además, los aporques en las papas tienen una importancia sanitaria especial, pues se supone que limitan las infecciones del tubérculo por *P. infestans*, *Alternaria* y otros patógenos. Al mismo tiempo, son efectivos en el caso de insectos como las polillas barrenadoras del tubérculo.

#### **Fertilización**

El manejo del pH y la fertilización influyen fuertemente en la actividad patogénica o parasítica de una variedad de organismos. En general, las bacterias y los actinomicetos proliferan mejor en condiciones cercanas a un pH neutral. Es probable que la acidez de los suelos negros andinos explique a la vez la ausencia de marchitez bacteriana, causada por la bacteria *R. solanacearum*. En otros lugares se controla esta enfermedad subiendo el pH. Una buena nutrición con calcio aumenta la resistencia de los tejidos del tubérculo a la maceración causada por dicha bacteria. Los hongos, en general, poseen una mayor capacidad de adaptación a la actividad del ion hidrógeno y crecen mejor en suelos ácidos, donde encuentran menos problemas con antagonistas y competidores. Tradicionalmente problemas de sarna común (*Streptomyces scabies*) están relacionados con elevado pH y el uso de cal.

La fertilización nitrogenada reduce significativamente enfermedades de hongos como el *S. rolfii*, pero una fuerte fertilización aumenta la posibilidad de epidemias de tizón. A veces, el efecto del tipo de fertilización es indirecto. Por ejemplo, la fertilización por potasio incrementa las poblaciones de algunos *Penicillium sp.* enemigos de patógenos como el *Verticillium albo-atrum* o *Fusarium spp.* La fertilización nitrogenada en cambio disminuye la población de este antagonista.

#### **Incorporación de materia orgánica**

Una gran cantidad de residuos orgánicos pueden inducir, a través de la microflora y microfauna, efectos antagónicos contra enfermedades en el próximo cultivo (ver cuadro 21). La quema o separación de residuos priva de una importante fuente de energía a los microorganismos del suelo, hace al suelo más susceptible a procesos de erosión y es perjudicial para la construcción o mantenimiento de un nivel adecuado de materia orgánica. El uso de *compost* y el humus de lombriz de tierra son prácticas sencillas que proveen al productor de un excelente abono orgánico. Mediante este proceso muchas enfermedades, malezas y residuos tóxicos pueden ser eliminados, estabilizando al mismo tiempo los nutrientes. El productor debe estar alerta en la búsqueda y combinación de mejores alternativas. El sistema *wachu rozado* de la Provincia de Carchi (presentado en el Capítulo 3) es un sistema ancestral que, al parecer, tiene ventajas por su uso de materia orgánica.

Los residuos de un cultivo pueden transformarse en un problema si estos albergan plagas o enfermedades. Cuando hay problemas de sarna común, la aplicación de estiércol puede agravar sus efectos, especialmente si se ha encalado. En tales casos, se recomienda evitar el uso de estas enmiendas orgánicas y a la vez quemar o separar los restos del cultivo. También, se recomienda no colocar una alta cantidad de materia orgánica en la vecindad de la semilla. Las grandes cantidades de abono verde o estiércol animal en descomposición, además de afectar negativamente la cantidad de nitrógeno disponible, pueden favorecer el desarrollo de sarna, enfermedades causadas por *Pythium spp* e incrementar los daños provocados por algunas larvas de insectos. Las enmiendas orgánicas pueden tener diversos efectos en las enfermedades del suelo.

#### **Medidas sanitarias preventivas**

Las medidas sanitarias preventivas han recibido poca atención por parte de los productores y, en particular, de los servicios de asistencia técnica. Estas resultan básicas para el manejo de diversas enfermedades, especialmente en aquellas causadas por nemátodos. Estos se desplazan de una parcela a otra a través de suelos contaminados adheridos a la maquinaria, herramientas, botas o a través de semillas. Por el peligro de contaminación se debe eliminar las plantas voluntarias y tapar los amontonamientos de desechos de cosechas anteriores. Es muy importante que se entierre el suelo en un lugar donde no se cultiva lo que se acumula tras la selección de semillas, la limpieza y el ensacado. Por último se debe realizar la limpieza y desinfección de bodegas, lugares de almacenamiento y silos verdeadores.

**Cuadro 21. Algunas enfermedades cuya intensidad disminuye tras la incorporación o enmienda con materia orgánica de ciertos orígenes**

Enfermedad	Organismo causal	Fuente de materia orgánica
Marchitez	<i>V. Albo-atrum</i>	Paja de cebada
Sarna	<i>Streptomyces scabies</i>	Abonos verdes
Lancha	<i>Phytophthora infestans</i>	Paja de trigo + <i>T. harzianum</i>
Nematodos de la Lesión	<i>Pratylenchus penetrans</i>	Deshechos de celulosa avena, pasto Sudan
Nematodos nódulo de raíz	<i>Meioiodogynis incognita</i>	Alfalfa, lino

### Control Biológico de Enfermedades

#### **Organismos antagónicos**

Una gran cantidad de microorganismos benéficos (parásitos, comensalistas, depredadores, competidores y promotores de crecimiento) han sido identificados, multiplicados y formulados para su uso comercial. Varios de los antagonistas incluidos en el Cuadro 22 se encuentran disponibles en el mercado. Por ejemplo, existen al menos cinco productos comerciales basados en *Trichoderma spp.*, al menos dos en *Gliocladium spp.*, cuatro en *Bacillus subtilis* y una docena en *Pseudomonas fluorescens* y *P. siringae*, además de preparados para *Streptomyces griseoviridis* y *Agrobacterium*. No obstante su utilización para el manejo de enfermedades en papa no ha sido explotado mayormente.

El aporte de la microflora saprófita para el control de patógenos del suelo ha sido escasamente comprendido y explotado. Para el manejo de enfermedades presentes en el suelo, el productor puede decidirse por dos tácticas: directamente, con la introducción de algún organismo benéfico, o indirectamente, modificando las condiciones del suelo a favor de los organismos antagónicos naturales, por ejemplo mediante aplicaciones de enmiendas orgánicas. El problema central de los agentes biológicos (no de sus derivados) es que, como todo organismo vivo, necesitan de un ecosistema receptivo para realizar sus funciones. Por lo tanto, su uso requiere consideraciones específicas, tanto para el control de la enfermedad, como para la sobrevivencia de la antagonista.

**Cuadro 22. Relaciones entre antagonistas y patógenos de papas y su probable mecanismo de acción\***

Enfermedad	Organismo	Especie antagonista	Mecanismo de acción
Sarna común	<i>S. scabies</i>	<i>Pseudomonas fluorescens</i> <i>P. no-fluorescentes</i> <i>Enterobacter agglomerans</i> <i>Acinetobacter sp.</i>	Antibiosis Antibiosis Antibiosis Antibiosis
Rhizoctoniasis	R. Solani	<i>Verticillium bigutatum</i> <i>Trichodermas sp.</i> <i>Gliocladium roseum</i> <i>G. viridens</i> <i>Rhizoctonia binucleata</i> <i>Actinomyces sp.</i> <i>Enterobacter</i> <i>Bacillus subtilis</i>	Hiperparasitismo Hiperparasitismo Hiperparasitismo Hiperparasitismo Competencia Competencia Antibiosis Antibiosis
Pie negro	<i>Erwinia carotovora</i>	<i>E. agglomerans</i> <i>Acinetobacter spp.</i> <i>Pseudomonas fluorescens</i> <i>Pseudomonas putida</i>	
Fusarium rot	<i>Fusarium spp.</i>	<i>Fusarium</i> no-patógeno  <i>Pseudomonas spp. flourecentes.</i>	Competencia Protección cruzada. Promotoras e crecimiento
Sclerotinia	<i>S. sclerotiorum</i>	<i>Coniothyrium minitans</i>	Hiperparasitismo
Lancha	<i>P infestans</i>	<i>Scytalidium spp</i> <i>Scytalidium spp</i> <i>Bacillus subtilis IMP215</i> <i>Pseudomonas putida AR33</i> <i>Trichoderma viride</i> <i>Trichoderma harzianum</i> <i>Fusarium oxysporum</i> <i>MT0062</i> <i>Streptomyces spp</i> <i>Phytophthora criptozea</i>	Hiperparasitismo Antibiosis Antibiosis Antibiosis Antibiosis Antibiosis Induce resistencia en planta (RSA) RSA RSA

\* Nótese que muchos antagonistas suprimen más de una especie patógena o poseen más de un mecanismo de acción.

Aparte de un efecto antagónico directo, existen interacciones con el uso de productos químicos. Es bien conocido que muchas especies de *Penicillium* son insensibles a órgano-mercuriales y que el efecto de estos productos en el manejo de enfermedades de cuello en cereales se debe en parte a un mayor antagonismo. Lo mismo se ha observado en el efecto del *Quintozeen* en combinaciones con *Thrichoderma* dentro del manejo de *Sclerotium rolfsii* y otros patógenos. Sin embargo, el tratamiento con *Quintozeen* para manejar *Rhizoctonia solani* en ciertos suelos ha devenido en un aumento de especies de *Pythium* y *Fusarium*, debido a que este producto inhibe el desarrollo de especies de actinomicetos y muchos tipos de *Penicillium*. De allí surge la importancia de que el productor conozca bien la historia fitosanitaria de sus campos.

El fenómeno de que el tratamiento de una plaga implique el surgimiento de otra se llama *cambio de dominancia*, también conocido como *enfermedad debido al doctor*, que es quien receta el tratamiento. Un fenómeno frecuente, después de la desinfección de suelos por medios químicos o físicos, es lo que se conoce como el *efecto boomerang de rebote*, es decir que después del tratamiento un patógeno vuelve a actuar con mucho más fuerza. El *efecto boomerang* ha sido observado en especial cuando se ha diagnosticado equívocamente el agente de la enfermedad o si éste se ha vuelto resistente al producto anteriormente aplicado. Epidemias drásticas han sido observadas después de tratamientos con fungicidas como benomyl y metalaxyl.

Cuando en un suelo existen condiciones para la acumulación de poblaciones de microorganismos con efectos antagónicos, gracias a los cuales no se desarrollan las pestes, se habla de un “suelo supresivo”. Por ejemplo, la infección del tubérculo de papa por *P. infestans* es común en muchas partes del mundo. Sin embargo, existe evidencia que los suelos de Ecuador son antagonistas al patógeno y como resultado daños a los tubérculos por este organismo en el país no es común. El carácter supresivo puede deberse a factores químicos, físicos, biológicos o a una combinación de ellos. Este fenómeno, aunque es universalmente reconocido, ha sido poco estudiado y aún menos explotado en el manejo de las enfermedades en la papa.

#### **Parasitoides predadores y entomopatógenos**

En el caso de insectos, el control biológico se realiza mediante otros insectos y patógenos benéficos. Los parasitoides se desarrollan dentro del cuerpo del huésped, y los predadores consumen parte de la presa o absorben su líquido corporal. Para la papa se está estudiando el empleo de los parasitoides *Diglyphus sp.* y *Chrysicharis sp.* para el control del minador de la hoja (*Liriomyza huidobrensis*) en Carchi. Los entomopatógenos son patógenos (bacterias hongos y virus) que atacan a los insectos. En cuanto a entomopatógenos se ha desarrollado un tratamiento con *Baculovirus* para el control de la polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*) en tubérculos almacenados para semilla.

### **Resistencia varietal**

La resistencia a enfermedades en variedades de uso comercial, con excepción del caso de la lancha y en menor medida el nematodo del quiste, no ha sido estudiada, o bien la información al respecto está desactualizada. La caracterización y la búsqueda de resistencia a las mayores plagas y enfermedades en las variedades ecuatorianas es la principal preocupación del INIAP y CIP.

Existen diversos tipos de resistencia. La resistencia fisiológica se expresa principalmente como producto de las condiciones prácticas y la intencionalidad del cultivo. Genéticamente una variedad puede ser precoz, moderadamente precoz o tardía. Sin embargo, a través de las prácticas de manejo, fertilización, riego y densidades, una variedad puede ser manipulada hacia cualquier extremo de la balanza fisiológica. Esto afecta igualmente su tolerancia frente a plagas y enfermedades.

La Resistencia Sistémica Inducida (RSI), también conocida como “inmunización”, puede verse como un componente de la resistencia fisiológica. Esta involucra la rápida activación de mecanismos de defensa latentes en plantas susceptibles por estímulos particulares, tales como intentos de infección por un organismo no-patógeno (*Fusarium* no-patógeno, o *Phytophthora criptogea*) o determinados tipos de productos (fitoalexinas, glicoproteínas, ácido acetil-salicílico, ácido aracnoide, incremento de la actividad enzimática), volviendo a la planta física o químicamente resistente al ataque del patógeno. Las potencialidades de esta resistencia fueron reconocidas en los años 80, pero su uso práctico recién empieza a ser explorado.

### **Control físico**

Este control se refiere al manejo de factores tales como temperatura y humedad para reducir pestes. La exclusión de enfermedades en los procesos de multiplicación de semilla certificada a través del cultivo de meristema seguido de termoterapia representa un ejemplo. Otro ejemplo es la práctica común de secado adecuado de los tubérculos semillas antes del almacenamiento para excluir el ataque de bacterias.

La desinfección del suelo por solarización es efectiva para la eliminación de muchos patógenos de papa, como *Rhizoctonia*, *Pythium* y *Verticillium*, hasta una profundidad de 15 cm o más de la capa arable. El efecto de la solarización, seguido por un tratamiento con antagonistas a fin de evitar el *efecto boomerang*, esta siendo investigado por pequeños productores de Chimborazo para la limpieza de sustrato en camas protegidas para la producción de plantas de papa a partir de brotes.

### **Control químico**

El productor de papa del Ecuador dispone comercialmente de productos específicos de acción sistémica, como metalaxyl, cimoxanyl y fosetil de aluminio, químicos sintéticos y muchos productos de contacto, sean estos selectivos o de

amplio espectro. En la práctica, son los agentes vendedores de agroquímicos quienes dan las recomendaciones de acuerdo con una descripción informal de la plaga por parte del comprador. Esta situación de sesgo facilita el uso innecesario de plaguicidas, causando gastos innecesarios al agricultor con consecuencias adversas en el medioambiente y en la salud.

La mezcla de productos comerciales con el mismo ingrediente activo es común en el manejo químico de las plagas en el país. Es evidente que la eficiencia, la eficacia y otros conceptos de manejo racional están completamente ausentes en gran parte de la conducta del productor.

Existe una gran cantidad de productos en uso en el país, y el Vademécum que ofrece información básica y comercial al lector. El Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuario (SESA) del MAG regula la oferta de productos permitidos o prohibidos en el país.

El manejo de plaguicidas para enfermedades y plagas se ilustrará más adelante para el caso del tizón tardío y gusano blanco. El productor debe procurar el menor uso posible de productos químicos. Para ello debe dar especial atención a la higiene de la finca, la elección de variedades, el ajuste de los intervalos entre tratamientos de acuerdo con el desarrollo de la plaga y el daño, la elección cuidadosa de los productos a utilizar, una dosificación adecuada y una revisión periódica de aparatos y técnicas de aspersión. Todas las nuevas variedades del INIAP poseen resistencia al tizón tardío. Si el productor quiere aprovechar estas características, debe seguir las recomendaciones de control que se detallan más adelante. No recomendamos el uso de productos altamente tóxicos (categoría Ia o Ib), en particular carbofurán y metamidophos, debido a sus efectos en la salud humana. Lastimosamente, el gobierno sigue permitiendo la venta indiscriminada de estos productos.

## Enfermedades

La papa es susceptible a muchas enfermedades. A diferencia de lo que sucede con las malezas y la mayoría de los insectos que compiten con la planta o le causan daño directo, las enfermedades resultan de la interrupción de los procesos fisiológicos de la planta, cuya manifestación se denomina *síntoma*.

En el espectro de enfermedades de la papa en el Ecuador existen notables ausencias y particularidades. En los países vecinos ocurren enfermedades importantes que no aparecen o no han sido detectadas en el Ecuador. Entre los hongos patógenos podemos citar al *Synchytrium endobioticum*, causante de la enfermedad de la verruga en diversas partes del mundo. La marchitez bacteriana causada por *Pseudomonas solanacearum* *Ralstonia* es una de las enfermedades más dañinas en el resto del mundo, incluyendo a Colombia, pero no aparece en Ecuador. Las enfermedades causadas por virus son poco comunes en el Ecuador, aunque pueden presentarse en campos comerciales, donde p.e., se usa semilla seleccionada del rechazo o semilla que no ha sido renovada por muchos años. El fenómeno de la baja incidencia de virus en el Ecuador se explica por el hecho de que comúnmente

se cultiva la papa sobre los 3.000 ms.n.m, donde no proliferan vectores tales como los áfidos o la mosca blanca.

La tarea de contener el avance de nuevas enfermedades en el país es difícil por varias razones. Primero, la dinámica del comercio ingresa cada vez más material de los países vecinos y del resto del mundo sin las apropiadas medidas cuarentenarias. Segundo, los cultivos bajo invernadero están promoviendo plagas y enfermedades hacia la altura, donde es probable el desarrollo de nuevos ecotipos de vectores y patógenos.

En los próximos acápite se tratarán en forma individual las enfermedades y plagas más comunes que afectan al cultivo. El lector encontrará, además de una breve reseña sobre el organismo causal y sus aspectos epidemiológicos, información sobre síntomas y métodos de manejo. Se debe tomar en cuenta que en la práctica muchas de estas enfermedades ocurren simultáneamente, sobre todo cuando se trata de enfermedades de suelo. Las recomendaciones entregadas deben utilizarse en forma flexible y creativa de acuerdo con las condiciones de la parcela, el clima y los recursos disponibles.

## **Enfermedades foliares causadas por hongos**

### **Tizón tardío, lanchar**

**Agente causal: *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary**

El tizón tardío es sin duda la enfermedad que más seriamente afecta al cultivo de papa en el país y, por consiguiente, la de mayor riesgo. Generalmente, la enfermedad se presenta entre los 2.800 y los 3.400 msnm. En condiciones favorables al tizón, un cultivo sin protección puede ser destruido en una semana o menos. Es por eso que tiene mayor peso en el costo de protección. Muchas especies silvestres y cultivadas son hospederos del patógeno, aunque al parecer se trata de taxones diferentes del hongo o formas fisiológicamente especializadas.

Las condiciones climáticas en la sierra favorecen el desarrollo de epidemias, en particular temperaturas moderadas entre 12 a 18°C, alta humedad imperante en la época de temporal, niebla y lluvias matinales y sol intenso por las tardes, así como la siembra escalonada de papa durante todo el año. La situación se agrava por el uso generalizado de variedades comerciales muy susceptibles al patógeno.

Se conoce dos tipos de resistencia genética al tizón tardío: diferencial y general o de campo. La denominada resistencia diferencial está gobernada por pocos genes, cuyo efecto es de gran magnitud y naturaleza diferencial. Es decir funciona para ciertos rasgos del patógeno. La resistencia general o de campo, por el contrario, está gobernada por muchos genes con efectos continuos, no diferenciales. En el caso del tizón tardío, la resistencia diferencial ha sido efímera, debido a que el patógeno fácilmente puede evitar la resistencia. Cuando una variedad tiene resistencia diferencial puede ser difícil medir su nivel de resistencia general.

La reproducción sexual del patógeno hace posible la formación de oosporas. Estas pueden sobrevivir por varios años e infectar la planta desde el suelo. Sin

embargo, la forma más general de reproducción del patógeno es vegetativa. En otros países del continente han aparecido formas sexualmente compatibles. Aunque recientemente se han detectado formas sexualmente compatibles del hongo en el Ecuador, hasta la fecha éstas parecen no tener significación epidemiológica para la papa.

### **Síntomas**

Inicialmente la infección por *P. infestans* se manifiesta en pequeñas manchas pálidas o verde oscuras de forma irregular que se expanden rápidamente, formando grandes lesiones necróticas de color café oscuro. La lesión puede matar el foliolo y extenderse a través de los peciolo hacia el tallo. Las infecciones del tallo son las más graves porque pueden acabar rápidamente con la planta.

Es común observar un halo que va del amarillo al verde claro alrededor de la zona necrótica de la lesión. Cuando hay suficiente humedad en el envés de la hoja ocurre un crecimiento fungoso blanco de esporangios y esporangioforos en los límites de la lesión. En variedades muy susceptibles se desarrolla micelio y esporangios en tejidos aparentemente sin síntomas.

En el campo las plantas infectadas despiden un olor característico muy similar al que provoca la quema química o una helada, como resultado de la muerte rápida y descomposición bacteriana del tejido. Para identificar al *P. infestans* es necesario confirmar la presencia de esporangios a través de la observación directa o luego de un periodo de incubación del tejido enfermo en cámara húmeda.

En los países andinos del sur el tizón comúnmente afecta el tubérculo en el suelo, causando una pudrición seca de color café oscuro. La infección de tubérculos no es usual en el Ecuador, probablemente debido al alto contenido de aluminio en los suelos andisoles y la práctica de altos aporques.

### **Manejo**

La clave del manejo consiste en vigilar constantemente lo que ocurre en el cultivo, en monitorear las condiciones epidemiológicas en la región y actuar a tiempo. Entre las alternativas generales de manejo están el uso de variedades resistentes, el uso racional de fungicidas y medidas agronómicas de carácter preventivo durante diferentes fases de cultivo: presembrado, durante el cultivo y a la cosecha y almacenamiento.

#### **Presembrado**

- **Sanidad:** En muchas partes del mundo la medida más importante es eliminar toda fuente de inóculo para retardar lo más posible el inicio de la enfermedad. Sin embargo, el productor ecuatoriano no tiene influencia en las múltiples fuentes de inóculo externo en su finca, como son plantas silvestres infectadas, campos con diferentes estados vegetativos y diferentes niveles de infección y el abandono de cultivos enfermos sin matar el follaje. Por eso, la sanidad, si bien es muy importante, probablemente no tiene mayor influencia en el inicio

de una epidemia. En el caso particular del país, la práctica de eliminar plantas voluntarias es importante por muchas razones y debe ser implementada. Se recomienda no abandonar nunca un campo infectado por lancha porque puede transformarse en foco de inóculo para las parcelas vecinas. En caso de infección severa, el follaje debe ser destruido.

- **Rotación:** Como la lancha se propaga principalmente con el viento y las esporas pueden viajar decenas de kilómetros, la rotación de cultivos tiene poca influencia en el control de esta enfermedad.
- **Labranza:** La mayoría de las variantes de labranza no afecta al tizón. Sin embargo, en Carchi los agricultores comentan que el tizón es menos problemático bajo el sistema tradicional de *wachu rozado*.
- **Fertilización:** Se recomienda una fertilización balanceada que permita el desarrollo de los mecanismos naturales de defensa de la planta. Un alto uso de nitrógeno favorece el crecimiento vegetativo y facilita la infección del patógeno, así contribuyendo a aumentar la severidad de la enfermedad.
- **Incorporación de materia orgánica:** Tiene pocos efectos en el manejo del tizón, excepto por los efectos positivos de una fertilización balanceada. La activación del edafón por fertilización orgánica es conocida por su efecto sobre la infección de tubérculos.
- **Tratamiento de semilla (físico, químico o biológico):** Las epidemias inducidas por infección de semilla al parecer tienen una importancia secundaria en el Ecuador. Sin embargo, se recomienda siempre usar semilla sana para evitar focos extras de infección en el campo.
- **Ubicación del campo:** La severidad del tizón depende mucho de una temperatura moderada. Por eso, los campos ubicados en zonas altas con temperaturas promedios menores de 8°C (aquellos por encima de los 3.400 m) tienen menos problemas con esta enfermedad.
- **Resistencia:** El uso de variedades resistentes representa una de las prácticas más efectivas en el manejo de la lancha. Los cuadros 7 y 8 del Capítulo 2 muestra el nivel de resistencia general en las variedades ecuatorianas. Variedades nativas como las Bolonas, las Uvillas y la Yema de Huevo tienden a ser muy susceptibles al tizón. Una excepción es la variedad Suscaleña, de distribución restringida en el sur del país que muestra resistencia horizontal. Es importante anotar que el nivel en que se expresa la resistencia depende de factores ambientales, como la intensidad de la luz, la temperatura o factores nutricionales. Por lo tanto, una variedad puede ser muy resistente en un ambiente, mientras en otro necesita más protección. Muchas de las variedades comerciales tienen resistencia diferencial, válida al momento de su liberación pero susceptible a ser sobrellevada por el patógeno. El tipo de resistencia de las variedades recientemente liberadas no ha sido establecido con precisión.
- **Precocidad:** Una de las tácticas más populares para evitar un mayor uso de fungicidas es el uso de variedades precoces.

**Cuadro 23. Fungicidas y adherentes más comunes para el control del *Tizón tardío***

Producto	Ingrediente activo	% de ingrediente activo	Modo de acción	Dosis del producto por ha	Volumen /ha en litros	Intervalo recomendado entre aplicaciones(días)
<b>DITIOCARBAMATOS</b>						
Baktane	Mancozeb	455g/l	contacto	3.7l	200-1000	10 a14
Bardlay	Mancozeb	80	contacto	2 kg	200-1000	7 a 14
Dithane 945	Mancozeb	80	contacto	2.25 kg	200	10 a 14
Duphar	Mancozeb	80	contacto	2.25 kg	400-1000	10 a 14
Baneb 80	Maneb	80	contacto	2.85 kg	200-1000	7 a 14
Baneb 80 extra	Maneb + Magnesio	72+11	contacto	3.1 kg	200-1000	7 a 14
Polyram DF	Metiram	80	contacto	2 a 2.5 kg	400-1100	10 a 14
Trilmanzone	Maneb Zineb Ferbam	601010	contacto	2.5 kg	225	7 a 10
<b>ORGANOTINS</b>						
Brestanid flow	Fentin hidróxido	50	contacto	600 ml	200 a 500	10 a 14
Fermatin	Fentin Acetate	60	contacto	0.40 kg	200 a 1000	10 a 14
Duter	Fentin Hidróxido	50	contacto	600 ml	400	10 a 14
<b>MEZCLAS DITIOCARBAMATOS Y ORGANOTINS</b>						
Brestan 60	Fentin acetate + maneb	54 y 18	contacto	0.55	200 a 1000	7 a 14
Mirotin	Fentin acetate + maneb	11 y 33	contacto	1.55 kg	200 a 1000	7 a 14
<b>SISTEMICOS</b>						
*Patafol Plus	Ofurace+ mancozeb	5.867	Sistémico + protectante	2.5 kg	200 a 1000	10 a 14
*Ridomil	Metalaxyl+	864	Sistémico +	2.5 kg	>200	10 a 14
MZ 72 WP	Mancozeb		Protectante			
Galben M	Benalaxyl+ mancozeb	865	Sistémico + protectante	2.5 kg	>220-450	10 a 14
*Ripost	Oxadixyl+	8563.2	Sistémico	2.5 kg	200 a 1000	7 a 14

Cuadro 23. (cont.)

	Mancozeb+ cymoxanil		contacto Sistémico local			
Taitoo	Propamocarb Hydrochloride Mancozeb	248 g/301 g/l	Sistémico + protectorante	4 l	200-300	10 a 14
<b>TRANSLAMINARES</b>						
Curzate M	Cymoxanil+ mancozeb	4.568	Sistémico local y contacto	2.5 kg	200 a 400	14 a 10
Fytospore	Cymoxanil+ mancozeb	7.2571.6	Sistémico local y contacto	1.9 kg	200 a 1000	10 a 14
Acrobat	Dimethomor- ph+mancozeb	7.566.7	Sistémico local y contacto	2.4 kg	250 a 300	10 a 14
Bond	Látex sintético	45	Dispersante y adherente	0.1 -0.4	200 l	
Barclay	DI-LP.	N/D	Pegante	0.25 l	200 l	
Dryfast	Menthene					
Cilometh	Alkylaryl- polyglycol	99 a 100 no iónico	Humectante	25 ml	100 l	
Codecide oil	Acetate Neutral +Emulsionante	N/D	Aumenta la eficiencia de la aspersión	No menor a 2.25 l	normal	
LI-700	Fosfolípido de soya	75% (ng. activo	Agente humectante y penetrante	Dilución n al 0.5 %	200 l	

\* Se recomienda no más de tres aplicaciones y sólo hasta la floración.

Cuadro 24. Efecto de las fungicidas más importantes para el control de Lancha (causado por *P. infestans*) en Ecuador

Efectividad							Modo de acción				
Ingrediente activo	Ejemplos de productos comerciales	Interval	Lesiones de hoja	Punto de crecimiento	Lesiones de tallo	Daño al tubérculo	Protectora	Curativo	Eradicante	Resistencia lluvia	Mobilidad
Mancozeb o maneb	Dithane M48	7	++	0	+	0	==	0	0	++	contacto
Hidroxido cúprico	Kocide 101	7	+	0	+	+	+(+)	0	0	+	contacto
Chlorothalonil	Bravo, Daconil	7	++	0	(+)	0	==	0	0	++(+)	contacto
Metilo de Itrioxim	Stroy DF	10	+++	?	++(+)	0	++(+)	++(+)	+	+	contacto
Fenoxiadine	Equación	7	+(+)	?	++(+)	0	+++	0	0	+++	contacto
Fluzinam	N/A	7	+++	0	+	++(+)	+++	0	0	==(+)	contacto
Fentin hydroxide	N/A	7	++	0	+	++(+)	+	0	0	++	contacto
Fentin acetate	N/A	7	++	0	+	++(+)	++	0	0	==	contacto
Cymoxanil	Curzate M8	10	==(+)	0	+(+)	0	++(+)	==	+	==	translaminar
Dimethomorph	Acrobat MZ	10	++(+)	0	+(+)	+(+)	++(+)	==	+	==(+)	translaminar
Propamocarb-HCL	Previcur N	10	==(+)	==	==	==	++(+)	==	==	+++	sistémico
Metaxyl	Ridomil	10	==(+)	==	==	==	==(+)	++(+)	++(+)	+++	sistémico
Oxadixyl	Sandolan M8	10	==(+)	==	==	==	++(+)	++(+)	++(+)	+++	sistémico
Sulfato de cobre	Phyton 27	7									sistémico
Fosfito de aluminio	Allete, Rhodax	10	==(+)	+++	++	0	==(+)	==	+	++(+)	sistémico
Azoxystrobin	Amstar 500	10	==(+)	?	+(+)	0	++(+)	==(+)	+	+++	sistémico

### Durante el Cultivo

El frecuente monitoreo de la condición del cultivo representa la clave del manejo de la lancha. No se han puesto a punto, ni validado sistemas de alerta para tizón en el país, pero actualmente se están haciendo avances significativos en esta área.

Existe una amplia gama de fungicidas que son efectivos contra la lancha (Cuadro 23 y 24). Estos productos deben ser aplicados en las dosis recomendadas, sin mezcla, a menos que lo recomiende la empresa química. Todos los fungicidas sistémicos recomendados para el control de la lancha se complementan con un fungicida protector en proporciones adecuadas. Ningún fungicida es curativo. Los sistémicos sólo detienen el avance de la infección, incluso eliminan el patógeno, pero el tejido infectado muere. Se está realizando mucha investigación con el fin de generar nuevos productos que afecten la resistencia de la planta o favorezcan el antagonismo, pero su disponibilidad comercial es aún escasa.

En el caso de variedades resistentes, no se debe dejar que la epidemia alcance más del 0.5% antes de intervenir; es decir, cuando se encuentra un par de manchas en pocas plantas en un radio de diez metros o no más de dos lesiones por diez m de hilera (cuadro 25).

**Cuadro 25 Escala para estimación del tizón en el follaje**

Infección (%)	Síntomas
0	No hay síntomas visibles.
0.1 – 1	Pocas plantas afectadas, no más de 2 lesiones en un radio de 10 metros o en una hilera de la misma longitud.
3	Hasta 10 lesiones pequeñas por planta.
5	De 30 a 50 manchas pequeñas por planta o 1 de cada 20 folíolos con síntomas.
25	Casi todos los folíolos con alguna lesión. Las plantas tienen forma normal, de aspecto verdoso aunque casi todas están afectadas y empiezan a oler a tizón.
50	Todas las plantas están afectadas y cerca de la mitad del follaje ha sido destruido; el campo aparece moteado de verde y café.
75	Tres cuartas partes de cada planta están destruidas por el tizón. El follaje no es ni del todo café ni del todo verde. La mayoría de las veces las hojas inferiores se han podrido completamente y aparecen algunas hojas verdes en el tope. El cultivo ha perdido densidad y está más abierto.
95	Sólo unos pocos folíolos verdes. Los tallos generalmente están verdes. El aspecto del campo es predominantemente café.
100	Tallos y hojas muertos.

En el caso de variedades susceptibles se debe proceder de la siguiente manera:

- Si hay lluvias o neblinas, iniciar con una aplicación cuando el cultivo haya alcanzado un 80% de emergencia y la mayoría de las plántulas tengan de ocho a diez cm de altura. De ser necesario, proteger cada cinco a ocho días. Usar un sistémico si el protector no ha podido detener el avance de la epidemia en forma significativa.
- No usar fungicidas sistémicos más de tres veces en la estación, alternando el ingrediente activo.

Si se trata de variedades resistentes o moderadamente resistentes, inicie la protección con sistémicos y usarlos hasta dos veces durante la estación alternando el ingrediente activo para evitar el desarrollo de formas resistentes del hongo. Si las condiciones climáticas son muy favorables a la epidemia, como nieblas y lluvias por la mañana y sol por la tarde, con temperaturas moderadas durante el día, continúe con protectores de seis a ocho días. De lo contrario, revise el cultivo por lo menos una vez cada diez días antes de realizar una aplicación. Repita la aplicación de sistémico sólo si se constata el desarrollo de esporulación en las lesiones. Recuerde que el número total de aplicaciones para un nivel dado de resistencia es directamente proporcional a la cantidad de tiempo que el cultivo permanece en el campo.

#### A la cosecha y almacenamiento

- Si existe una epidemia en la fase final del cultivo, es importante destruir el follaje para evitar el foco de infección, sobre todo de los tubérculos al momento de la cosecha.
- Enterrar o destruir las pilas de tubérculos rechazados. Para evitar focos de inóculo, las pilas no deben permanecer en los bordes del campo o del camino.
- Si se guarda papa para semilla, además de hacer una selección rigurosa al momento de la cosecha, desinfectar y guardar en silos verdeadores. Es una buena práctica, antes de desinfectar, exponer los tubérculos al sol durante dos o tres días.
- Si se ha guardado papa, inspeccionar el lote almacenado por lo menos una vez cada 15 días y descartar los tubérculos afectados.

#### **Tizón temprano, lancha temprana o café**

**Agente causal: *Alternaria solani***

El tizón temprano causado por *Alternaria solani* en zonas templadas aparece en estados del cultivo juveniles o tiernos, por eso se llama tizón temprano. Sin embargo, esta denominación no tiene sentido para el caso del Ecuador, donde la enfermedad ocurre en cualquier estado de desarrollo del cultivo. Su distribución es general, y sus ataques son frecuentes aunque a menudo poco severos. La *Alternaria*

ataca a varios cultivos parientes de la papa, en particular al tomate, aunque también afecta a las Brassicas.

### **Síntomas**

El tizón temprano causa manchas necróticas con ángulos pronunciados y limitados por las nervaduras. En el interior de la mancha se desarrolla una serie de anillos concéntricos. Las lesiones ocurren primero en las hojas inferiores y crecen acropetalmente a medida que avanza la madurez. Cuando hay condiciones para un buen desarrollo, las lesiones crecen, se juntan y las hojas mueren. En tubérculos infectados con *Alternaria* se desarrolla una pudrición seca de color café oscuro. En general todas aquellas condiciones que resultan en un debilitamiento del cultivo (nutrición deficiente, estrés hídrico y otras enfermedades) favorecen la agresividad con que el hongo ataca a la planta.

### **Manejo**

- Mantener un cultivo fuerte y vigoroso.
- Para el control de la enfermedad son efectivos diversos fungicidas de acción protectora y sistémica.
- Evitar daños al tubérculo en la cosecha y el contacto con follaje enfermo.
- Cosechar la semilla cuando la piel está firme y bien desarrollada.

### **Oidiosis, oidium o mildiu polvoso**

**Agente causal: *Erysiphe chichoracearum***

En el Ecuador la oidiosis, oidium o mildiu polvoso aparece regularmente en los cultivos de papa en condiciones de alta humedad, especialmente si el cultivo se ha debilitado a causa de deficiencias nutricionales senescencia. La enfermedad puede desarrollarse en cualquier fase de cultivo. Aunque la oidiosis está ligada a condiciones de alta humedad, raras veces se presenta cuando hay lluvias o bajas condiciones de riego por aspersión. El hongo tiene muchas plantas hospederas.

### **Síntomas**

Al comienzo de la epidemia el hongo forma pequeñas masas blancas de micelio y esporas a ambos lados de la hoja, dándole el aspecto de estar cubierta de polvo o tener residuos de pesticida. Más tarde el tejido desarrolla una necrosis negra bajo las manchas, la hoja muere y cae.

### **Manejo**

- Raras veces es necesario controlar esta enfermedad con fungicidas. Se puede utilizar productos azufrados como preventivos (Elosal, Cumulus y otros). En

casos severos se recomiendan productos sistémicos como el benomyl (Benlate o Bayleton).

- Las variedades nativas aparentemente son más tolerantes que las mejoradas.
- Donde sea posible, se recomienda el riego por aspersión que lava las esporas del hongo y detiene el progreso de la enfermedad.

### **Roya**

**Agente causal:** *Puccinia pittieriana P. Henn.*

La roya es una enfermedad común en terrenos altos y en los páramos de la sierra, desde Carchi hasta Loja, pero su impacto económico en el país es relativamente bajo. Raramente alcanza niveles alarmantes en la papa, excepto en condiciones muy marginales, especialmente desde el periodo de floración. Este hongo puede afectar a muchas especies del género *Solanum* como el tomate o especies silvestres como el tzimbalo y la hierba mora.

### **Síntomas**

La infección ocurre en hojas, tallos y peciolo. Tras el periodo de latencia, las lesiones se desarrollan en el envés de la hoja en forma de manchas redondas que van del blanco al verde. Más tarde aparecen pústulas ovaladas o redondas de color café rojizo que pueden alcanzar más de 0.5 cm de diámetro. La formación masiva de esporas o uredosporas en las pústulas confiere al follaje un aspecto rojizo, tal como ocurre con la roya de los cereales. El aire transporta las uredosporas maduras. El tejido afectado muere dejando un orificio en su lugar.

### **Manejo**

Muchos de los productos preventivos utilizados para el control de tizón temprano y el oidium son efectivos contra la roya. Se recomienda en general los fungicidas azufrados y los carbamatos.

### **Septoriosis**

**Agente causal:** *Septoria lycopersici sg. A*

La septoriosis se encuentra bien distribuida en el país, pero su incidencia es baja y sus efectos epidemiológicos no han sido de consideración en los últimos años. Fue reportada por primera vez en el país en 1976 en las provincias de Chimborazo y Pichincha. Al igual que las royas, aparece en zonas altas y frías, especialmente cuando hay mucha humedad. Periodos prolongados de agua libre en el follaje favorecen la infección. El hongo se dispersa a través de gotitas de agua, producto del impacto de las gotas de lluvia, que son transportadas por el aire, a través de instrumentos y ropa de trabajo.

**Síntomas**

En el tallo, la septoriosis se manifiesta en manchas alargadas de color marrón oscuro. En las hojas, se manifiesta en manchas de bordes circulares de color café muy oscuro, con anillos concéntricos, siendo ésta su característica típica. En la parte central de la lesión se desarrollan pequeñas fructificaciones grisáceas en forma de puntitos, llamadas picnidios, donde se producen las picnoesporas. En estados avanzados las hojas se vuelven necróticas, quebradizas y caen.

**Control**

En general, los fungicidas de contacto a base de carbamatos y mancozeb que se usan para el control de la lancha son efectivos para septoriosis.

**Moho gris**

**Agente causal: *Botrytis cinerae***

El moho gris es común en el Ecuador pero de poca importancia económica. Sus efectos pueden ser drásticos cuando la floración ocurre en condiciones cálidas, de alta humedad y en cultivos de follaje denso. Se trata de un parásito débil incapaz de infectar si no se ha abastecido de suficiente energía. Por ello, el patógeno coloniza primero los pétalos de las flores cuando éstas caen sobre el follaje y a partir de allí infecta la hoja. Otras puertas de entrada son los daños mecánicos causados por el viento, herramientas, aspersiones y granizadas. La *Botrytis* es un hongo polífago con un gran número de especies huéspedes a las que puede ocasionar daños de consideración.

**Síntomas**

En las hojas, las lesiones son de color café claro y se expanden desde el punto de infección hasta la punta de la hoja. Muchas veces es posible observar restos de pétalos en el punto de infección. Las lesiones de *Botrytis* pueden confundirse con las de lancha, pero difieren por la falta de halo y el tipo de esporulación que la lancha produce. En condiciones de alta humedad se desarrollan sobre la lesión conidióforos de color café grisáceo.

**Manejo**

Esta enfermedad raras veces justifica un control en las papas. Se han utilizado, sin embargo, fungicidas preventivos como los carbamatos. El hongo puede desarrollar resistencia a los benzimidazoles.

## Enfermedades causadas por hongos del suelo

Las enfermedades de la papa causadas por hongos de suelo pueden presentar múltiples síntomas como: necrosis radiculares, marchitez del follaje por ataque al sistema vascular, deformaciones del tubérculo y acame por lesiones en la base del tallo. En general, la estrategia de sobrevivencia de los patógenos del suelo radica en su capacidad de infectar la planta, lo que le da una ventaja sobre sus competidores. La naturaleza, cantidad y actividad infecciosa de estos patógenos determinan el concepto de *salud del suelo*. En la actualidad existe gran presión para limitar el uso de agroquímicos. La mayor parte de los plaguicidas utilizados para controlar enfermedades en el suelo han sido prohibidos por el SESA. Por lo tanto, el énfasis en el manejo de estas enfermedades debería estar en el manejo integrado de la salud del suelo.

Un manejo integrado exitoso de la salud del suelo depende de la ejecución de un buen plan de finca que contemple al menos las siguientes reglas:

- **Rotación y barbecho:** Establecer un esquema de rotación y un apropiado barbecho, consistente con el plan de la finca; llevar un libro de campo y registrar las principales pestes por parcela.
- **Higiene:** Establecer reglas sanitarias, especialmente aquellas relacionadas con el uso y desinfección de máquinas, equipos, herramientas, canastos, costales y sitios de almacenamiento y medios de transporte; remover las plantas voluntarias; destruir los desechos del cultivo anterior si albergan enfermedades o plagas.
- **Manejo de suelos y agua:** Drenar bien el suelo de la parcela en que se va a sembrar; en caso de riego, evitar la sobresaturación; evitar suelos contaminados o infestados por patógenos y hacer una preparación adecuada del terreno; evitar los excesos de fertilización, especialmente en la siembra.
- **Manejo de la semilla:** Usar semilla de calidad; si se selecciona semilla propia, cosechar cuando el tubérculo tenga piel firme; asegurarse de que el daño mecánico a la cosecha sea mínimo; no cosechar en época húmeda; seleccionar, desinfectar y guardar los tubérculos en un lugar fresco y ventilado; no dañar los tubérculos, especialmente los brotes, durante el transporte y la siembra.

Aunque no existen estudios específicos en el país sobre resistencia a las enfermedades de suelo, en la práctica los agricultores han observado que unas variedades son menos problemáticas que otras.

### Carbón

**Agente causal:** *Thecaphora solani*

*Thecaphora* no es común en el Ecuador, pero se encuentra en algunas regiones de Cotopaxi. Las papas afectadas por carbón no son comestibles, y pierden su valor

comercial. Se sabe que el patógeno es más activo en suelos fríos y altos y puede sobrevivir por muchos años en el suelo. Es imprescindible determinar con precisión en qué zonas se encuentran los suelos infestados para cuarentenarlos, a fin de evitar la diseminación de papas contaminadas. No se ha investigado su importancia epidemiológica en zonas endémicas. Para ello, no se debe usar ni comercializar tubérculos provenientes de suelos contaminados. El Chamico (*Datura stramonium*), una planta silvestre común en la Sierra, es hospedera de este organismo.

### **Síntomas**

En los tubérculos, tallos y estolones se desarrollan protuberancias, al interior de los cuales se encuentran esporas que varían de color entre café al negro. También pueden formarse pústulas superficiales en los tubérculos. Sin embargo, en plantas afectadas es común la presencia de tubérculos de apariencia normal. Durante la última fase de cultivo las protuberancias en los órganos afectados degeneran y liberan una masa de esporas.

### **Manejo**

- **Usar semilla sana:** La semilla infectada es la mayor fuente de dispersión a distancia.
- **Aplicar medidas de higiene:** La diseminación comunmente ocurre por transporte con suelo contaminado, herramientas y maquinaria.

Se presume que existe resistencia genética, pero no ha sido identificada para las variedades usadas en el Ecuador.

### **Lanosa o torbo**

**Agente causal:** *Rosellinia sp.*

La lanosa tiene un alto potencial de daño económico y representa una enfermedad importante en Carchi. Se encuentra bien distribuida en las provincias de Pichincha, Tungurahua y Chimborazo. No se ha reportado *Rosellinia* en la región sur. El hongo, que por la ausencia de estructuras fructificantes se clasifica como *Mycellia esterilia*, es típico de suelos ricos en materia orgánica y más activo en condiciones de alta humedad. Las parcelas de inclinación ligera que acumulan agua así como las parcelas con suelos de rompe o que han sido recientemente deforestadas son de alto riesgo. El hongo ataca a una variedad de cultivos, incluyendo a la zanahoria, y a una diversidad de otras especies, incluyendo Brassicas, Amaranthus, Rumex y Polygonum.

### **Síntomas**

El ataque ocurre principalmente en el cuello de la planta, produciendo una decoloración café oscura. Bajo el suelo, las raíces y los tubérculos quedan envueltos

en una gruesa capa de micelio blanco, característica que ha dado el nombre a esta enfermedad. La planta enferma deja de crecer y se marchita debido a la pudrición de su sistema radicular y del tallo. La pulpa de los tubérculos afectados presenta estrías de color negro, y los tubérculos se degeneran antes de la cosecha. Los síntomas de lanosa son muy parecidos a los de *Sclerotium rolfsii*. Al igual que muchas enfermedades de suelo, ésta aparece inicialmente en plantas individuales y forma parches en el campo.

### **Manejo**

- Enterrar los restos del cultivo anterior durante la preparación de suelo.
- Esta enfermedad se encuentra presente en arbustos y bosques. Por lo tanto, es recomendable tener cuidado durante el rompe de terrenos. La quema de arbustos y restos de árboles ayuda a eliminar las fuentes de infección.
- La parcela debe estar libre de plantas hospederas tanto durante el cultivo como durante las rotaciones.
- Rotaciones largas ayudan a reducir las fuentes de infección.

### **Rhizoctoniasis o costra negra**

**Agente causal: *Rhizoctonia solani* Kühn**

Rhizoctonia es probablemente el hongo más común y dañino en los suelos paperos del Ecuador. Su tolerancia a la acidez le permite sobrevivir mejor. Ataques moderados de este hongo pueden inducir pérdidas de hasta 20% en los suelos negro andinos de la producción. El hongo ataca una gran diversidad de plantas, incluyendo arvejas, habas, cebada y trigo. Sin embargo, se ha demostrado que existe una clara especialización dentro de la población por determinados huéspedes. Existen formas no-patógenas del hongo que eventualmente actúan como antagonistas de las formas patógenas. En ciertas condiciones de humedad y alta temperatura, el hongo desarrolla la forma sexual de un basidiomiceto, denominado *Thanatephorus cucumeris*, lo cual ha sido encontrada en Carchi, Tungurahua y Chimborazo. El hongo sobrevive como esclerocio en el suelo o como micelio en restos de plantas. Los daños en suelos arenosos livianos son más graves que en suelos pesados. Si las condiciones durante el cultivo son apropiadas, se forman esclerocios en la piel del tubérculo. No obstante, la mayor cantidad de esclerocios se desarrollan sobre el tubérculo después de cortar el follaje o durante la senescencia de la planta.

### **Síntomas**

El hongo ataca a los brotes y tallos a partir de esclerocios presentes en el suelo o la semilla. Es fácil identificar un gran número de campos en el país con pobre emergencia debido a rizoctoniasis. En las raíces, los estolones y la parte baja del tallo, el hongo causa lesiones alargadas, hundidas y de color café rojizo. La infección trae aparejado el fenómeno de “poda” de estolones y raíces, afectando

drásticamente el volumen radicular. En estadios más avanzados, la infección de raíces y tallos se expresa en la parte aérea como un enrollamiento hacia la cara superior de las hojas en la región del tope. También se puede presentar clorosis foliar y formación de tubérculos aéreos como producto de la acumulación de azúcares que no pueden ser transportados a los tubérculos. A veces se observa un manchete de color blanco en el pie del tallo.

Los síntomas en los tubérculos se pueden parecer a los de la sarna de pradera, pero difieren de estos últimos por ser esclerocios y rajaduras. Un ataque severo a las yemas deforma los tubérculos y causa un fenómeno conocido como tubérculos “formas de muñecas”. Cuando el follaje madura y muere, el hongo forma esclerocios delgados y negros en la superficie del tubérculo, por lo que se conoce también como “costra negra”. Estas manifestaciones son especialmente visibles después de lavar el tubérculo.

### **Manejo**

- Usar semilla de calidad o seleccionada cuidadosamente, de calibre mayor a 35 mm con brotes fuertes y cortos (máximo 1 cm) con capacidad de emerger rápidamente.
- Evitar el daño a los brotes durante el transporte y la siembra.
- Sembrar en forma superficial, especialmente en suelos fríos y húmedos. La susceptibilidad de la planta a la infección disminuye con el desarrollo del follaje. Por eso es importante que la emergencia sea rápida.
- Si la infección de *Rhizoctonia* es moderada o ligera (cuadro 26), se recomienda desinfectar la semilla con penycuron (Moncereen). Aunque, los productores ecuatorianos tienen poca experiencia con este producto, se ha probado este fungicida por más de 20 años en otros países andinos y en Europa. Cuando los esclerocios son gruesos y vitales, la desinfección no es efectiva.
- La rotación con papa debe ser amplia, preferiblemente 1:5 ciclos o más.
- Minimizar el periodo en que los tubérculos permanecen en el suelo una vez cortado el follaje.
- Se utiliza matamsodio y PCNB para desinfectar el suelo. En casos de infestación severa, no es suficiente tratar la semilla o el suelo. La desinfección química del suelo muy pocas veces es rentable.
- En cuanto a la resistencia a la *Rhizoctonia*, existen diferencias entre variedades, pero no existen estudios al respecto en el país.
- No todos los esclerocios son viables. Por lo tanto, no es necesaria una desinfección de semillas de papa para un cultivo de consumo o procesado si el lote de semilla tiene menos de un 25% de incidencia y la infección es ligera. El siguiente índice ofrece una aproximación para determinar el estado sanitario:

Indice de *Rhizoctoniasis* (IR) = ((0 X # tubérculos sanos + 1 X # de tubérculos con infección muy ligera + 2 X # de tubérculos con infección ligera + 3 X # de tubérculos con infección moderada + 4 X # de tubérculos con infección severa)/4 X total)) X 100.

**Cuadro 26. Escala de severidad de la infección basada en el grado de cobertura con esclerocios en el tubérculo**

Infeción	Síntomas
Sanas	no hay síntomas
Muy ligera	trazas de infección hasta en un 5% de la superficie afectada
Ligera	de 5% hasta un 25% de superficie
Moderada	de un 25% a un 50%
Severa	mayor a 50%

Nota: Esta escala puede ser aplicada a otras enfermedades del tubérculo.

Por lo tanto, una partida de semilla con 25% de infección (muy ligera) tiene un IR igual al 6.3% y no necesita desinfección. Sin embargo, se recomienda la desinfección si el IR es mayor o igual al 5%, con preponderancia de clases moderadas y severas, o si es mayor al 2% cuando las condiciones de la parcela o del clima son adversas.

### **Pudrición seca**

**Agente causal: *Fusarium solani var. coeruleum*, *Fusarium sulphureum***

Las especies de *Fusarium* causantes de la pudrición seca están ampliamente distribuidas en los suelos de todas las zonas paperas del Ecuador. Son parásitos típicos en heridas causadas por la manipulación durante la cosecha, el transporte, la clasificación y la siembra. Las lesiones causadas por otros patógenos y nematodos sirven de puerta de entrada al patógeno. La pudrición seca se expresa en los tubérculos durante el periodo de dormancia, y es causa de importantes problemas en el almacenamiento. La susceptibilidad de los tubérculos aumenta a medida que transcurre el periodo de almacenamiento.

### **Síntomas**

La enfermedad produce zonas oscuras y levemente hundidas que se extienden superficialmente, formando anillos concéntricos y con el borde de la lesión bien definido al interior. Según la especie de *Fusarium*, se desarrollan masas de micelio y esporas coloreadas a partir del centro de la lesión. En etapas avanzadas, las lesiones se momifican y el tubérculo se endurece.

**Manejo**

- Temperaturas moderadas (15°C) y una alta humedad (95%) aceleran la suberificación y previenen una infección por *Fusarium*.
- El uso de semillas libres de infección y desinfectadas evita problemas en el campo. La desinfección puede hacerse directamente después de la siembra, espolvoreando con fungicidas (imazalil, metilthiofanato, carbendazim, thiabendazol, benomilo) en una proporción de 1.5 kilos por tonelada. Para evitar el desarrollo de resistencia del patógeno se recomienda la mezcla de productos, sin alterar la dosis.
- Se recomienda la rotación de cultivos.
- Si al momento de almacenamiento se encuentra más del 1% de infección, no se debe almacenar la cosecha.

Las variedades difieren en susceptibilidad, pero ésta no ha sido determinada para el caso ecuatoriano.

**Marchitez**

**Agente causal:** *Fusarium spp.*

La marchitez causada por *Fusarium spp.* enfermedad no es común en la Sierra ecuatoriana porque las temperaturas moderadas y las precipitaciones abundantes no favorecen su desarrollo. Sin embargo, las prospecciones de enfermedades de suelo y radicales realizadas recientemente han demostrado la presencia de varias especies asociadas con necrosis radicular y decoloraciones vasculares. Las especies causantes de marchitez se encuentran comúnmente en el suelo, siendo la más frecuente *Fusarium oxysporum*. Asociadas a la necrosis radicular aparecen *F. solani*, *F. equisetum*, *F. graminearum* y otras especies relacionadas con las gramíneas.

**Síntomas**

La marchitez por *Fusarium* se caracteriza por el amarillamiento precoz de las hojas inferiores, retraso en el crecimiento, moteado de las hojas superiores y, en casos extremos, muerte por desecación. La decoloración se expresa particularmente en los haces vasculares de tallos y tubérculos, y se expresa una necrosis a nivel de la inserción del estolón. La infección al sistema vascular vuelve sistémica. Como resultado, la enfermedad llega a los tubérculos y puede ser transmitida a través de la semilla.

**Manejo**

- Usar semilla de calidad y bien desinfectada.
- Hacer un buen manejo del agua del suelo; evitar excesos y sobretodo déficits de humedad.
- Rotar ampliamente los cultivos.

**Marchitez por verticillium****Agente causal: *Verticillium dahlia*, *V. albo-atrum***

La marchitez causada por *V Dahlia* es una de las enfermedades que más daño causa a nivel mundial. En el Ecuador se ha encontrado en varios cultivos, pero su incidencia en la Sierra es muy baja. Nuestros datos también indican la escasa presencia de *V. albo-atrum* en la papa. Las razones de este fenómeno no han sido dilucidadas. *V Dahlia* presenta una fase saprofita muy activa, y produce estructuras de latencia (micro-esclerocios) muy persistentes que fácilmente sobreviven más de cinco años. Ambas especies sobreviven en residuos orgánicos o en una amplia variedad de plantas hospederas. Casi todas las leguminosas, como arvejas, habas y alfalfa, son huéspedes y contribuyen notablemente al mantenimiento del inóculo en el suelo. Recientemente se ha demostrado que el *Verticillium dahlia* está en capacidad de formar microesclerocios en monocotiledóneas en cultivos como el trigo y la cebada, aunque no con la misma magnitud como en las leguminosas.

**Síntomas**

Esta marchitez suele desarrollarse unilateralmente en la planta y produce un amarillamiento a partir de las hojas basales. El amarillamiento de folíolos de un sólo lado es típico. El anillo vascular del tallo en la parte inferior y la parte basal de los tubérculos, donde se inserta el estolón, se vuelve color marrón. En clima seco y caliente, las plantas afectadas por *Verticillium* presentan amarillamiento masivo y maduración precoz. En clima frío y lluvioso, la enfermedad puede afectar la producción sin causar síntomas en el cultivo. El hongo forma microesclerocios cuando el cultivo está muriendo y los rastrojos comienzan a podrirse.

**Manejo**

- Rotar papas con cultivos no hospedantes u hospedantes débiles, tales como pastos y cereales. El *Verticillium* afecta a las leguminosas, razón por la cual la siembra de estos cultivos debe seguir a la de papa, o bien se debe rotar la papa con leguminosas en suelos libres de este patógeno.
- En caso de sospecha de presencia de *Verticillium* se recomienda tratar la semilla con fungicidas sistémicos.
- Cortar el follaje infectado cuando está verde; recoger y quemar los rastrojos de papa al igual que los de otros cultivos hospederos.

**Pudrición basal****Agente causal: *Sclerotium rolfsii***

Debido a sus exigencias ecológicas, este patógeno aparece en forma restringida en la sierra ecuatoriana, pero está bien difundido en la región costera. Recientes

experimentos realizados en la Península de Santa Elena, bajo condiciones de riego por goteo, mostraron que el *S. rolfsii* podía destruir una amplia gama de cultivares.

### **Síntomas**

Las plantas atacadas presentan amarillamiento y marchitez. En la base del tallo se produce una masa de micelio blanco, similar al del *Rhizoctonia*, que coloniza el tallo y se propaga al suelo circundante. Sobre este manto de micelio se desarrollan esclerocios en forma de pequeñas bolitas blancas que con el tiempo se vuelven pardas. El ataque puede conducir al colapso total de la planta. Los tubérculos afectados se pudren, adquiriendo una consistencia esponjosa antes de la cosecha o durante el almacenamiento.

### **Control**

- Se recomienda un arado profundo para que el patógeno sea enterrado y muera por falta de aire.
- En zonas tropicales, se recomienda la rotación con cultivos no hospedantes, como el arroz.
- En zonas tropicales, se recomienda también escoger fechas de siembra que permita el desarrollo del cultivo en épocas menos cálidas.

### **Esclerotiniosis**

**Agente causal: *Sclerotinia sclerotiorum***

Esta enfermedad es común en muchos cultivos agrícolas y hortícolas. En zonas templadas y tropicales puede causar graves daños al cultivo de papa. En la sierra ecuatoriana aparece en cultivos como ajo, cebolla, zanahorias, fréjol y coliflor, entre otros. Sin embargo, no se han reportado u observado en el Ecuador epidemias en papa. El clima frío y húmedo, así como los cultivos suculentos y tendidos favorecen la epidemia. El hongo persiste en el suelo por muchos años gracias a los esclerocios y sobre todo por su carácter polífago que le confiere una gran capacidad de sobrevivencia. La producción de ascosporas, aptas para el transporte por aire, le permite infectar más allá de las parcelas afectadas.

### **Síntomas**

El hongo ataca el tallo a nivel del suelo, aunque también puede infectar las axilas de las hojas a cualquier nivel del tallo. Inicialmente, las lesiones tienen un aspecto acuoso de tono marrón, decolorado en el centro. El tejido interno del tallo es digerido y el espacio colonizado por una masa de micelio blanco a partir del cual se desarrollan los esclerocios. Una planta atacada a nivel del suelo se tiende fácilmente y muere. La superficie de los tubérculos infectados por *Sclerotinia* se torna oscura y negra. Al interior del tejido afectado se forman numerosos esclerocios.

**Manejo**

- Rotar los cultivos con especies no susceptibles al patógeno.
- Destruir los restos infectados y las plantas hospedantes.
- En otros países, los hongos hiperparásitos *Coniothyrium minitans* y *Verticillium biguttatum* han resultado un excelente control. Estos no han sido probados en el Ecuador.

**Roña o sarna polvorienta****Agente causal: *Spongospora subterranea***

La roña es una enfermedad muy difundida en la sierra, pero en los últimos años ha aparecido con más frecuencia en las zonas Centro y Sur donde se cultiva papa en forma intensiva o en monocultivos. El patógeno ataca al *Solanum nigrum* y al tomate. La semilla es fuente de inóculo. El hongo puede sobrevivir en el suelo por más de seis años. Predomina en suelos livianos aunque puede aparecer en arcillosos. La enfermedad es más grave cuando la estructura del suelo se ha dañado, existe encostramiento o la parcela se anega por largos periodos. Adicionalmente sobrevive e infecta a partir del abono de animales forrajeados con material infectado. El hongo es transmisor del *mop top* virus (PMTV).

**Síntomas**

Los primeros síntomas aparecen en las raíces en forma de pequeñas agallas claras de 2 a 15 mm que se vuelven oscuras y se rompen con el tiempo. Sin embargo, una raíz infectada no siempre desarrolla agallas. Si el ataque es severo, la planta se marchita.

Se puede encontrar tubérculos afectados en cualquier estado de desarrollo. Primero aparecen ampollitas de color claro que crecen hasta alcanzar de 0.5 a 1 cm de diámetro. Más tarde, la superficie de la ampolla se desprende, dando lugar a una pústula que contiene una masa de esporas de aspecto polvoriento y color café oscuro. Las pústulas pueden presentarse aisladas o unidas, formando un cinturón alrededor del tubérculo. Los síntomas dependen de la variedad y pueden ser desde cráteres profundos hasta lesiones superficiales.

**Manejo**

No existen productos químicos que controlan efectivamente para la roña. Se puede tratar el suelo con desinfectantes generales (Metansodio), lo cual, dados los actuales niveles de rendimiento, no resulta una práctica económicamente rentable y exige además un alto grado de mecanización. El manejo preventivo consiste en:

- Usar sólo semilla sana. El sistema holandés de certificación permite la comercialización como semilla certificada en partidas con una valoración de hasta 3.5 (cuadro 27). Para las categorías básicas el índice debe ser menor o igual a 2.5.

- Cultivar en suelos no contaminados.
- No usar abono de animales forrajeados con papas infectadas.
- Usar una rotación amplia de por lo menos 1:5; tener cuidado con cultivos hospedantes como el tomate.
- Asegurarse de que el drenaje del suelo y el desagüe funcionen correctamente.

No se ha caracterizado la resistencia a este patógeno para las variedades ecuatorianas.

**Cuadro 27. Escala para la valoración de sarna de pradera y sarna polvorienta**

Valor	Incidencia y severidad en 100 tubérculos
1	50% de los tubérculos sin síntomas. En el resto puede aparecer un máximo de 1 o 2 lesiones superficiales, individuales o unidas. Máximo 3% de la superficie se ve afectada.
2	33% sin síntomas. En el resto puede aparecer un máximo de 6.3% de la superficie afectada con lesiones poco profundas.
2.5	Casi todos los tubérculos presentan síntomas. Existen de 5 a 10 lesiones individuales o unidas, pero no afectan más del 12.5% de la superficie.
3.5	Prácticamente todo el lote presenta algo de sarna. Existen por tubérculo de 20 a 40 lesiones superficiales que a veces se unen formando una gran mancha. El área afectada por tubérculo no excede el 25% de la superficie.

**Pudrición acuosa**

**Agente causal: *Pythium spp.***

La pudrición acuosa se expresa típicamente al nivel de los tubérculos. Puede involucrar varias especies de *Pythium*, siendo la más frecuente *Pythium ultimum*. La enfermedad no es muy conocida en el país. Sin embargo, en recientes prospecciones sanitarias aparecieron frecuentemente especies de *Pythium* en tubérculos enfermos. El hongo entra al tubérculo por daño mecánico durante la cosecha, sobre todo en momentos de altas temperaturas. Cuando al momento de la cosecha el tubérculo no tiene una piel firme, aumentan los riesgos de infección. No se conocen diferencias en cuanto a la resistencia genética ni productos para su control.

**Síntomas**

La infección inicial se caracteriza por una decoloración ligera de la piel y la carne del tubérculo. Más tarde el tejido se pudre, adquiriendo una consistencia acuosa. Se

produce una clara diferenciación entre tejido sano y enfermo y un característico olor a pescado. Al realizar una incisión en el tubérculo el tejido cambia del gris al negro. La infección ocurre muy rápidamente, por lo que el tejido puede volverse totalmente blando mientras la piel permanece intacta.

### **Manejo**

- Evitar el daño mecánico y cosechar cuando la piel del tubérculo esté firme.
- Después de la cosecha, no dejar los costales de papas al sol, en el campo o en el medio de transporte.

### **Enfermedades causadas por nematodos**

Los nematodos son gusanos cilíndricos no segmentados de cuerpo alargado con cutícula resistente y tubo digestivo completo. Son probablemente los organismos multicelulares más comunes. Sin embargo, pasan desapercibidos por su pequeñísimo tamaño (0.2 a 7 mm), lo que hace que para poder reconocerlos demanda un microscopio. Los adultos son transparentes y de forma generalmente alargada, algunas veces fusiformes y raramente en forma de saco. La hembra está más frecuentemente adaptada para el parasitismo que el macho, el cual es generalmente más corto y más encurvado en el extremo posterior.

Los nematodos fitoparásitos están provistos con un estilete que parece una especie de aguja hipodérmica en miniatura. El estilete sirve para perforar la pared de una célula y absorbe su contenido. El daño a plantas ocurre en diversas formas: se interrumpe el flujo de nutrientes, se altera la conformación de los tejidos y disminuye la asimilación. La liberación de enzimas secretadas por el nematodo induce cambios fisiológicos e histológicos. Algunas especies de nematodos son vectores de virus.

Los nematodos principales que parasitan a la papa en el país son: el nematodo del quiste (*Globodera spp.*), el nematodo del nudo de la raíz (*Meloidogyne spp.*), el falso nematodo del nudo de la raíz (*Nacobbus aberrans*), el nematodo de la lesión radicular (*Pratylenchus spp.*), el nematodo de la pudrición de la papa (*Ditylenchus destructor*) y el nematodo de la atrofia radicular (*Trichodorus spp.*, *Paratrichodorus spp.*).

#### **El nematodo del quiste**

En el Ecuador, la especie de nematodo del quiste de la papa más importante es *Globodera pallida*. Esta especie está distribuida en casi toda la región andina, y son muy pocas las zonas paperas que están libres de este patógeno. Las pérdidas dependen de la población inicial del nematodo, variedad de papa, calidad de semilla y época de siembra.

El nematodo del quiste presenta mayor infestación en la zona central (Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo). Los únicos hospederos en nuestro medio son

y la hierba mora (*Solanum nigrum*) y la papa. Ataca a todas las variedades de papa nativas y mejoradas.

### **Epidemiología**

La papa es atacada por *G. rostochiensis* (Wallenber 1923) y *G. pallida* (Stone 1973). *Globodera pallida* es prevalente en el país con sus patotipos o razas: P5 A, P4A y P3A. Se encuentra desde los 2.500 hasta los 3.500 m.s.n.m. y prospera mejor en suelos franco-arenosos. Su diseminación ocurre principalmente por medio del suelo adherido a los tubérculos, a las herramientas y al calzado. El monocultivo de papa incrementa considerablemente la población.

La *G. pallida* cumple su ciclo de vida en seis a diez semanas. En condiciones favorables, durante el ciclo de cultivo, el nematodo puede multiplicarse 50 veces. La presencia del nematodo se puede verificar extrayendo plantas en la época de floración. Al examinar las raíces se observan adheridas pequeñísimas estructuras a manera de perlas de 0.5 a 1 mm de diámetro de color blanco, crema a café marrón. Estas estructuras se llaman quistes; es el cuerpo de la hembra que contiene más de 500 huevos. A la madurez, los quistes se desprenden con facilidad y pueden sobrevivir en el suelo por más de 20 años. Los huevos pueden activarse en el momento que se siembre la papa. Las larvas emergen con el estímulo del exudado de las raíces.

### **Síntomas y daños**

Plantas afectadas por un bajo número de nematodos no presentan síntomas específicos en la parte aérea. Por ello, es difícil que el agricultor reconozca a tiempo su presencia. Sin embargo, en cultivos sin síntomas se han constatado pérdidas de hasta un 25%. De manera general, en cultivos afectados se observan plantas o grupos de plantas pequeñas distribuidas en forma de parches, con cierta decoloración y marchitez en días soleados, síntomas que pueden ser confundidos con deficiencias nutricionales. Los parches se agrandan por el frecuente cultivo de papa en la parcela hasta homogenizar la infestación en todo el campo. En este punto el suelo ya no es fértil, un fenómeno conocido como *fatiga*.

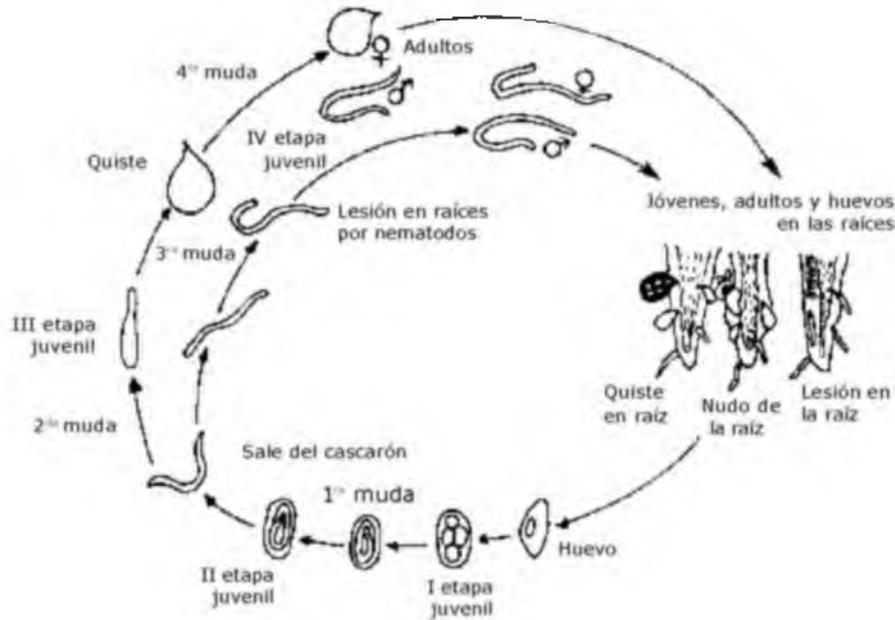
Se han determinado pérdidas de hasta dos toneladas por hectárea cuando la infestación supera a los 20 huevos/gramo de suelo y reducciones proporcionales similares al aumento de la población. En casos severos, puede llegarse inclusive a cosechar menos tubérculos que los sembrados. Un suelo fértil con contenido adecuado de humedad puede enmascarar una infestación mayor.

### **Manejo**

Una vez que el nematodo se ha establecido en el campo, es muy difícil, si no imposible, su erradicación. Sin embargo, existen diversos métodos para reducir su daño. El manejo se basa en integrar un programa de prevención y control, cuyo

objetivo es tomar medidas de prevención para mantener la población a niveles que no afecten los rendimientos.

Figura 11. Ciclo de vida del nematodo



Cuando las poblaciones son altas, ningún método de control utilizado individualmente provee una protección adecuada. Basados en la experiencia investigativa, se ha logrado establecer un sistema de manejo para nuestro medio, integrando técnicas como:

- sucesión de otros cultivos en la rotación
- limpieza de equipos y control del movimiento de equipos contaminados entre parcelas
- erradicación de papas voluntarias
- uso de variedades resistentes y tolerantes
- barbecho, más remoción de suelo en época seca
- cultivos trampa como el chocho *Lupinus spp.*
- uso de biocontroladores (hongos y nematodos benéficos)

En las condiciones socio-económicas en la que ocurre el cultivo en el Ecuador, el tratamiento del suelo con nematicidas no es viable.

### Utilización de los niveles de tolerancia

El uso de tolerancia es una medida práctica, efectiva y económica. De un estudio realizado con diez variedades locales y una de Colombia se determinaron tres diferentes niveles de tolerancia varietal al ataque del nematodo. El cuadro 28 presenta diferentes umbrales de daño y niveles de equilibrio del *Nematodo del quiste* para distintas variedades de papa. Con infestaciones mayores de 60 larvas o huevos/gramo de suelo no es conveniente cultivar papas comercialmente. En terrenos con poblaciones entre 12 a 23 larvas o huevos/gramo de suelo se puede cultivar cualquiera de las variedades comerciales del segundo grupo. En caso de proceder sembrar por segunda vez papas en el mismo campo, se recomienda usar variedades del grupo uno. Posteriormente, se deberá cambiar de cultivo.

En terrenos con poblaciones de campo entre dos a 11 larvas o huevos/gramo de suelo se puede sembrar variedades del tercer grupo, para luego con una pausa del cultivo de al menos tres años, cultivar variedades del primer grupo.

**Cuadro 28. Umbral de daño y nivel de equilibrio del nematodo del quiste de la papa**

Variedades	Umbral de daño	Nivel de equilibrio*
	(Larvas y huevos/g de suelo)	
Grupo 1 INIAP Gabriela INIAP Esperanza	40-47	410-437
Grupo 2 INIAP María INIAP Catalina INIAP Cecilia Superchola Violeta	12-23	174-280
Grupo 3 Chola Uvilla Yema de Huevo	3-11	150-275

\* Nivel de equilibrio se refiere a la densidad poblacional sobre la cual no existe incremento poblacional

**Cultivos no-hospedantes**

Se ha determinado que los cultivos de trigo, cebada, maíz, quínuia, pastos y haba reducen la población de nematodo del quiste 30-40%, mientras que el chocho y la zanahoria entre 40-80%. El cuadro 29 proporciona información sobre las diversas especies de nematodos comunes y la forma como ellos pueden desarrollarse en distintos cultivos.

**Cuadro 29. Resumen de los principales tipos de nematodos que atacan los cultivos en suelos livianos**

1900	Nematodo del quiste					Nódulos de la raíz			De vida libre					
Cultivos	<i>Globodera pallida</i>	<i>H. renana</i> <i>subcoloni</i>	<i>H. trifida</i> f. <i>ph</i> <i>beta</i>	<i>H. avenae</i>	<i>H. repida</i> f. <i>ph</i> <i>trifida</i>	<i>M. incognita</i> <i>sp. n.</i>	<i>M. chthonica</i> <i>sp. n.</i>	<i>M. radicum</i> <i>sp. n.</i>	<i>P. penetrans</i>	<i>P. penetrans</i> <i>crassus</i>	<i>D. dipsaci</i>	<i>D. dipsaci</i> <i>destruens</i>	<i>I. chthonica</i> <i>diplos</i>	<i>R. similis</i> <i>radicum</i>
Papas	Ff					Fm		Fm	Fm	Mm	Ff	Bn	Bn	Bn
Remolacha		Ff	Ff			Bm	Bm		Bn	Bn	Nm	Nn	B	Fb
Espinaca		Mm	Mm			Bb								
Avena				Ff										
Centeno				Fb										
Cebada				Fm										
Maiz				m										
Raigras				Fb										
Trébol			Bm		Ff	Ff		B	Fm	Mn	Nn	Nn	M	M
Arveja			f			Ff		M	Fm	B	Ff	Nn	F	
Vainitas			Bm			Mb		M	Fm	M	Mb			
Habas			Mm			Fm		B	Fm	M	Ff	Nn		
Coles			Fm			Bn		Bn		Bb				
Zanahoria						Mf		Bf	Mf	Bb				Fm
Nabos						Mm			M		Mf			Mm
Puerro						Bn	Bn	B	Fb		Bn			
Cebollas						Bf	Bf	B	Fb		Ff			
Achicoria						Ff			Mn		Nn	Nn		F

Las letras denotan la capacidad de multiplicación del nematodo en el cultivo y la tolerancia al daño.

Capacidad de multiplicación: Ninguna (N), Baja (B), Moderada (M) y Fuerte (F)  
Sensibilidad al daño: Ninguna (n), Baja (b), Moderada (m) y Fuerte (f)

**Cuadro 30. Esquema de manejo integrado de *Globodera pallida* por niveles de población**

Ciclo	Niveles poblacionales					
	bajo		medio		alto	
	Componentes	Fluctuación poblacional <sup>***</sup>	Componentes	Fluctuación poblacional	Componentes	Actuación poblacional
0	P inicial	6	P inicial	20	P inicial	50
1	Chola (10x)*	60	P inicial	20	P inicial	400
2	Barbecho+remoción (-73%)**	16	Barbecho+remoción (-73%)	200	Esperanza (8x)	292
4	Santa Catalina (11x)	176	Esperanza (8x)	54	Barbecho+remoción (-73%)	80
5	Barbecho+remoción (-73%)	48	Barbecho+remoción (-73%)	432	Cambio de cultivo remoción (-73%)	
6	Esperanza (10x)	480	Pastos (-20%)	117		
7	Barbecho+remoción (-73 %)	130	Pastos (-30%)	57		
8	Trigo (-30%)	91	Pastos (-30%)	40		
9	Barbecho+remoción (-73%)	25	Pastos (-30%)	38		
10	Haba (-30%)Papa	7	Pastos (-30%) papa	20		

- \* Índice de reproducción del nematodo
- \*\* Porcentaje de reducción de la población del nematodo
- \*\*\* Larvas y huevos por gramo de suelo

### Barbecho

El conocimiento de los sistemas de producción y forma de cultivo es de gran ayuda para propósitos de controlar este nematodo. Al respecto, en la zona central andina del Ecuador, normalmente después de cada cultivo se deja el campo en barbecho, dejando crecer la vegetación espontanea. Un mes antes de la siembra de la próxima sucesión de papa, se vira la capa superior del suelo a fin de incorporar la vegetación como abono verde. Esta práctica en la época seca provoca una reducción considerable a la población de *G. pallida* de hasta el 70%.

## Enfermedades causadas por bacterias

### Pierna negra o pie negro

Agente causal: *Erwinia spp.*

La pierna negra es hasta la fecha la única enfermedad bacteriana de amplia distribución en las zonas paperas del país. La bacteria es un habitante típico del suelo, pero puede afectar cultivos infectando semilla y rumas de papa por contacto durante el almacenamiento, sobre todo cuando la ventilación es inadecuada. Los daños en la semilla de papa consumo durante el almacenamiento suelen ser graves, ya que la diseminación de la infección ocurre con rapidez.

En Ecuador la *Erwinia carotovora spp atroseptica* es la subespecie más común, pero en los suelos se encuentra también la subespecie *carotovora*. La pierna negra es una enfermedad difícil de controlar. La bacteria puede permanecer latente en los tubérculos, inclusive en los restos de materiales afectados. Por otro lado, se ha constatado una baja correlación entre la infección encontrada en un cultivo de semilla y la cantidad de pierna negra en cultivos comerciales sembrados con semilla proveniente del lote. Esto implica que las condiciones ambientales son decisivas en el desarrollo de la enfermedad. La enfermedad se expresa con más fuerza en el follaje cuando la siembra ocurre en suelos fríos húmedos y predominan altas temperaturas después de la emergencia. El daño por *Erwinia* fue grave en 1999, un año altamente lluvioso que produjo una incidencia general mayor del 20% en campos monitoreados en Carchi y Chimborazo, sin que su presencia se detectara visualmente en los lotes de semilla sembrada.

### Síntomas

La enfermedad produce una pudrición suave en la base del tallo, inicialmente de color café claro que se torna negro a medida que avanza la infección. La planta detiene su crecimiento, adquiere un aspecto marchito, se torna de color amarillo y muere. En los tubérculos la infección produce manchas acuosas que se extienden progresivamente hasta pudrir todo el tubérculo. La *Erwinia carotovora spp. atroseptica* no sobrevive más de un año en el suelo, pero puede persistir por largos periodos en tubérculos no-cosechados, restos de plantas infectadas y en infecciones latentes en tubérculos-semilla.

### Manejo

Las medidas recomendadas son comunes para pudriciones blandas causadas por diversos patógenos. Es preciso seguir en forma rigurosa los siguientes pasos:

- Usar semilla de calidad garantizada. Recuerde que un solo tubérculo infectado en el lote de semilla almacenada puede infectar fácilmente un centenar de tubérculos. La higiene de instrumentos y medios de transporte es indispensable.

- No sembrar en parcelas donde se ha presentado pierna negra en el cultivo anterior.
- No sembrar en suelos susceptibles de anegamiento, con mal drenaje o en condiciones de alta humedad. Sembrar cuando las temperaturas del suelo a la profundidad de siembra superen los 12°C.
- No usar riego por inundación en caso de haber peligro de pierna negra.
- Eliminar las plantas infectadas sólo en caso de siembra para semilla.
- Asegurarse de que el daño por cosecha sea mínimo, y cosechar en clima seco. No almacenar, ensacar o apilar papa mojada. No almacenar en lugares donde haya probabilidad de condensación.
- El resultado de la desinfección química ha sido errático y no existen recomendaciones confiables.

### **Sarna común**

**Agente causal:** *Streptomyces scabies*, *Streptomyces spp.*

La sarna común es provocada por una bacteria del suelo y afecta principalmente la calidad del tubérculo. Es una enfermedad con muchas facetas y causada por múltiples subespecies. Pese a ser la enfermedad de más amplia distribución en todo el mundo, hasta los años ochenta su presencia en el país era muy baja.

Ataques severos de sarna común ocurren durante estaciones secas, generalmente en suelos livianos, alcalinos y recientemente encalados. La bacteria crece mejor con un pH de 6.5 a 8.0 en la sierra. Raras veces se encuentran estas condiciones en las zonas paperas.

A partir de estudios realizados en otros países, se sabe que existe una gran diferencia en cuanto a la resistencia varietal a esta bacteria. La variante de la enfermedad que probablemente afecta más a la papa en el Ecuador es la llamada *sarna de pradera* o *sarna reticular*. Esta encuentra bien distribuida en la región norte y centro de la sierra. Es muy severa cuando se cultiva inmediatamente después de romper el suelo con pasturas (pastos) permanentes, práctica común en la sierra. Sus agentes causales son diferentes tipos de *Streptomyces* que soportan bien suelos ácidos y prefieren condiciones húmedas, sobre todo en los estados tempranos de desarrollo del cultivo.

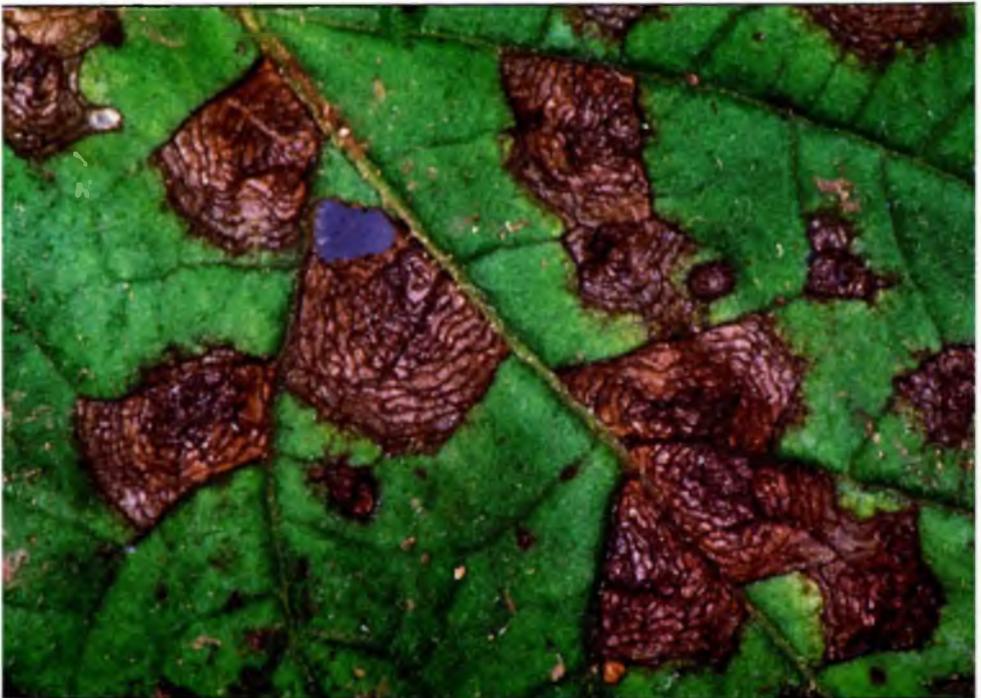
Las variedades comerciales del Ecuador no han sido caracterizadas, pero en general parecen susceptibles. A diferencia de la sarna común, la sarna de pradera ataca también raíces y estolones. Cuando las raíces son afectadas, especialmente los pelos radiculares, el crecimiento de la planta se retrasa. Un ataque severo puede causar fuertes bajas en el rendimiento o la pérdida total del cultivo.

### **Síntomas**

Los síntomas en el tubérculo varían mucho según el tipo o especie de bacteria y la variedad de papa. En la piel de tubérculos afectados se producen lesiones superficiales angulosas y redondeadas. Las lesiones pueden aparecer aisladas o en



Foliolos afectados por tizon tardío o lancha



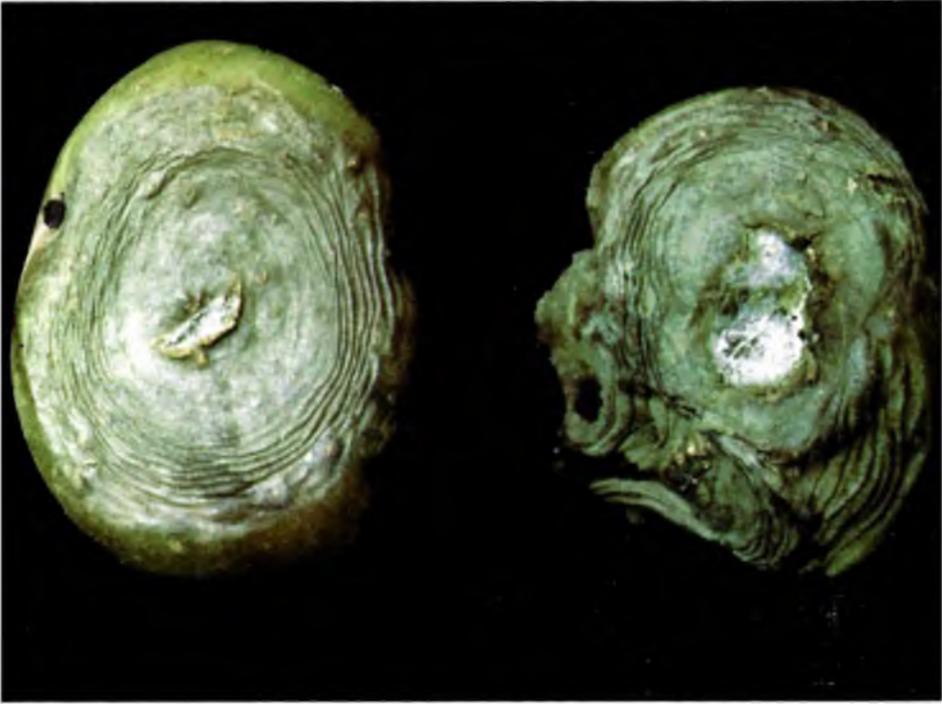
Tizón temprano o alternaria



Berruga



Pudrición basal



Pudrición seca



Marchitez (*Fusarium spp.*)



Rizoctoniasis o costra negra



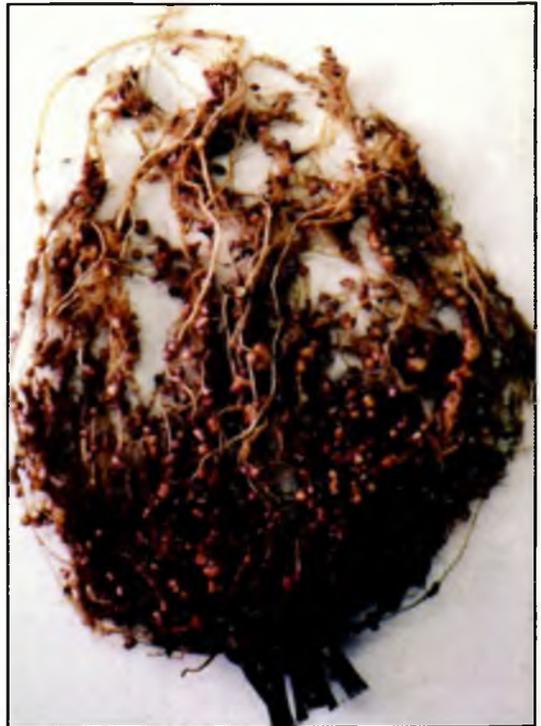
Roña o sarna polvorienta



Pudrición acuosa



Nematodos del quiste



Falso nematodo



Nematodos del nódulo de la raíz



Nematodos del nódulo de la raíz



Erwinia



Sarna común



**Marchitez bacteriana**

**Mosaicos (PVX, PVS, PVM, PVY y PVA)**





Virus (PLRV)



Enanismo

grupos y producir hendiduras profundas o protuberancias tipo verruga. La piel puede adquirir también una consistencia corchosa.

La infección en el tubérculo aparece primero en forma de manchas cafés que se desarrollan con una típica estructura reticular en forma de malla, junto a la cual surgen rajaduras. Por esta razón es fácil confundir los síntomas de esta enfermedad con los provocados por *Rhizoctonia solani*.

Generalmente se considera que la sarna común no afecta los rendimientos. En infecciones severas toda la superficie del tubérculo presenta el síntoma. Como el tejido debajo de la piel permanece sano, no se producen pérdidas al pelar. Sin embargo, el aspecto de la papa afectada es desagradable y muy difícil venderla lavada, práctica cada vez más común en la comercialización de papa para consumo.

### **Manejo**

- No existen productos químicos que controlen debidamente la sarna común, pero se puede controlar la sarna de pradera aplicando mancozeb en polvo (8%) a la semilla.
- Usar semilla de alta calidad. Los tubérculos seriamente dañados afectan a las yemas y alteran el desarrollo de los brotes. Sin embargo, el inóculo que porta la semilla suele ser despreciable en comparación con el que se puede encontrar en el suelo.
- Usar rotaciones largas y evitar cultivos hospederos previos a la papa, como zanahoria, nabo, rabanito y remolacha roja.
- No sembrar papas en suelos de rompe, sobre todo cultivos destinados a semillas.
- No encalar el campo antes de sembrar la papa, especialmente si el suelo tiene textura arenosa.

### **Marchitez bacteriana**

**Agente Causal: *Pseudomonas (Ralstonia) solanacearum***

La marchitez bacteriana es una enfermedad ampliamente difundida. Se encuentra en regiones templadas de los trópicos y en países de mayor latitud. Sin embargo, algunas cepas de la bacteria se han adaptado a condiciones de clima templado y cálido. En países donde existen estas condiciones se ha convertido en el mayor obstáculo para la papa.

En el Perú se han reportado suelos supresivos para *R. solanacearum*, pero no se han identificado los factores responsables. En el Ecuador no se ha constatado esta enfermedad, al menos a nivel epidémico. Sin embargo, en repetidas oportunidades hemos observado más síntomas en tubérculos importados de Colombia. Probablemente la baja temperatura en la sierra es un factor supresivo, ya que la bacteria no sobrevive bien en climas con temperaturas por debajo de los 14°C. Si existe bastante inóculo y predominan altas temperaturas, la bacteria puede atacar no sólo a la papa sino también al tomate y a otras plantas de la familia *Solanáceas*.

Sobrevive en el campo de dos a tres años en restos de cultivos o en plantas voluntarias. Se transmite por contacto entre raíces, y puede moverse de una parcela a otra por medio del agua.

### **Síntomas**

El ataque de marchitez se expresa inicialmente en la decoloración leve de un sólo lado de las hojas o de la planta. A menudo se confunde con los síntomas de marchitez por *Verticillium*. Posteriormente, la marchitez progresa, la planta se seca y muere. Al interior del tallo los haces vasculares se vuelven oscuros. La bacteria infesta el suelo a través del mucílago bacteriano que escapa de los “ojos” del tubérculo y los estolones.

Una forma de identificar la enfermedad es cortar el tallo o el tubérculo y sumergirlo en un vaso de agua. Del borde del corte fluye una secreción bacteriana lechosa.

### **Manejo**

- Mantener la semilla libre de infección. Si la bacteria está presente en la semilla, evitar la siembra en terrenos bajos.
- No sembrar en suelos con una historia de marchitez.
- Arrancar plantas voluntarias y malezas de *Solanáceas*.
- Realizar rotaciones amplias de por lo menos cinco años. Rotar con hospederos antagonistas. La cebolla, el maíz y la zanahoria pueden reducir la población de la bacteria.

Existe evidencia de variedades resistentes, pero ésta no ha sido determinada para variedades nacionales en el país.

### **Enfermedades causadas por virus**

Los virus son diminutas partículas que sólo se puede observar con ayuda de un microscopio electrónico. En papas los virus causan una disminución del rendimiento y constituyen un serio obstáculo al comercio de semilla y para el tráfico de germoplasma entre los países. Se conocen 24 virus y un viroide que parasitan la papa. Sin embargo, no todos se encuentran comunmente en el país.

Los virus forman un problema especial para la producción de semilla porque su multiplicación se realiza principalmente de manera vegetativa. Con el transcurso del tiempo se acumulan las partículas virales en los tubérculos. No existen productos que eliminen estos patógenos de las plantas o los tubérculos.

Los virus de la papa han sido clasificadas según su forma de transmisión, tamaño, rango de hospedantes y otros criterios. Se transmiten por semilla mecánicamente y por vectores en el campo. Frecuentemente las condiciones ambientales determinan la ocurrencia de una infección, y la posibilidad de que una

epidemia se desarrolle rápidamente. Con respecto a los vectores (insectos, nemátodos, hongos, cúscuras y el hombre con sus implementos agrícolas), se destacan los áfidos por su eficiencia, en particular el áfido verde del duraznero (*Myzus persicae*).

Los síntomas más comunes causados por enfermedades virales son mosaicos, pero también moteados, clorosis de las hojas, arrugamientos, enanismo y necrosis. La sintomatología puede variar mucho, dependiendo de las condiciones ambientales y las variedades cultivadas. Por lo tanto, en determinadas circunstancias y variedades, algunos virus pueden ser letales o totalmente asintomáticos.

La manera más efectiva de controlar los virus es la prevención. Por ello, es importante utilizar tubérculos con garantía sanitaria y ejercer un manejo de vectores.

### **Amarillamiento de las venas de la papa (PYVV)**

**Agente causal: Desconocido, posiblemente pertenece al género *Crinivirus***

Su presencia en el país fue reportada en 1998, aunque al parecer el virus entró al país hace muchos años con la importación de cultivares extranjeros. La mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) ha sido señalada como un vector. No hay evidencias de transmisión mecánica.

#### **Síntomas**

No siempre se expresan los síntomas en las plantas afectadas. Inicialmente las venas de las hojas se tornan de un color amarillo brillante. Más tarde toda la lámina foliar e incluso toda la planta se amarilla.

#### **Manejo**

- Usar semillas de calidad y evitar la siembra de tubérculos de zonas con alta presión de mosca blanca.
- Eliminar especies hospederas naturales, como *Lycopersicum spp.* y *Solanum nigrum*.

### **Virus del enrollamiento de las hojas (PLRV)**

**Agente Causal: *Potato Leaf Roll Virus***

Es un luteovirus que afecta al floema de la planta. Sus partículas son isométricas y su tamaño aproximadamente de 25 nanómetros de diámetro.

#### **Epidemiología**

El virus del enrollamiento de la hoja (PLRV) es la enfermedad viral más importante en papa. Se halla diseminada en todas las áreas productoras de papa del mundo, y

puede ocasionar drásticas pérdidas en rendimiento. En el Ecuador, su presencia es errática y la magnitud del daño depende del lugar de siembra. En los cultivos sembrados sobre los 3.000 m.s.n.m. las infecciones son prácticamente nulas debido a la baja población de vectores. La transmisión natural de PLRV ocurre a menudo y por semilla a través de varias especies de áfidos de manera persistente.

### **Síntomas**

La enfermedad presenta dos tipos de síntomas de acuerdo con el medio de infección. Los síntomas primarios, cuando la planta es infectada por un vector contaminado, consisten en el enrollamiento de las hojas superiores, principalmente en la base de los folíolos, una tendencia al crecimiento erecto de las hojas y por un color amarillo pálido. Los síntomas secundarios, cuando la infección se localiza en el tubérculo sembrado, consisten en el enrollamiento de las hojas basales, enanismo, crecimiento erecto y palidez de las hojas superiores. En algunas ocasiones, dependiendo de la variedad, puede aparecer una tonalidad marrón rojiza en la base de los folíolos enrollados.

### **Manejo**

Usar semilla de calidad y controlar los vectores del virus. En lotes donde planifica seleccionar semilla, si existe aumento en la población de áfidos en la fase final de cultivo, se recomienda eliminar el follaje y las plantas enfermas.

### **Virus leves o latentes (PVX, PVYS)**

**Agente Causal: *Potato virus X y S***

El PVX es un virus cuya partícula mide aproximadamente 520 x 13 nanómetros. El PVS está identificado como un *Carlavirus* que mide 640 x 11 nanómetros.

### **Epidemiología**

En Ecuador, las infecciones de virus PVX y PVS son comunes en cualquier condición de cultivo. Durante muchos años se consideraron inofensivos debido al carácter latente de sus síntomas. Sin embargo, suelen causar pérdidas en la producción de alrededor del 10%.

El PVX y el PVS se transmiten por contacto y se diseminan con los implementos agrícolas, la ropa o en el aparato bucal de algunos insectos. Pueden transmitirse en el tubérculo. Hay evidencia de transmisión por semilla sexual.

### **Síntomas**

Generalmente, los virus latentes producen moteados, mosaicos intervenales y rugosidad en las hojas. A veces también ocasionan síntomas que no se pueden detectar a simple vista. En algunas variedades, la enfermedad reduce el número o el

tamaño de los tubérculos. Ocasionalmente se producen un bronceado severo y manchas necróticas en las hojas, y llegan a provocar la caída del follaje.

### **Manejo**

Se debe utilizar semilla de calidad. Prevenir la transmisión mecánica limpiando y desinfectando la maquinaria agrícola y controlando el movimiento en el campo.

### **Mosaico severo (PVY)**

**Agente Causal: *Potato virus Y***

Pertenece al género Potyvirus y tiene partículas flexibles de 740 x 11 nanómetros.

### **Epidemiología**

El PVY es el segundo virus en importancia en papa en el país. Se ha observado una reducción en el rendimiento hasta un 60% cuando se utiliza semilla severamente infectada. El PVY es transmitido por varias especies de pulgones de modo no persistente. Su incidencia en el Ecuador es similar a la del PLRV, y disminuye con la altura. A menudo el PVY está asociado con otros virus.

### **Síntomas**

El PVY puede ocasionar diferentes síntomas de acuerdo con la cepa del virus la variedad cultivada y las condiciones ambientales. Un síntoma típico es la rugosidad y el retorcimiento de las hojas. Generalmente se presenta un doblez hacia abajo del margen de los folíolos, enanismo y mosaicos en las hojas.

### **Manejo**

Usar semilla de calidad o semilla proveniente de áreas libres de virus. Controlar a los áfidos. Es preferible realizar el cultivo en época lluviosa cuando la población de pulgón es baja.

## Plagas

Las plagas insectiles causan pérdidas considerables tanto en rendimiento como en la calidad de la papa. Para realizar un manejo efectivo de las plagas que atacan a la papa, es preciso identificarlas y conocer las alternativas de manejo integrado.

Las recomendaciones sugeridas son el producto de investigaciones realizadas en las diferentes zonas productoras de papa del país y son de carácter general. El técnico y el productor deberán realizar ajustes de acuerdo con las particularidades de cada sitio

### Plagas del tubérculo

#### Gusano blanco

##### *Premnotrypes vorax*

*Premnotrypes vorax* se encuentra distribuida en la región andina desde Chile hasta Venezuela, por lo que en algunos países se le conoce como el *gorgojo de los Andes*. En el Ecuador se le conoce como el gusano blanco o arrocillo.

La presencia de larvas del gusano blanco comunmente incrementa los costos de producción por uso de plaguicidas. Los daños provocados en el tubérculo se hacen evidentes en el momento de la cosecha. En las provincias de Cañar, Carchi, Chimborazo y Cotopaxi, los niveles de pérdida del valor comercial de los tubérculos afectados oscilan entre 20 y 50%.

#### Ciclo de Vida

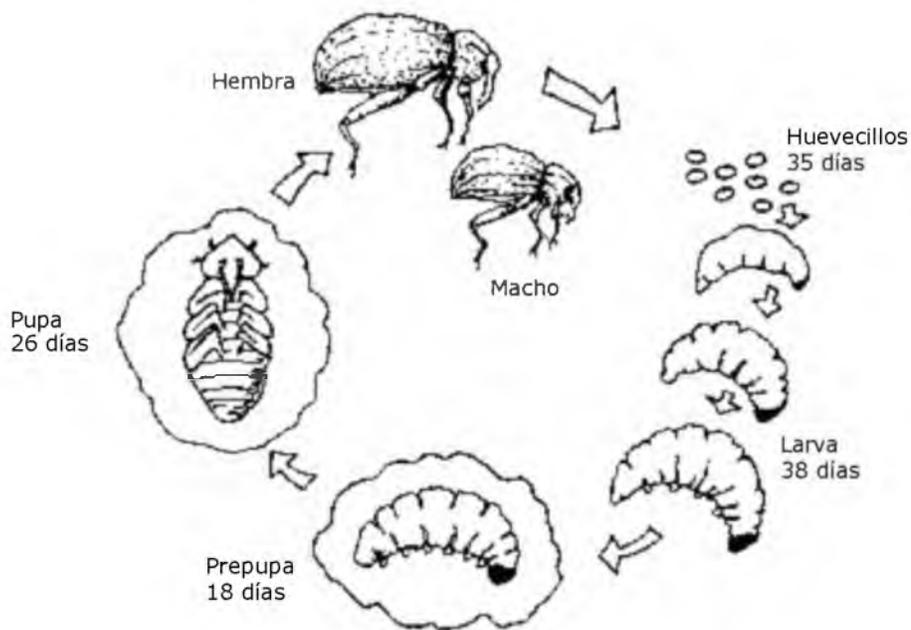
El ciclo biológico del gusano blanco representa una metamorfosis completa. El insecto inmaduro es morfológicamente distinto al insecto en estado adulto, y las diferentes etapas viven en hábitats distintos. Las fases del ciclo biológico son: huevecillo, larva, prepupa, pupa y adulto.

- **Huevos:** Son cilíndricos, ligeramente ovalados con una longitud de 1.7 mm y un diámetro de 0.50 mm. Están recubiertos por una sustancia mucilaginoso cuando recién ovipositados. Son de color blanco brillante, pero a medida que desarrollan se tornan de color ambar opaco.
- **Larvas:** Son de color blanco-cremoso, con cabeza pigmentada y muy bien diferenciada. En el quinto y último estadio miden de 11 a 14 mm, y tienen el cuerpo en forma de "C", subcilíndrico y carnoso. Los segmentos abdominales medios son de mayor diámetro que los torácicos y los caudales. Carecen de patas verdaderas y en reemplazo tienen unos abultamientos provistos de setas.
- **Pupas:** Son de color blanco. Se desarrollan dentro de una celda formada de tierra.

- **Adulto:** Es un insecto de aproximadamente siete mm de largo y cuatro mm de ancho. El cuerpo puede tomar la tonalidad del suelo donde se encuentra, haciendo difícil su detección. La hembra es ligeramente más grande que el macho y de aspecto redondeado, con una línea amarilla a lo largo de la parte superior del abdomen. El macho es alargado y no posee la línea.

La duración promedio de cada fase metamórfica es: huevecillo, 35 días; larva, 38 días; prepupa, 18 días; pupa, 26 días; fase de endurecimiento del cuerpo, 17 días (figura 12). Un gusano adulto vive aproximadamente 270 días. Durante este periodo, la hembra logra poner unos 260 huevecillos.

Figura 12. Ciclo biológico del gusano blanco



### Comportamiento y daño

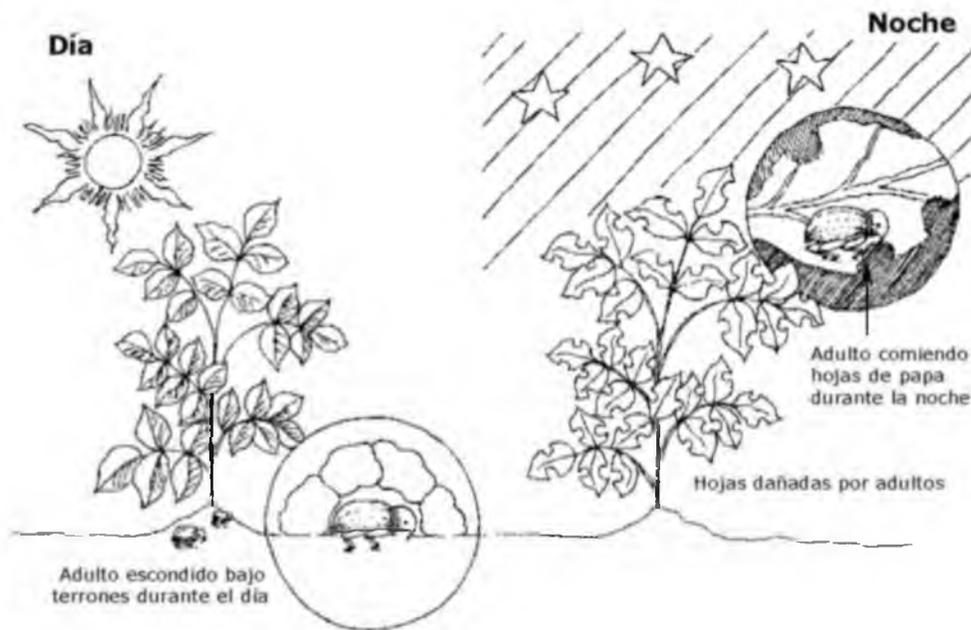
El adulto de gusano blanco prolifera en dos épocas: del cultivo de papa a partir de la preparación del suelo hasta los 45 días después de la emergencia y en el periodo entre los 30 a 90 días después de la cosecha. En suelos sin remoción, la presencia de adultos no es evidente, ya que emergen a la superficie en diferentes épocas. En caso de remoción del suelo el adulto sale sincronizadamente.

Durante la noche, el adulto recorre el campo en busca de sitios de colonización y alimento. Durante el día se esconde bajo terrones y en la base de las plantas. No puede volar, pero camina hábilmente.

La hembra deposita sus huevos en tallos huecos de rastrojos, gramíneas o malezas, de aproximadamente dos mm de espesor. Al eclosionar, las larvas se introducen en la tierra en busca de alimento y en las raicillas y tubérculos de papa, en los que se escarvan, produciendo galerías. Luego de que la larva cumple su ciclo, sale del tubérculo y empupa en el suelo. Luego de completar un desarrollo bajo tierra, el adulto emerge a la superficie del suelo. En suelos secos pueden permanecer sin alimento hasta por tres meses.

El adulto se alimenta de las hojas bajas de la papa, dejando en el follaje un corte en forma de media luna. También se alimenta de otras plantas como la coloradilla, la tzera, la pacta y el nabo.

Figura 13. Comportamiento del adulto de gusano blanco



#### **Manejo integrado**

El momento más oportuno para la eliminación de los adultos empieza 30 días antes y termina 30 días después de la siembra. En este lapso se recomienda un periodo de campo limpio (sin residuos de plantas). Se puede bajar la población de gusanos

blancos a través de la captura de adultos antes de que pongan huevos y controlando en forma directa las larvas en el suelo, usando los siguientes métodos.

- **Uso de trampas:** Se recomienda colocar trampas, como sitios de refugio diurno. Estas trampas consisten en ramas frescas de papa (previamente envenenada con insecticida), cubiertas por un cartón de 30x40 cm, costal o paja de páramo. Los adultos están atraídos por el olor de las ramas de papa y se mueren al alimentarse de las hojas tratadas con insecticida.
- **Plantas cebo:** Aún más efectivas que las trampas son las plantas cebo. Esta práctica consiste en trasplantar plantas de papa al rededor de la parcela, que son tratadas con insecticidas. De igual forma como las trampas, las plantas cebo atraen y matan a los adultos antes de que ovipociten. Las plantas cebos emiten más olor y atraen hasta diez veces la cantidad de adultos que las trampas.

**Notas:**

- ♦ El número de trampas y plantas cebo es de 100 por hectárea. Se debe colocar una trampa cada diez m y una planta cebo entre una y otra trampa.
  - ♦ Los productos a usarse en las trampas, las plantas cebo y el cultivo son profenofos (2.5cc/l) o acefato (2.0g/l). Para uso exclusivo en las trampas se puede emplear carbaryl (3g/l). La efectividad del insecticida en las trampas y plantas cebo dura alrededor de 15 días. Se recomienda cambiar las ramas de las trampas y reaplicar insecticida en las plantas cebo.
  - ♦ Al emerger el cultivo de la papa, las trampas y plantas cebo pierden su utilidad.
  - ♦ Después de la cosecha se puede repetir el uso de trampas o plantas cebo para proteger futuros cultivos de papa.
- **Control químico:** En los casos en que no se haya logrado una eficaz eliminación de los adultos hasta antes de la emergencia, se recomienda el control químico con un máximo de tres aplicaciones de insecticida. Se debería aplicar insecticidas como profenofos, acefato a los 40, 60 y 80 días de cultivo (en variedades cuyo ciclo es de 6 meses), y sólo a los 40 y 60 días en variedades precoces. No recomendamos el uso de carbofurán (Furadán) debido a su alta toxicidad y efectos en la salud humana.

**Manejo agronómico**

- Una rotación de por lo menos tres años es necesario para reducir la población del gusano blanco.
- La cosecha debe ser completa. No se debe dejar tubérculos en el campo, y se debe eliminar las plantas espontáneas de papa.

- Se debe mantener periodos de campo limpio, eliminando fuentes de alimentación y refugio. Se debe eliminar plantas espontáneas de papa en los cultivos de rotación.
- Se debe controlar fuentes de infestación, por ejemplo al momento de la cosecha y selección, utilizando plásticos y mantas bajo de las papas para que las larvas de gusano blanco no se trasladen al suelo.

### **Polilla de la papa**

#### ***Tecia solanivora (Povolny)***

La *Tecia solanivora* es un lepidóptero de la familia *Gelechiidae*, cuyas larvas se alimentan de los tubérculos de papa. Este insecto es endémico de Guatemala. Debido al comercio de papa entre países, su diseminación ha sido muy rápida. A fines de 1983 llegó a Venezuela en un lote de semilla de la variedad Atzimba procedente de Costa Rica. En 1985 fue introducida en Colombia a través de un lote de tubérculos semilla procedente de Venezuela, y en 1996 se confirma la presencia de la polilla de la papa en la provincia de Carchi, Ecuador. En este mismo año el SESA declaró a esta provincia en emergencia fitosanitaria. En la actualidad la plaga se ha dispersado a otras provincias de la sierra ecuatoriana, constituyéndose en una amenaza para todas las zonas productoras de papa del país.

#### **Ciclo biológico**

*Tecia solanivora* forma parte de un grupo de especies conocidas con el nombre común de polilla o palomilla de la papa. Como todas las polillas, *T. solanivora* presenta un ciclo de vida de cuatro fases: huevo, larva, pupa y adulto.

- **Huevo:** Es de forma ovoide y mide 0.5 mm de longitud y 0.4 mm de ancho en la parte media. Recién ovipositado es de color blanco aperlado. A medida que avanza el proceso de incubación el huevo se torna amarillento, y cuando está próximo a eclosionar es de color marrón oscuro. La incubación del huevo puede durar de 12 a 15 días.
- **Larva:** Es de tipo erusiforme, con tres pares de patas torácicas verdaderas y cinco pares de pseudopatas (cuatro abdominales y un par anal). El desarrollo larval pasa por cuatro fases evolutivas, proceso que dura entre 30 y 35 días. En la cuarta y última fase las larvas miden entre 12 y 15 mm de largo y 2.5 mm de ancho. El cuerpo es de color púrpura en el dorso y verde en la región ventral.  
Una vez completado su desarrollo, la larva deja de alimentarse, abandona el tubérculo, pierde movilidad y empieza a tejer un capullo de seda, al cual se adhieren partículas de tierra, formando un cocón.
- **Pupa:** La pupa es fusiforme; al principio es de color café claro y posteriormente café oscuro. Normalmente la pupa se encuentra envuelta en el cocón, aunque también se pueden encontrar pupas desnudas. El estado de

pupa dura entre 28 y 32 días. La polilla empupa en el suelo, paredes de los almacenes, empaques (costales), basura o dentro de los mismos tubérculos.

- **Adulto:** La hembra es más grande que el macho y mide entre 10 a 13 mm de longitud por 3.4 mm de ancho. Es de color marrón claro pajizo. El primer par de alas presenta tres manchas (o estigmas) y líneas longitudinales marrón brillante. El macho mide 9.7 mm de longitud por 2.9 mm de ancho, distinguiéndose de la hembra por tener el abdomen menos globoso que éstas. Es de color marrón oscuro y tiene dos manchas (o estigmas) en el primer par de alas y líneas longitudinales poco visibles.

Los adultos de polilla viven en promedio de 18 a 22 días. La hembra atrae al macho mediante una sustancia llamada feromona. Después de la fecundación la hembra deposita de seis a 15 huevecillos en la base de la planta de papa y sobre los tubérculos en los costales. Durante su vida deposita alrededor de 260 huevecillos. El tiempo que transcurre desde que el huevo es depositado hasta que nace el adulto varía entre 70 y 80 días.

### **Comportamiento**

La polilla vive en el cultivo y en los sitios de almacenamiento de la semilla. La presencia de los insectos adultos coincide con el periodo de tuberización, por lo tanto al inicio del cultivo de papa. Durante el día, el adulto se esconde en lugares sombreados, principalmente en la base de la planta de papa o malezas. Al atardecer inicia su desplazamiento mediante vuelos a baja altura. El adulto se alimenta de exudados de la planta de papa; sin embargo, puede vivir sin alimentarse.

### **Medidas de prevención en el campo**

- **Sembrar semilla sana**
- **Realizar aporques altos:** El aporque alto forma una barrera física de protección de los tubérculos. Se debe evitar que las larvas que están en la base de la planta y en la superficie del suelo lleguen a los tubérculos.
- **Cosechar oportunamente:** No se debe dejar el cultivo sin cosechar más del tiempo necesario.
- **No dejar residuos de cosecha, papas infestadas en el campo o en caminos:** El gusano se alimenta únicamente de papa. Al finalizar la cosecha recoja todo los residuos, eliminando así los focos de infestación de la plaga. La eliminación de los residuos puede hacerse mediante la recolección manual, o con la ayuda de cerdos o gallinas.
- **Rotación de cultivo:** La rotación de cultivos permite romper el ciclo de la plaga. Al no tener alimento disponible, la larva se muere.

### **Medidas de prevención en bodega**

- **Desinfestar bien su bodega antes de almacenar la semilla y colocar una trampa para detectar adultos:** No es fácil de detectar la presencia de pocos tubérculos con larvas en su interior. Como la plaga tiene gran capacidad de reproducción, en poco tiempo puede causar graves daños a los tubérculos almacenados.
- **Utilizar sacos o envases nuevos:** Sacos usados pueden llevar huevecillos de la plaga, que son difíciles de detectar a simple vista.
- **Revisar periódicamente la semilla:** A pesar de haber tomado medidas de prevención, es necesario revisar periódicamente la semilla en su bodega.

### **Medidas de control**

- **Asolación:** Si la semilla presenta larvas, se recomienda exponer los tubérculos al sol por hasta diez días y sobre una superficie dura. De esta manera, por el calor del sol las larvas abandonan el tubérculo. Se debe matar las larvas y tener cuidado para evitar daños a los brotes del tubérculo-semilla.
- **Uso de baculovirus en semilla:** El baculovirus es un virus que afecta a la larva de la polilla. El INIAP está trabajando en su producción comercial.
- **Gas toxín:** Si la infestación de la semilla llega a 15%, se puede realizar una aplicación de gas toxín (una pastilla para cinco quintales de semilla de papa). Se recomienda efectuar la fumigación fuera de la casa en sitios que no corran peligro personas y animales domésticos. El uso de gas toxín es muy peligroso, y por ello es necesario solicitar asesoramiento para aplicar este método y seguir estrictamente los procedimientos de la etiqueta. Aún después de este tratamiento existe la posibilidad de que algunos huevecillos y pupas no hayan muerto. De allí nace la necesidad de realizar otras medidas complementarias de prevención y protección de la semilla de papa, mediante una aplicación de insecticidas en polvo.
- **Insecticidas en polvo:** Los insecticidas en polvo como Sevin y Malathión aplicados a una concentración de 5% pueden proteger la semilla de papa. Por lo tanto pueden utilizarse tanto en semilla sana como en semilla tratada con gas para evitar la reinfestación. La aplicación de estos insecticidas se realiza espolvoreando el producto en capas finas sobre las papas, tratando en lo posible que cada tubérculo esté cubierto con el producto. Estos productos han resultado efectivos y poseen relativamente baja toxicidad para las personas.

Trampas con feromonas sirven para detectar la presencia de la plaga, el desarrollo de la población y eventualmente como medida de control. La trampa atrae y captura a los machos de la polilla. Se la construye de la siguiente manera: A un galón de plástico se le recorta dos ventanas laterales para que permita la circulación del aire. En la parte superior del galón se fija un alambre que desciende hasta la mitad de la ventana, donde se coloca el dedal de caucho que contiene la feromona. El macho

esta atraído por el olor de la hembra choca con las paredes internas del envase, y cae en la base que contiene agua jabonosa. La renovación del agua y la lectura de la población se realiza cada ocho días.

Con fines de monitoreo, se debe colocar las trampas alrededor de la sementera de papa a la altura de las plantas y a una distancia de 40 metros entre una y otra. La etapa más adecuada para el trampeo está comprendida desde la floración, cuando aumenta la población de adultos, hasta la cosecha.

### **Pulgón**

#### ***Myzus persicae* y *Macrosiphun euphorbiae***

Los pulgones (*Myzus persicae* y *Macrosiphun euphorbiae*) tienen un cuerpo suave en forma de pera. Miden alrededor de tres mm y tienen en la parte dorsal posterior del abdomen dos prolongaciones denominadas cornículos. Generalmente la población de pulgones está compuesta por individuos sin alas, que se agrupan en colonias alrededor de una hembra madre. En algunas ocasiones se presentan con alas al momento de colonizar otras plantas o cultivos.

### **Daños**

El pulgón es un insecto succionador que normalmente no llega a ser una plaga grave en el campo. Sin embargo, puede ser vector de virus. Durante el almacenamiento puede transmitir virus entre brotes y tubérculo-semilla.

### **Manejo en almacenamiento**

Para combatir esta plaga se recomienda el uso de mallas antiáfidos en los lugares de almacenamiento. También se puede espolvorear, tanto en las semillas como en las áreas de almacenamiento, malathión y carbaryl al 5%. Se debe eliminar brotes y semilla con síntomas de virus para prevenir la llegada de material infectado al campo.

## **Plagas del follaje**

### **Pulguilla**

#### ***Epitrix* spp.**

La pulguilla (*Epitrix* spp.) es un coleóptero de la familia *Crysolmelidae* que mide entre 1.5 a 2.0 mm de largo. Es de color negro brillante y salta con facilidad. Se encuentra presente en casi todas las regiones productoras de papa del país.

### **Daños**

La larva de este insecto se alimenta de las raíces y del área externa del tubérculo, donde produce cicatrices poco reconocibles en papa cosechada. En estado adulto se

alimenta de los brotes recientes de la planta y de los folíolos no abiertos, ocasionando perforaciones circulares que aumentan de tamaño conforme crece el folíolo. Los rendimientos de la cosecha comienzan a ser económicamente afectados cuando esté comprometida la emergencia de las plantas o si la población de pulguilla es mayor a dos insectos por tallo durante los primeros 60 días del cultivo.

### **Manejo**

En condiciones de sequía y antes de la emergencia de las plantas, el empleo de trampas y plantas cebo puede ser un mecanismo de control. La pulguilla prolifera en épocas de sequía. Solo se recomienda la aplicación de insecticidas en infestaciones severas durante los primeros 60 días del cultivo. Los productos a usarse pueden ser profenofos, acefato. Otros productos que controlan la pulguilla son los clorpirifos, diazinon, carbaryl y piretroides.

### **Trips**

#### ***Frankliniella tuberosi***

El trips es un insecto pequeño de cuerpo alargado que mide aproximadamente 1.5 mm. Posee dos pares de alas formadas por muñones rodeados de flecos. El aparato bucal es raspador-succionador.

En estado inmaduro el insecto es de color amarillo. El adulto es de color negro y se moviliza por toda la planta, pero tiene preferencia por el envés de las hojas inferiores y la flor. En el sitio donde se alimenta se encuentran manchas de color plateado, en algunos casos con una coloración rojiza sobrepuesta. Además, pueden observarse puntos de color negro formados por las deyecciones del insecto. La población del insecto normalmente se incrementa a partir de los 50 días de edad de la planta.

### **Daños**

La incidencia del trips es mayor en suelos franco-arenosos y en épocas de lluvias ligeras intercaladas con ausencia de precipitación. El mayor daño consiste en la defoliación, especialmente de los dos tercios inferiores de la planta de papa.

### **Manejo**

El momento más oportuno para combatir trips es en el estado inmaduro del insecto. Los productos a utilizarse pueden ser los mismos recomendados para la pulguilla; sin embargo estos deberán ser aplicados al envés de las hojas inferiores.

### **Mosca minadora**

#### ***Liriomyza huidobrensis***

La mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*) generalmente es conocida por los agricultores de la sierra, especialmente en el cultivo de haba. En 1997 fue reportada

como plaga afectando cultivos de papa en Carchi. Existen otras especies de *Liriomyza* que atacan al cultivo de papa en el Ecuador, pero hasta la fecha sus incidencias son menores.

El adulto es una mosca díptero de cuatro a seis mm de largo. Presenta manchas de color amarillo en los costados del tórax y una sola mancha en la parte dorsal. Además se observa áreas de color amarillo en la parte cefálica del insecto. Por sus hábitos polípagos se le encuentra en plantas cultivadas y naturales. La población del insecto se incrementa notablemente durante temporadas prolongadas de sequía.

En estado adulto, la hembra hace perforaciones de alimentación en la hoja donde deposita sus huevos. La larva se introduce a lo largo de la lámina foliar y forma minas, mientras se alimenta del parenquima. Cuando cumple su ciclo, la larva abandona la hoja y se dirige al suelo para empupar. Emerge en forma de una mosca, y da origen a un nuevo ciclo.

#### **Daños**

Aunque el adulto ataca al cultivo, el daño más grave es ocasionado por la larva. Cuando la población del insecto es elevada provoca la destrucción total de los foliolos y su posterior caída.

#### **Manejo**

No se recomienda el uso de insecticidas, debido a que las larvas normalmente no logran establecerse y causar daños durante épocas de desarrollo de la planta. Mas bien, el uso de insecticidas interfiere con los diversos enemigos naturales de ésta plaga en el país. Si se presenta preocupaciones por la mosca minadora, se recomienda la eliminación de los adultos, recorriendo frecuentemente el campo con trampas móviles, las cuales consisten de láminas amarillas de plástico impregnadas con aceite de motor quemado.

#### **Gusano tungurahua**

##### ***Copitarcia sp.***

En condiciones normales el gusano tungurahua no es considerado como una plaga importante. Sin embargo, en épocas secas prolongadas se presenta en grandes poblaciones y logra afectar a los cultivos. En estado larval, este insecto es de color pardo o negro, con una franja clara a lo largo de su borde lateral. En la etapa de madurez se convierte a una mariposa nocturna de color café.

#### **Daños**

La larva prefiere consumir malezas como el rábano y el nabo; pero, generalmente, en el momento de la deshierba el gusano tungurahua es llevado a la planta de papa, donde es capaz de defoliar la planta en pocos días, causando daños considerables.

### **Manejo**

En el caso de que no llueva en época de invierno, es importante realizar muestreos periódicos tanto en el cultivo de papa, como en las malezas. Las medidas de manejo incluyen aplicaciones de *Bacillus thuringiensis*, carbaryl o malathión, de acuerdo con la dosis recomendada en la etiqueta del producto.

### **Malezas**

El término maleza tiene un significado muy relativo, pero generalmente se refiere a las plantas que desarrollan espontáneamente en el cultivo y se compiten por espacio, agua y nutrientes, así afectando la producción de la parcela. Inclusive las plantas que cultivamos pueden ser malezas en ciertas circunstancias. Las plantas que no forman parte del cultivo pueden ser:

- indiferentes, o con significado aún no conocido
- útiles, con un significado positivo y hasta deseado
- generalmente, las plantas no cultivadas juegan un rol ecológico importante cómo recicladoras de nutrientes de las profundidades del suelo, control de la erosión, alimento y abrigo para animales y medicinas. También pueden mantener poblaciones importantes de enemigos naturales que ayudan a suprimir poblaciones de plagas.
- dañinas, o malezas propiamente dichas

La competencia entre malezas y el cultivo de papa puede hacer que el cultivo se debilite, dando origen al amarillamiento, retardos en crecimiento y disminuyendo considerablemente el rendimiento o la calidad de la cosecha. El variado mosaico de características climáticas y edáficas en donde se encuentra la papa crean ambientes propicios para una gran diversidad de especies de malezas (cuadro 31).

En relación con herbicidas, el manejo mecánico de malezas tiene ventajas comparativas en la mayoría de las zonas paperas del país, debido a su efectividad y bajo costo relativo. Por ello, a pesar de que las casas comerciales han promovido diversos herbicidas, estos no han recibido mayor aceptación por los agricultores.

Ciertas especies habitualmente consideradas *malezas* (umbelíferas, leguminosas y compuestas) desempeñan un papel ecológico importante. Mantienen y hospedan un conjunto de insectos benéficos que ayudan a controlar las poblaciones de plagas. Los sistemas agrícolas modernos caracterizados por monocultivo, rotación limitada y relativamente pocos cultivos pueden favorecer ciertas malezas, volviéndose muy difíciles de controlar.

Cuadro 31. Principales malezas según zonas de cultivo

Nombre propuesto	Zona Norte (Carchi, Imbabura) para todo el país	Zona Centro (Pichincha, Cotapaxi, Tungurahua)	Zona Sur (Elívar, Chimborazo, Cañar, Azuay)
HOJA ANCHA			
Alfarillo	Linacilla, alfarillo	Alfarillo, pata de pajarillo, sacha ilusión	Alfarillo
Alpatezera	Falso alfarillo, alpatezera	Alpatezera, pobreza	Alpatezera
Bledo	Bledo	Bledo	Ataco, bledo
Cien nudos	Alfarilla, cien nudos, sangre de toro	Cien nudos, gonorrea, coloradilla, caminadora, gateadora	Cien nudos
Corazón herido	Corazón herido, oreja de diablo	Corazón herido	Corazón herido
Duraznillo	Duraznillo	Gualola, duraznillo, gloria	Gualola, duraznillo
Forastera	Forastera	Forastera	Forastera
Hierba de cuy	Botoncillo, hierba de cuy	Hierba de cuy, guasca, abuetaquihua, pacoyuyo	Hierba de cuy
Llantén	Llantén	Llantén	Llantén
Malva blanca	Malva	Malva, cuchimalva	Malva, cuchimalva, sachamalva
Malva morada	Malva	Malva, cuchimalva	Malva, cuchimalva, sachamalva
Mostaza	Mostaza	Mostaza	Mostaza
Nabo	Nabo	Nabo	Nabo
Pacta	Barrabás, huagra callo, callo de toro, lengua de vaca, pacta	Pacta, lengua de vaca	Pacta, lengua de vaca, gulag, julag gulag
Pactilla	Barrabacillo, coloradilla, sangre de toro, pactilla	Pactilla, alfarillo, acederilla	Gulilla, coloradilla, pactilla
Pajarera	Pajarera	Pajarera	Pajarera
Ortiga	Ortiga	Ortiga	Ortiga
Quimbilla	Mastuerzo, quimbilla	Quimbilla, mastuerzo	Tze-tzera macho, quimbilla
Rábano	Rábano	Rábano	Rábano
Taraxaco	Taraxaco, diente de león	Taraxaco, diente de león	Taraxaco, diente de león, achicoria
Tze-tzera	Tze-tzera	Tze-zera	Tze-tzera hembra
Verónica	Verónica	Verónica, golondrina, azulita	Verónica, golondrina, azulita
HOJA ANGOSTA			
Cabrestillo	Grama, cabrestillo	Cabrestillo, pajarilla, grama	Hierba virgen, cabrestillo, grama
Grama	Grama	Grama, grama azul	Grama
Kikuyo	Grama, pikuyo, carricillo, kikuyo	Kikuyo, pikuyo, tikuyo	Cuyucha, kikuyo, grama
Sharaqihua	Chagrillo, sarahigua, sharaqihua	Sharaqihua	Sharaqihua

En la zona andina, las malezas más nocivas por su agresividad, distribución y dificultad de control son: corazón herido, grama, pacta, pactilla y kikuyo. Su presencia dificulta las labores de medio aporque, aporque y cosecha. Estudios realizados por el INIAP encontraron que cuando estas malezas cubren un campo durante los primeros 60 días después de la siembra, el rendimiento de papa disminuye en alrededor del 30%. El periodo crítico de la competencia va de 20 a 30 días después de la emergencia de la papa.

### **Estrategias de manejo integrado**

Para un manejo efectivo de malezas en el cultivo de papa, se debe utilizar varios métodos, tales como los culturales (rotación de cultivo y distancia de siembra), los mecánicos (deshierbas y aporques) y, en casos severos, los químicos (herbicidas). El manejo integrado es la conjugación armónica de diferentes métodos y con el objetivo de reducir costos y el impacto ambiental de la producción agrícola.

El control cultural es indispensable para obtener éxito con el control químico o con el control mecánico de malezas; ya que ningún otro método puede sustituirle con ventaja. Las bases para el manejo cultural son:

- Asegurar una buena humedad del suelo que permita el rápido y buen establecimiento del cultivo.
- Fertilización adecuada y dirigida al cultivo y densidades óptimas de siembra que cierren los caminos, obstaculizando la luz solar y suprimiendo el crecimiento de otras plantas competidoras.
- Rotación de cultivos que ayude a interrumpir los ciclos vegetativos de las malezas, impidiendo que determinadas especies se multipliquen al estar muy bien adaptadas a ciertos cultivos. En lo posible se debe rotar un cultivo denso como trigo o cebada con un cultivo de escarda como la papa.

El Método físico y mecánico se basa en la utilización de coberturas, fuego y de medios mecánicos como herramientas manuales (azadón y pala), tracción animal y maquinaria agrícola (arado y surcadora) con el fin de manejar y controlar a las malezas. Como parte del manejo físico, se puede utilizar coberturas de plástico negro o de material natural “mulch” (residuos de malezas y cultivos). Se conoce que los residuos de cereales evitan el crecimiento de las malezas por un lapso de ocho semanas, debido a que la cobertura obstaculiza la entrada de luz al suelo y la germinación de malezas. Estos residuos pueden también segregar sustancias alelopáticas que interfieren con la germinación de las malezas.

El Método químico consiste en la utilización de herbicidas llamadas también matamalezas. Este tipo de control se ha popularizado mucho en los últimos años, debido al desarrollo de herbicidas altamente selectivos. El uso de herbicidas permite: el manejo de áreas extensas con poco esfuerzo, reducción de daño al cultivo (las herramientas pueden dañar a las raíces del cultivo), reducción de la necesidad de arar, implementación del cultivo bajo labranza reducida y el manejo eficaz de especies perennes y leñosas. Sin embargo, se preocupa por posibles efectos negativos de los herbicidas a la vida del suelo y la salud humana.

En algunas zonas de Cotopaxi y Bolívar, los agricultores realizan cultivos de relevo o mezcla de cultivos que mantienen al suelo cubierto. El cultivo de relevo consiste en la siembra de haba entre los surcos de papa durante el momento de aporque. Posteriormente, en los espacios vacíos que quedan entre las plantas de haba se siembra una mezcla de los pastizales vicia y avena en primera instancia, y posteriormente se siembra *rye grass*, pasto azul y trébol. Todo este sistema ayuda a controlar la invasión de las malezas, a la vez que se aprovechan los nutrientes del suelo y se optimiza la producción por área y tiempo.

En Carchi, a más de la manera tradicional de cultivo, se practica el sistema de labranza reducida *wachu rozado*, como está descrito en el Capítulo 3. Generalmente en el *wachu rozado* se realiza solo el retape y un aporque para controlar las malezas. No existe mucha competencia con el cultivo por las malezas debido a que el pastizal está en un proceso de descomposición, y a la alta actividad microbiana.

En países como México, Brasil, y EE.UU la siembra de papa con labranza reducida, generalmente luego de la siembra de cereales, es cada vez más común. En el transcurso del cultivo se aplica herbicidas al momento de germinación y comunmente un aporque al momento de tuberización. La distancia de siembra entre surcos es más corta que la usada tradicionalmente en nuestro país y cuando el cultivo cierra totalmente los surcos impide la competencia con malezas. Como se menciona en el Capítulo 3 (labranza), este sistema de cultivo representa una oportunidad para el Ecuador.

### **Recomendaciones generales de manejo**

La presencia de malezas debe ser considerada durante diversas épocas del cultivo de la papa, especialmente antes de la siembra, durante la tuberización y también después de la cosecha.

### **Antes de la siembra**

Para evitar una mayor incidencia de malezas, especialmente de aquellas altamente nocivas (cuadro 32), es necesario poner en práctica las siguientes medidas:

- Usar abono orgánico bien descompuesto, con el fin de evitar el transporte de semillas nocivas. Los estiércoles de ganado vacuno, ovino y caballar, pueden ser portadoras de semillas de malezas.
- Limpiar las herramientas y maquinarias antes de usarlas para evitar la contaminación entre lotes.
- Manejar la vegetación en los bordes y acequias.
- Cuando hay la presencia de malezas formadoras de rizomas o perennes altamente nocivas, por ejemplo *pacta*, *pactilla*, *kikuyo* o *grama*, se recomienda:
  - ◆ No utilizar arados rastras de discos o fresadoras que segmentan los órganos subterráneos y favorecen la multiplicación. Se deben emplear

cultivadores o arado de cincel, ya que estos implementos permiten extraer estas plantas completamente.

- ♦ Recolectar manualmente estas malezas y eliminarlas.
- ♦ En el caso de la pacha, es aconsejable realizar cortes frecuentes antes de la floración, con el fin de agotar la reserva existente en sus raíces, lo que posteriormente provoca la muerte de la planta.
- ♦ Utilizar herbicidas como glifosato (amplio espectro) o específicos como 2, 4 – D (para hoja ancha) y fluazifop-butyl (para hoja angosta) (cuadro 30). Se recomienda esperar 90 días después de la aplicación para empezar con las labores de preparación del suelo.

### **Durante el cultivo**

Para evitar la competencia de malezas durante el crecimiento y desarrollo del cultivo se recomienda:

#### ***Control mecánico***

- Retape a los 21 días (Carchi).
- Rascadillo a los 30 a 35 días con variedades tempranas y 30 a 40 días con variedades tardías.
- Medio aporque a los 45 días con variedades tempranas y 60 a 80 días con variedades tardías.
- Aporque a los 60 a 65 días con variedades tempranas y a los 90 días con variedades tardías.

Estas labores se realizan con azadón. Aún no se ha desarrollado en el país implementos mecánicos que realicen este tipo de labores para terrenos de ladera.

#### ***Control químico***

Si se realiza el control con herbicida, se puede utilizar metribuzina (Sencor PM 70% y al 35%) en una dosis de 0.6 a 1.2 kg/ha, respectivamente, en pre y pos-emergencia. Los herbicidas recomendados tienen acción prolongada y no estropean al cultivo y a la vez mantienen al terreno limpio de malezas (metribuzina controla a las malezas por un lapso de 95 días después de la aplicación del producto) y facilita las labores de medio aporque y aporque. Existen otros productos que también son apropiados para el manejo de malezas (cuadro 33).

Cuadro 32. Grado de nocividad de las malezas que se presentan en el cultivo de papa

Nombre vulgar	Nombre científico	Nocividad			Ciclo	
		Alta	Media	Baja	Anual	Perenne
<b>Hoja ancha</b>						
Alfarillo, anisillo	<i>Spergula arvensis</i> L.	+	+		+	
Alpatezera	<i>Scleranthus annus</i> L.		+		+	
Bledo	<i>Amaranthus</i> sp			+	+	
Cien nudos	<i>Polygonum aviculare</i> L.			+	+	
Corazón herido	<i>Polygonum nepalense</i>	+			+	
Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>			+		+
Duraznillo	<i>Polygonum segetum</i>			+	+	
Forastera	<i>Silene gallica</i> L.		+	+	+	
Galinsoga, hierba de cuy	<i>Galinsoga ciliata</i> (Raf) <i>Blande</i>			+	+	
Llantén común	<i>Plantago lanceolata</i> L.	+	+		+	
Malva blanca	<i>Malvastrum peruvianum</i>			+	+	
Malva morada	<i>Malva silvestris</i> L.			+	+	
Mostaza	<i>Sinapsis nigra</i>		+			
Nabo	<i>Brassica napus</i> L. <i>Brassica campestris</i> L.		+		+	
Ortiga	<i>Urtica urens</i> L.		+	+	+	
Pacta, lengua de vaca	<i>Rumex obtusifolius</i> <i>Rumex crispus</i> L.	+				+
Pactilla	<i>Rumex acetosella</i> L.	+	+			+
Pajarera	<i>Stellaria media</i>			+	+	
Quimbilla	<i>Lepidium chinchicara</i>		+		+	
Rábano	<i>Raphanus raphanistrum</i> L.		+		+	
Tze-tzera	<i>Lepidium bipinnatifidum</i> Des v		+	+	+	
Verónica, azulita, golondrina	<i>Verónica persica</i>			+	+	
Verónica	<i>Veronica arvensis</i>			+	+	
<b>Hoja delgada o angosta</b>						
Gramina	Gramínea (Sin identificación)	+				+
Cabrestillo	Gramínea (Sin identificación)	+			+	
Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	+				+
Poa	<i>Poa annua</i>		+		+	
Saraqihua	<i>Paspalum</i> sp	+	+			+

**Cuadro 33. Herbicidas recomendados para el manejo de las malezas en papa**

Herbicida		Dosis / ha	Malezas que controlan y época de aplicación
Nombre común	Nombre comercial		
metribuzina	Sencor 70% 35%	0.6 Kg 1.2 Kg en cultivo (hasta 10 cm)	Hoja ancha y angosta en preemergencia y postemergencia
glifosato + linuron	Ranger(324g/l) o Coloso (480 g/l) + Afalon (500 g/l)	1.1 o 0.75 L + 1.5 L	Hoja ancha y angosta en preemergencia
glifosato + diuron	Ranger (324 g/l) o Coloso (480 g/l) + Diuron (800g/l)	1.1 o 0.75 L + + 1.0 L	Hoja ancha y angosta en preemergencia
glifosato + prometrina	Ranger (324 g/l) o Coloso (480 g/l) + Prometrex (500g/l)	1.1 o 0.75 L + 2.4 L	Hoja ancha y angosta en preemergencia
glifosato	Coloso 480g/l	2 a 4 L	Para todo tipo de malezas, antes de la siembra.
2,4 D-ester (mayor a 2.800 msnm.) o amina (menor a 2.800 msnm)	Esterpac 480 g/l o Ecuamina 4.480 g /L Ecuamina 6.720 g/ L	2 a 3 L 1.5 a 3 1 a 2	Para hoja ancha anual y perenne antes de la siembra
fluas:fop -butyl	Hache uno super	1 a 2	Para combatir gramíneas en postemergencia

**Aspectos importantes para la aplicación de los herbicidas**

Antes de aplicar un herbicida, se debe:

- Identificar los tipos de malezas (hoja ancha o angosta) prevalentes en el lote, a escoger el herbicida más apropiado.
- Conocer la época de aplicación del herbicida.
- Calibrar adecuadamente el equipo de aspersión.
- Tomar en cuenta las condiciones ambientales. No aplicar el producto cuando existe fuerte viento o si va a llover enseguida, con el fin de evitar la deriva o el lavado del producto.

Para un tratamiento con un herbicida usando bomba de mochila, se emplean comunmente de 150 a 200 litros de agua por hectárea. Si se usa una bomba acoplada al tractor, se aplica de 120 a 150 litros por hectárea. Es recomendable realizar la rotación de los herbicidas para evitar que las malezas se vuelvan resistentes.

### **Manejo de malezas después del cultivo de papa**

La siembra de cultivos, tales como abono verdes, y el control de la vegetación espontánea durante el periodo de barbecho contribuye a suprimir el establecimiento de malezas. Además, es recomendable no utilizar malezas para sellar los quintales de papa y realizar rotaciones de cultivos para interrumpir los ciclos vegetativos de las malezas.

### **Factores abióticos en el cultivo de papa**

La papa es susceptible a factores ambientales extremos, de humedad, temperatura y desbalances nutricionales que interrumpen el desarrollo normal del cultivo y limitan su producción. Los síntomas de estas enfermedades, conocidas como abióticas, pueden ser redundantes con enfermedades causadas por organismos vivos. Así, comúnmente son difíciles de diagnosticar y causan confusión para los agricultores y técnicos.

### **Heladas**

La temperatura letal de frío es el nivel de temperatura que provoca el congelamiento del tejido de la planta y así la interrupción de sus procesos de fotosíntesis y mortalidad. En nuestro medio, este nivel se alcanza entre las tres y seis de la mañana con temperaturas entre 1 a 5°C. Debido a fenómenos de clima local, los efectos de las bajas temperaturas son generalmente más severos en las partes bajas y planas de los campos de cultivo.

Una *helada negra* ocurre bajo condiciones de aire excesivamente seco (cielo despejado y ausencia de viento). Una *helada blanca* se produce cuando el punto de rocío está por debajo de 0°C y el rocío al formarse sobre una superficie que causa una temperatura igual o inferior a cero grados.

Luego de una helada negra las hojas se marchitan y transforman a un color marrón oscuro. Por lo general, las partes superiores de la planta se congelan primero. Los daños son más leves durante las primeras etapas del periodo vegetativo, ya que nuevos brotes pueden ayudar a la planta a sobrevivir.

Las temperaturas bajas no letales o las heladas blancas provocan clorosis en forma de áreas difusas o manchas en las nervaduras y moteado con o sin distorsión en las hojas. Las manchas necróticas tienen apariencia de pecas en las hojas jóvenes. Si las condiciones son favorables, la planta puede seguir creciendo en forma normal, sin embargo los síntomas del daño sufrido persisten.

Las opciones para contrarrestar las heladas son limitadas. Es importante tomar en cuenta las épocas de siembra para evitar riesgos. Adicionalmente, se debe tomar en cuenta la topografía del lote. Cuando se siembra durante periodos de alto riesgo, hay que evitar lotes con pendientes suaves debido a drenaje de corrientes de aire frío. Tradicionalmente, los agricultores de la sierra han practicado otros métodos de reducir el efecto de la helada, como quemar aserrín o paja a un costado del cultivo,

encender fogatas alrededor del lote en horas críticas y regar por aspersión o inundación antes de que se produzca la helada.

### **Altas temperaturas**

Dependiendo de la variedad, la temperatura óptima para crecimiento normalmente es entre 17 y 20°C. Temperaturas mínimas sobre los 20°C pueden atrasar fuertemente la tuberización y la velocidad del llenado. Temperaturas sobre los 30°C tienden a reducir la acumulación de materia seca. Periodos prolongados de altas temperaturas promueven un bajo desarrollo del follaje, lo cual afecta el crecimiento del tubérculo. Las plantas con estrés por calor tienen menos probabilidad de tuberizar y contiene anomalías en los tubérculos. Cuando los tubérculos quedan expuestos a los rayos solares, pueden presentarse varios grados de quemaduras, enverdecimiento y formación de áreas hundidas más o menos circulares, tipo escaldadura. Estos síntomas varían según la intensidad de la radiación solar, la temperatura y el tiempo de exposición.

### **Granizo**

El granizo puede causar defoliaciones suficientemente severas para reducir el rendimiento. Generalmente el daño al tallo se localiza en el punto de impacto, donde el tejido epidérmico se vuelve gris brillante con apariencia de papel. La planta de papa tiene una habilidad extraordinaria de recuperarse por daños sufridos en el follaje. La reducción del rendimiento varía con la severidad del daño y el periodo de desarrollo de la planta. Las mayores pérdidas se producen cuando la planta ha sufrido el efecto del impacto entre las dos a tres semanas después de la floración. Cuando el granizo provoca daños durante la maduración, los efectos en el tubérculo son menores. Comúnmente, después de una granizada temprana en el ciclo del cultivo, los agricultores aplican bioestimulantes vegetales que incrementan la actividad enzimática y el metabolismo vegetal, acompañados de una fertilización foliar complementaria.

### **Sequía**

La disponibilidad de agua en el suelo influye en los procesos de crecimiento, fotosíntesis y absorción de minerales por la planta. Un cultivo en pleno desarrollo vegetativo puede transpirar de dos a diez mm de agua por día. En los lugares donde se practica cultivo de secano, se encuentra una estrecha correlación entre la intensidad de la precipitación y el rendimiento final en tubérculos. La falta de agua se manifiesta por amarillamiento y marchitamiento de las hojas, menor velocidad de crecimiento y maduración precoz, con una consecuente reducción del rendimiento.

### **Grietas y magulladuras del tubérculo**

Las grietas y magulladuras en los tubérculos son de cuatro tipos: grietas de crecimiento por presión interna, grietas de crecimiento por infecciones vírales, grietas por manipuleo y grietas por cosecha. Las grietas por crecimiento se dan por presión interna ante un crecimiento rápido del tubérculo. Tanto las grietas como las magulladuras se producen en la cosecha cuando los tubérculos caen al suelo o son parcialmente comprimidos. Este daño es grave cuando se cosechan tubérculos del suelo o cuando las plantas tienen follaje vigoroso y turgente. Los tubérculos recientemente cosechados deben ser manejados con mucho cuidado y almacenados en un lugar seco y bien cerrado para evitar problemas semitóxicos y curar heridas de la cosecha. Para mayor información sobre el tema ver capítulo 5 (poscosecha).

### **Nudosidad y formas irregulares**

Una disponibilidad irregular de agua o nutrientes puede resultar en un crecimiento irregular que produce síntomas de tubérculos con deformaciones o nudos. Si el cultivo falta agua o nutrientes, el crecimiento del tejido puede detenerse de una forma irreparable en ciertos tejidos del tubérculo. Otros tejidos, los meristemáticos, pueden volver a crecer cuando el elemento que faltaba está nuevamente disponible. Síntomas comunes incluyen la producción de puntas (ápices) alargadas o crecimiento secundario en la base y ápices con constricción en el centro del tubérculo. El crecimiento secundario en los ojos laterales, otro tejido meristemático, puede causar nudos.

Diferentes variedades de papa tienen distintos niveles de susceptibilidad a este problema, y este factor se debería tomar en cuenta cuando se siembra bajo riesgo de sequía. Una vez escogida la variedad, el factor más importante en el crecimiento irregular del tubérculo probablemente sea el agua. Si el agricultor dispone de riego, puede administrar el agua de una forma que evite el estrés hídrico de las plantas. Sin embargo, la nutrición puede también tener influencia. Un exceso de nitrógeno durante el periodo de crecimiento del tubérculo puede resultar en un follaje excesivamente abundante. Esto aumenta la transpiración y el consumo de agua.

### **Corazón marrón y corazón hueco**

El corazón marrón es la decoloración del centro del tubérculo, y el corazón hueco es cuando el tubérculo cosechado no tiene tejido en el centro. El corazón hueco es una enfermedad poca entendida, pero se cree que ocurre temprano en la vida del tubérculo, cuando tiene entre dos a cuatro cm de diámetro y es debido al crecimiento rápido del tubérculo. También, la anomalía está asociada con temperaturas bajas en el suelo. Tanto el corazón marrón, como el corazón hueco ocurren más en tubérculos grandes. Por eso, prácticas que limiten el tamaño de tubérculos, sobre todo la densidad de siembra, pueden ayudar.

### **Punta transluciente, punta blanda (gelatinosa)**

Punta blanda o transluciente se describe como la punta apical del tubérculo aparece transluciente o aún blanda con consistencia de gelatina. Este síntoma está causado por una disponibilidad irregular de humedad en el suelo. Cuando la planta sufre un estrés hídrica puede mandar una *señal* hormonal al tubérculo que tiene como efecto hídrico la paralización del crecimiento y la reconversión del almidón en azúcares. Este proceso se hace para que los azúcares queden libres para nuevamente ser transportados al follaje. Entonces, los tubérculos recién formados actúan como semilla y proveen energía a la planta. Se puede controlar esta enfermedad con un manejo adecuado de la humedad del suelo.

### **Puntas marrones o necrosis por calor**

Este problema se diferencia de corazón negro en la ubicación de la necrosis. Con corazón negro, la necrosis está ubicada en el centro del tubérculo, produciendo puntas marrones dispersas a través del tubérculo. A veces, cuando se concentran más en el tejido vascular, se le denomina necrosis por calor. Las diferentes variedades parecen tener distintos niveles de susceptibilidad, pero no se dispone de información específica para variedades ecuatorianas.

### **Lenticelosis**

Las lenticelas son pequeños poros en la corteza del tubérculo que facilitan el intercambio de gases. Cuando éstas están cubiertas por una película de agua se hinchan. El hinchamiento se debe a la producción de células nuevas presentándose pequeñas puntas blancas en la corteza. Estas células son muy susceptibles a bacterias porque no se suberizan. El manejo de este problema consiste en evitar excesos de humedad en el suelo, con un buen drenaje y aporques altos.

### **Corazón negro**

Consiste en el ennegrecimiento del centro del tubérculo. Esto ocurre como resultado de condiciones anaeróbicas comúnmente debido a un exceso de humedad (encharcamiento) en el suelo, exceso de calor en el transporte o durante el almacenamiento, o una falta de ventilación en el almacenamiento.

### **Deficiencias nutricionales**

La carencia de nutrientes se manifiesta externamente a través de síntomas característicos. En las hojas viejas se detectan las carencias de nutrientes móviles, como nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio. Las hojas jóvenes o las yemas son más afectadas por los elementos inmóviles, como hierro, calcio, azufre y zinc.

## Uso de plaguicidas

### Costos verdaderos de plaguicidas

Agricultores de la región andina han cultivado la papa sin necesidad de insumos externos por cerca de cinco mil años. Sin embargo, la introducción del patógeno *Phytophthora infestans* a comienzos del Siglo XX ha causado epidemias regulares de tizón tardío que demandan la aplicación continua de fungicidas. Condiciones modernas, en particular el aumento de la población humana, exigen una intensificación en el cultivo de la tierra con graves consecuencias sobre los recursos naturales y los balances ecológicos. Como resultado, hoy en día la papa representa el cultivo de la sierra más controversial en cuestiones fitosanitarias, con problemas de dependencia y sobreutilización de agroquímicos y efectos colaterales negativos en la productividad del cultivo, el medio ambiente y la salud humana.

De primera vista, la introducción de agroquímicos parece haber sido altamente exitosa para los paperos. Estudios en Carchi, la provincia de mayor uso de plaguicidas en la sierra, muestra que los agricultores aplican un promedio de siete veces durante el ciclo de cultivo de papa, con tres productos mezclados en cada aplicación. Este uso representa cerca de 32% de los costos totales de producción, entre compras y mano de obra o \$500/ha (año 2000), lo cual genera un retorno inmediato en la producción de más de 10%. Quizás más importante, el uso de plaguicidas baja considerablemente el riesgo de perder el cultivo debido a plagas.

No obstante, consecuencias negativas en la salud humana y el ambiente ponen en duda el beneficio real de los plaguicidas en el largo plazo. Ochenta por ciento de los insecticidas aplicados por peso de ingrediente activo son carborfurano o methamidofos, químicos de Categoría 1 (altamente tóxicos) del sistema de clasificación por toxicidad de la Organización Mundial de Salud. Mientras ochenta por ciento de los fungicidas son de la familia de los dithiocarbamatos, conocidos por sus efectos dermatológicos y sospechados como mutagénicos de cromosomas. Estudios han encontrado que el sobre uso y pobre manejo de plaguicidas en Carchi han afectado la salud, causando envenenamientos (171/100,000 personas/año), dermatitis (48% de aplicadores), desórdenes de pigmentación (25% de aplicadores) y efectos neuro-sicológicos medibles (daño en nervios periféricos, reflejos y coordinación) en más de 60% de la población rural. Cada envenenamiento cuesta cerca de seis días de trabajo en días perdidos por recuperación y costos de atención médica, y hay evidencia que los agricultores más afectados por plaguicidas son menos productivos. La mortalidad debido a plaguicidas en Carchi está entre la mas alta reportada a nivel mundial (21/100.000).

El impacto de los plaguicidas en el ambiente es difícil de cuantificar. Efectos en balances ecológicos y controles naturales de plagas y enfermedades han traído un costo muy real para los productores. Por ejemplo, históricamente el minador de hoja (*Lyriomyza quadrata*, *L. huidrobrensis*) no causó mayores dificultades para los agricultores de papa. Según investigaciones realizadas por el CIP, en sistemas tradicionales donde no usan insecticidas más del 90% de las larvas del minador se

encuentran parasitadas por diversos enemigos naturales. No obstante, el uso cada vez mayor de agroquímicos dirigidos a controlar otras plagas ha tenido el efecto secundario de interferir con el parasitismo del minador. Como consecuencia, en 1999 el minador comenzó a ser la primera preocupación de los agricultores en muchas partes del país. Existe evidencia de similares efectos negativos con otros mecanismos biológicos, incluyendo interacciones entre fungicidas y entomopatógenos del gusano blanco (*Premnotrypes vorax*), mecanismos de resistencia de la papa y el desarrollo de la virulencia del patógeno *Phytophthora infestans* que causa el tizón tardío o lancha.

Frente a esta situación, existe la necesidad de regular el uso de plaguicidas y controlar sus efectos colaterales. Diversas entidades públicas y privadas están buscando salidas para bajar la dependencia en plaguicidas en el cultivo de papa y reducir el uso y exposición a estos productos nocivos. Las estrategias han incluido la incidencia en políticas de control y regulación del uso de productos altamente tóxicos, programas de manejo integrado de plagas, apoyo en la comercialización de productos orgánicos y de etiqueta verde (papas producidas con productos menos tóxicos y con menos aplicaciones) y campañas de educación. Sin embargo, hasta la fecha estas estrategias han tenido un impacto limitado. Debido a su contribución inmediata en la economía de la finca y la seguridad de producción, los plaguicidas han ganado un lugar importante en los sistemas de conocimiento y la cultura de los agricultores del Ecuador. Además, la demanda de plaguicidas en papa ha creado una industria millonaria alrededor de la producción y venta de agroquímicos en la sierra. Con estos antecedentes, esta sección presenta información general sobre los productos más comunes usados en el sistema papero del país, incluyendo sus modos de acción y formulaciones.

## **Insecticidas**

Los insecticidas, junto con los nematicidas, generalmente son los productos de mayor toxicidad, y por lo tanto, de mayor riesgo para la salud humana. Para la selección de un insecticida se debe conocer sus características toxicológicas, su clasificación y modo de acción.

### **Clasificación de los insecticidas**

Comúnmente se clasifican a los insecticidas mediante la vía de ingreso al insecto o por la composición química del producto (cuadro 34). La selección de un insecticida debe tomar en cuenta las características del producto y el comportamiento y tipo de aparato bucal del insecto. En el caso de insectos que tienen el aparato bucal succionador, una de las formas de control es mediante productos que tengan un efecto de contacto o sistémico en la planta. Los productos de ingestión, por su parte, requieren ingresar por el sistema digestivo del insecto para ser efectivos. Los fumigantes requieren alcanzar una concentración determinada y por un tiempo mínimo para ocasionar el control de un insecto. Los que eliminan por asfixia requieren cubrir el cuerpo de insecto.

En la actualidad, no se permite el uso de los compuestos inorgánicos debido a que contienen metales pesados que se acumulan en el medio ambiente. Los compuestos orgánicos de origen vegetal hasta el momento no han demostrado efectividad consistente para el control de plagas de la papa. Sin embargo, por su baja toxicidad para mamíferos demanda más atención por los investigadores y productores.

El descubrimiento de las características insecticidas del DDT permitió el descubrimiento de otros compuestos clorados, muchos de los cuales fueron usados en el país. La acumulación de estos compuestos en las cadenas alimenticias fue motivo para la prohibición de su uso, con la excepción de DDT que sigue siendo usado por el Ministerio de Salud Pública en sus programas de control de malaria. Se conoce que los compuestos clorados comparten mecanismos de resistencia con los piretroides, por lo que se podría esperar resistencia cruzada positiva en áreas en las que hubo alto uso de clorados. Los clorados tienen como sitio de acción la célula presináptica, y la detoxificación se realiza mediante enzimas dihidroclorinasas y oxidasas.

**Cuadro 34. Clasificación de insecticidas relacionados con el cultivo de la papa**

Por su vía de ingreso al insecto	Contacto Ingestión Fumigantes Asfixia-Aceites		
Por su composición química	Inorgánicos	Arseniatos	
	Orgánicos	Vegetal	
		De síntesis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Clorados</li> <li>- Fosforados</li> <li>- Carbamatos</li> <li>- Piretroides</li> <li>- Inhibidores de la síntesis de la quitina</li> </ul>
		Bioinsecticidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formulaciones provenientes de bacterias, virus, hongos, anhelidos.</li> </ul>

Los organofosforados incluyen una amplia variedad de compuestos en cuanto a toxicidad y uso. Existen productos altamente tóxicos como el paration, el que ya está prohibido en el país. En cuanto a las formas de uso unos son estomacales y de contacto, mientras que también hay compuestos sistémicos. El punto de acción de estos compuestos es el foso-sináptico, mediante la reacción con la acetilcolinesterasa. La detoxificación se realiza mediante enzimas esterasas.

El uso de carbamatos no es tan común como los fosforados. La variabilidad de estos compuestos incluye a productos de alta y de mediana toxicidad. El punto de acción también es el foso-sináptico, pero mediante el acoplamiento con la acetilcolinesterasa, el puede ser reversible, a diferencia de los fosforados en los que no es reversible la separación entre el insecticida y esta enzima.

Los piretroides conforman un grupo en el cual el grado de toxicidad para mamíferos es en general menor que en los casos anteriores. La dosis de aplicación es mucho menor que los otros insecticidas. El punto de acción se encuentra en la célula presináptica, semejante al de los clorados. La detoxificación se realiza mediante enzimas oxidadas. La resistencia a piretroides involucra un incremento en los niveles de oxidadas, las cuales se requieren para la detoxificación de otros insecticidas. Por lo tanto, esta resistencia puede extenderse a otros grupos de insecticidas.

Los inhibidores de la síntesis de la quitina inicialmente fueron formulados para el control de larvas de la familia Lepidóptera. Sin embargo, ha sido posible encontrar un efecto transovarial en adultos de Coleóptera. La baja toxicidad para mamíferos constituye una ventaja para su empleo.

La industria está en proceso de liberar nuevos productos, como aquellos que afectan el mecanismo gaba en la célula presináptica. Hasta la fecha, los bioinsecticidas son poco utilizados en el cultivo de la papa. Sin embargo, su baja toxicidad para mamíferos y la posibilidad de producción independiente en el país los hacen promisorios para el futuro.

## **Fungicidas**

El primer compuesto en usarse como fungicida fue el sulfato de cobre en el Siglo XVII para controlar el mildiu de la vid en Europa. Luego el caldo bordelés se generalizó como fungicida a partir de 1882. Aunque esta mezcla sea eficaz, por la dificultad de su preparación y por las dosis altas de aplicación fue desplazado en 1930 cuando se desarrollaron los ditiocarbamatos, que hoy en día siguen siendo importantes fungicidas preventivos.

La era de los fungicidas sistémicos se inició en 1966 con el desarrollo de las oxantinas, que son eficientes principalmente para el control de los carbones y de las royas. En 1984 se introdujeron las fenilamidas, que son específicas para ficomicetes. En 1988 aparecieron los benzimidazoles, fungicidas eficientes contra hongos de los grupos deuteromicetes, ascomicetes y basidiomicetes. En 1988 se desarrollaron también los inhibidores de ergosterol, que controlan los mismos grupos de hongos que los benzimidazoles. A fines de los ochenta se sintetizan las

estrobilurinas que se derivan de compuestos naturales producidos por hongos del orden agaricales, los cuales son fungicidas que controlan la mayoría de los grupos de hongos. Al momento, hay mucho interés en la síntesis de fungicidas orgánicos derivados de plantas.

### **Absorción y transporte**

Los fungicidas sistémicos, a excepción del fosetil aluminio, tienen transporte apoplástico (a través del xilema) en el sentido de la transpiración, por lo que el fungicida principalmente se acumula en las frutos y hojas jóvenes. Los demás fungicidas sistémicos tienen movimiento simplástico, que se caracteriza por el movimiento a través del floema en el sentido del movimiento de los fotosintatos. Al momento, fosetil aluminio es el único fungicida disponible en el país que tiene movimiento simplástico y apoplástico. Los cuadros 35 y 36 resumen los mecanismos de acción de clases de fungicidas comunes.

### **Fungicidas protectantes (preventivos)**

- **Compuestos de cobre:** Son cobres fijados que paseen el ion de cobre en forma de quelatos. Estos fungicidas inactivan las proteínas (enzimas). Ejemplos son el sulfato básico de cobre (Basicob), óxidos de cobre (Cupracide) e hidróxido cúprico (Kocide).
- **Compuestos de azufre:** Son fungicidas bastante debido a su bajo costo de producción. Se caracterizan por inhibir la síntesis del ATP (transporte de electrones). Son de amplio espectro, pero se les utiliza mayormente para el control de los mildius. Son fitotóxicos a altas temperaturas.
- **Ditiocarbamatos:** Son los fungicidas protectores convencionales más usados, principalmente por ser de amplio espectro. Se caracterizan por inhibir diferentes enzimas y por lo tanto simultáneamente tienen efecto en funciones celulares. Los fungicidas representativos de este grupo son el thiran (Arasam y Thiram), zineb (Dithane Z-78), maneb (Manzate), mancozeb (Dithane M-45) y el metiram (Poliram Combi y Poliram DF).
- **Compuestos aromáticos:** Poseen un anillo de benceno. El modo de acción de estos fungicidas no es muy claro. Entre los más importantes se pueden mencionar el dicloran (Botran), el dinocap (Karathane) y el clorotalonil (Bravo y Daconil).
- **Compuestos heterocíclicos:** Es otro grupo de fungicidas protectores convencionales usados con frecuencia. Inhiben la respiración, y generalmente se usan para la desinfección del suelo. Los representantes de este grupo son captan (Captan y Orthocide) y el captafol (Difolatan).
- **Dicarboximidas:** Son fungicidas de acción preventiva, cuyo mecanismo de acción no es muy claro. Tienen acción selectiva para las familias del hongo Moniliaceae y Sclerotiniaceae. Los representantes de este grupo son el iprodione (Rovral) y el vinclozolin (Ronilan) que tienen cierto transporte apoplástico.

Cuadro 35. Fungicidas protectores usados en campo para controlar *P. infestans*

Clase de químico	Nombre común	Cultivo	Modo de acción		Resistencia (días)	Dosis
			Protector	Transaminar		
1. Compuestos de cobre	Caldo bordelés Oxicloruro de cobre Óxido Cúprico		+			
2. Ditiocarbamatos	Zineb (R=Zn) Maneb (R=Mn) Metiram Mancoceb Propineb	Papa Tomate	+		3 - 14	1.2 a 2.0 kg/ha
3. Ftalamidas	Folped Captafol	Papa Tomate	+		Pocos días	
4. Compuestos de Triphenyltin	Fentin acetate (Brestan) Fentin hydroxide (Duter)	Papa Tomate	+	+	5 - 14	160-260g i a/ha 250-350g i a/ha
5. Ftalonitriles	Clorothalonil	Papa Tomate	+		3 - 14	0.6-2.5kg/ha

Se recomienda que los ditiocarbamatos y el Clorotalonil sean aplicados en los estados iniciales del crecimiento del cultivo.

Los cobs y los compuestos de estaño deben ser aplicados en los estados fenológicos finales del cultivo de papa, por tolerancia del cultivo y su efecto antiesporulante para evitar la infección del tubérculo.



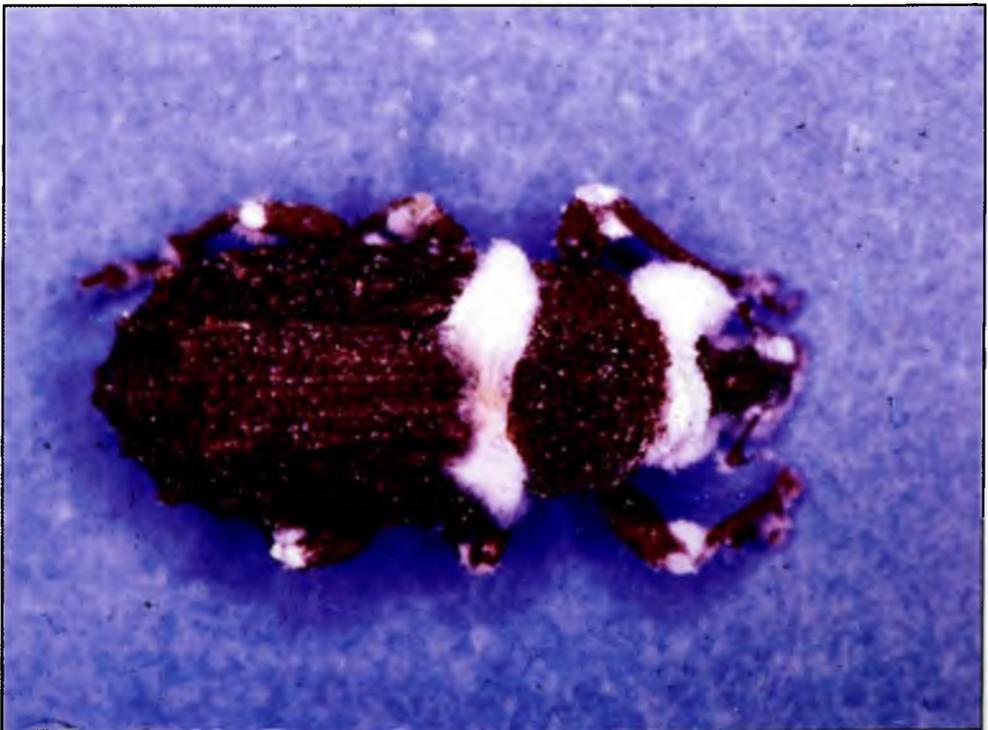
Larva y adulto de gusano blanco



Recolección de adultos de gusano blanco, capturados en trampas



Adulto de gusano blanco alimentándose de foliolos



Adulto de gusano blanco afectado por hongos



Tubérculo afectado por larvas de gusano blanco



Larvas de *Tecia solanivora* en diferentes estadios



Tubérculo afectado por larvas de *Tecia solanivora*



Pupas de *Tecia solanivora* en diferentes estadios



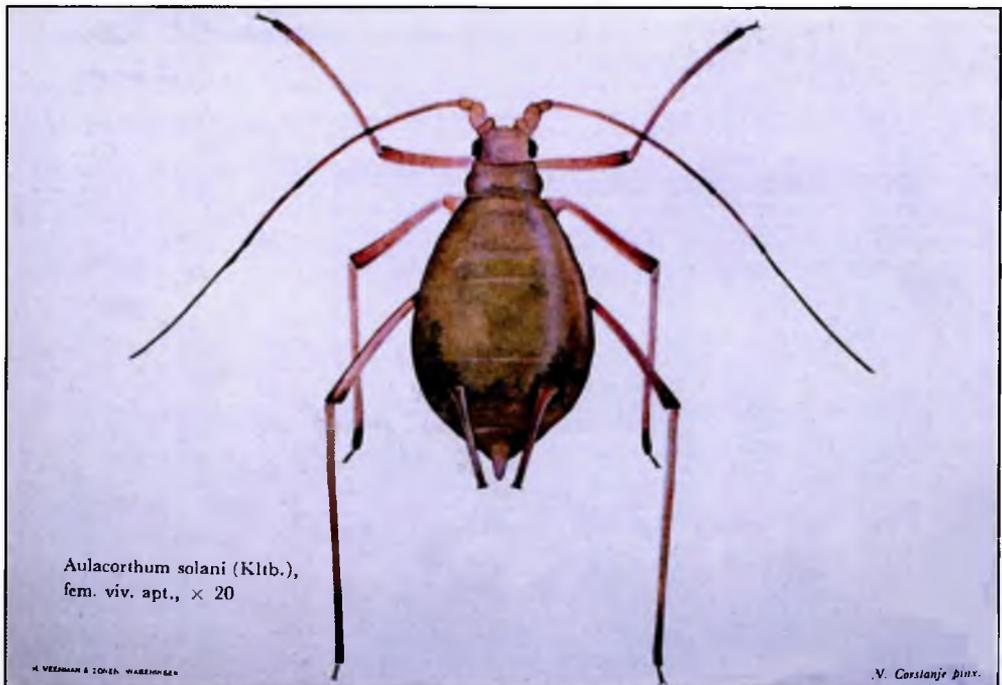
Adulto y pupa de *Tecia solanivora*



Adulto de *Tecia solanivora*



Trampa para captura de adultos de *Tectia solanivora*



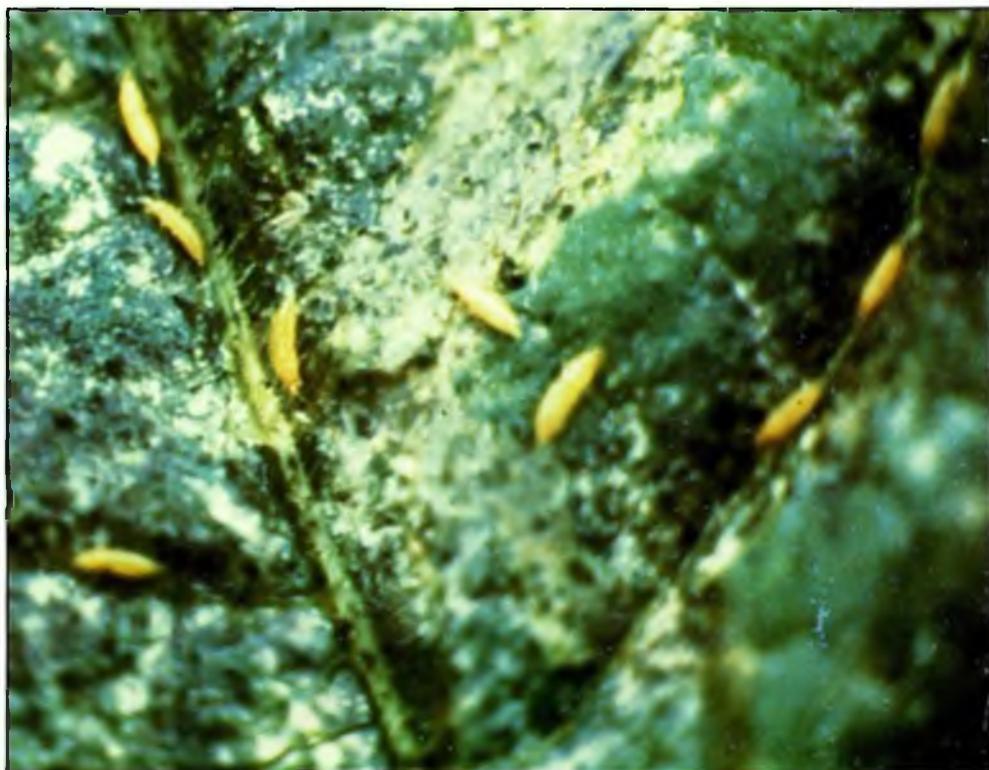
Afido



Afido en brotes de tubérculo-semilla



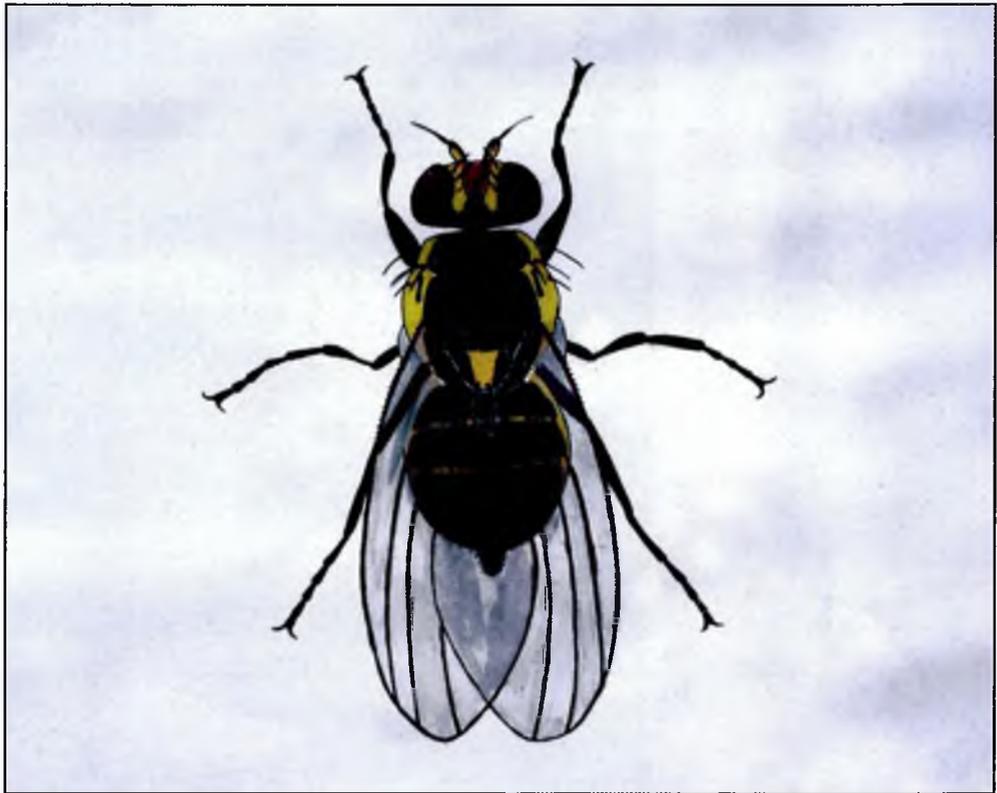
Daño causado por pulguilla



Ninfas de trips



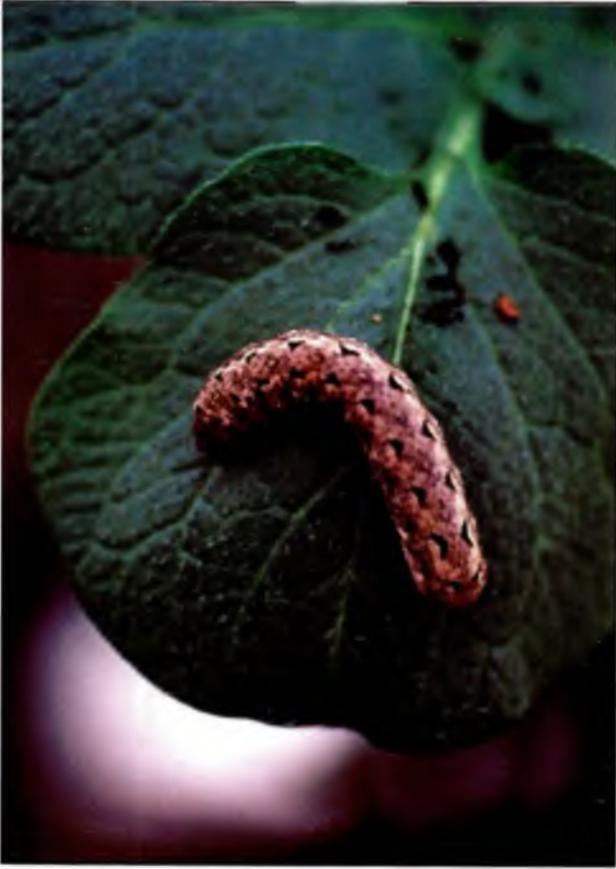
Adultos de trips



Adulto de mosca minadora



Daño causado por larvas de mosca minadora



Gusano tungurahua



Daño causado por gusano tungurahua



Cultivo de papa afectado por helada



Cultivo de papa afectado por granizada



Nudosidad por suministro de agua después de una sequia prolongada



Corazón vacío



Deformación por exeso de calor



Deficiencia de fósforo



Deficiencia de nitrógeno



Deficiencia de potasio

**Cuadro 36. Fungicidas sistémicos usados en papa para controlar *P. infestans***

Clase de químico	Nombre común	Cultivo	Modo de acción			Persistencia
			Penetración translinar	Transporte a croté talia	Transporte basipétalo	
1. Cianoacetamido-Oximes	Cymoxanil	Papa Tomate	++	+	+	Pocos días (3)
2. Phenylamides	Metalaxyl Ofurace Beanalaxyl Oxadixyl	Papa Tomate	++	++	(+)	10-14
3. Phosphites	Fosetil-aluminio	Papa Tomate	++	++	++	7-11
4. Carbamates	Propamocarb	-----	++	+	-	-----
5. Onnamicacid derivatives	Dimethomorph	Papa Tomate	++	+	-	7-10

++ marcado, transporte rápido; + = débil, lento o dependiente del método de aplicación en el cultivo; (+) = transporte mínimo; (-) = transporte no efectivo.

### Fungicidas sistémicos (curativos)

Es importante anotar que técnicamente no existen fungicidas "curativos" para muchas enfermedades, en particular para la lancha. En estos casos los fungicidas operan en forma *sistémica*, es decir solo detienen el avance de infección. Pueden eliminar el patógeno, pero el tejido infectado muere.

- **Oxantinas:** Son los primeros fungicidas sistémicos que se desarrollaron. Inhiben la enzima ácido succínico deshidrogenasa. Tienen transporte apoplástico, y son eficientes para el control de basidiomicetes. El carboxin formulado como Vitavax controla carbones, especialmente los que se transmiten por semilla y el oxicarboxin formulado como Plantvax controla royas.
- **Fenilamidas:** Inhiben la enzima RNA polimerasa I, y son específicos y eficaces para el control de ficomicetes (*Phytophthora*, *Pythium* y los hongos que producen mildius). Estos fungicidas tienen transporte apoplástico. Los principales representantes de este grupo son el metalaxyl (Ridomil) y el furalaxyl (Fongarid).
- **Benzimidazoles:** Estos fungicidas inhiben la síntesis del túbulin en la mitosis. Son fungicidas de amplio espectro, y actúan sobre ascomicetes y deuteromicetes. Los ficomicetes (*Phytophthora* y *Pythium*) son insensitivos. Los representantes de este grupo son el benomyl (Benlate) y el carbendazim (Bavistin).
- **Inhibidores de la biosíntesis de ergosterol:** Son fungicidas que inhiben la biosíntesis del ergosterol. Tienen acción preventiva y curativa. Son de amplio espectro como grupo y actúan sobre los ascomicetes, basidiomicetes y deuteromicetes, pero individualmente pueden ser específicos. Por su especificidad, dosis de aplicación baja, niveles bajos de toxicidad para mamíferos y su acción terapéutica, estos fungicidas son ideales para ser usados en programas de manejo integrado de enfermedades. Los fungicidas representativos son el flusilazol (Punch), fenarimal (Rubigan), triadimefon (Bayleton), propiconazol (Tilt) y bitertanol (Baycor).
- **Estrobirulinas:** Son fungicidas de origen natural que se derivan de compuestos producidos por hongos del orden agaricales. Estos fungicidas inhiben la formación de ATP en la respiración. Son productos que tienen niveles de toxicidad bajos para los mamíferos, son aplicados en dosis bajas y tienen acción terapéutica, por lo que son adecuados para ser usados en programas de manejo integrado de enfermedades. Los fungicidas representativos de este grupo son el metilo de kresoin (Strobi) que se recomienda para el control de oidios y el azoxistrobin que se recomienda para el control de hongos en general.
- **El fosetil aluminio:** Es un fungicida de acción indirecta que estimula la síntesis de fenol y de las fitoalexinas (productos naturales que inhiben a los hongos) en la planta, aunque también se ha observado cierta acción

fungistática. Es un fungicida específico para ficomicetes (*Phytophthora* y *Pythium*) y es el único hasta el momento que tiene movimiento apoplástico y simplástico.

### **Resistencia a fungicidas**

Cepas resistentes a fungicidas se desarrollan espontáneamente en baja frecuencia en la naturaleza. La utilización de un fungicida específico actúa como medio de selección, y cuando se abusa de la utilización de este fungicida la cepa resistente se vuelve predominante. La resistencia a fungicidas se presenta básicamente para los fungicidas que tienen mecanismos de acción muy específicos como el caso de las benzimidazoles y fenilamidas. Para evitar el establecimiento de cepas resistentes se debe monitorear el desarrollo de la resistencia, alternar el uso de fungicidas de diferente modo de acción, evitar el uso de fungicidas en forma curativa y manejar las enfermedades bajo el concepto del manejo integrado.

### **Herbicidas**

El manejo químico de malezas ha tomado gran auge en los últimos años, debido al desarrollo de herbicidas altamente selectivos hacia los cultivos específicos, la escasez de mano de obra y la popularidad creciente de labranza reducida. Los herbicidas son generalmente clasificados por su selectividad, modo de acción, mecanismo de acción, época de aplicación, grupo químico y formulación (ver cuadro 34).

### **Selectividad**

Selectividad es la característica de alcanzar e interrumpir las funciones vitales de una planta (la maleza) y no de otra (el cultivo). La selectividad es relativa, y a su definición se podría añadir *bajo determinadas condiciones y en ciertas proporciones*. Sin embargo, los herbicidas suelen clasificarse como selectivos (afectan algunas especies de plantas) o no selectivos (son tóxicos a toda clase de vegetación). Entre estos grupos hay tres tipos generales de herbicidas:

- **De contacto:** Son aplicados al follaje y afectan únicamente los tejidos sobre los cuales entran en contacto.
- **Sistémico:** Se aplican al follaje y al suelo; son absorbidos y distribuidos por toda la planta.
- **Al suelo:** Afectan la germinación de semilla (en caso de herbicidas no selectivos, son conocidos como esterilizantes).

### Modo de acción

Implica la secuencia de eventos que llevan a la muerte de la planta. Para que un herbicida pueda ejercer su acción tóxica necesita entrar en contacto con la planta, penetrar dentro de la planta y ser movilizado al centro vital de acción. Los principales modos de acción son:

- **Contacto con las plantas:** El herbicida debe establecer un contacto directo con las plantas.
- **Penetración del herbicida:** La penetración comúnmente ocurre a través de las hojas y de las raíces.
- **Movilización translocación:** Una vez absorbido, el herbicida es movilizado y acumulado en los centros vitales.

### Mecanismos de acción

Los procesos fisiológicos vitales generalmente afectados por la aplicación de herbicidas son: respiración, fotosíntesis, síntesis de proteínas (enzimas), ácidos nucleicos, crecimiento desorganizado, absorción de nutrientes, división celular, generación de ATP y el estado de reducción oxidación de la planta. Debido a esta acción, los herbicidas interfieren con diversos procesos fisiológicos, incluyendo:

- **Fotosíntesis:** Algunos herbicidas funcionan como inhibidores del transporte de electrones, aceptores de electrones y desacopladores (evitan la formación de ATP). El ATP es la clave para el almacenamiento y transferencia de energía.
- **Respiración:** Los herbicidas que interfieren con la respiración lo hacen a través de la inhibición del transporte de electrones y transporte de energía y como agentes desacopladores de la fosforilación oxidativa, lo cual evita la formación del ATP.
- **Metabolismo de los pigmentos:** Los herbicidas en esta clase son inhibidores de la síntesis de carotenoides o de la reacción de Hill (fotosíntesis) y herbicidas que afectan la síntesis de clorofila y el desarrollo de los cloroplastos.
- **Metabolismo de los lípidos (ácidos grasos) y función de la membrana.**
- **Síntesis de proteína y ácidos nucleicos:** La síntesis de proteína envuelve la conversión del nitrógeno inorgánico a nitrógeno orgánico, luego a aminoácido y por último a proteína. Este tipo de herbicidas afecta el metabolismo del nitrógeno, lo que interfiere con el desarrollo normal de las células.
- **Crecimiento desorganizado:** El modo de acción de estos herbicidas hormonales es poco conocido. Los síntomas, como la mal formación de la planta (hojas, tallos y brotes) y la retención del crecimiento, son observados en pocos días.



INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

### Época de aplicación

De acuerdo con la fase del cultivo en la cual se aplican los herbicidas, éstos se clasifican de la siguiente manera.

- **Presiembra o pretrasplante:** Aplicación antes de la siembra o antes del trasplante (eliminan o reducen la población de malezas). Esto facilita las labores de preparación del suelo.
- **Presiembra incorporados o colocados:** Aplicación antes de la siembra e incorporados o inyectados al suelo.
- **Preemergente:** Aplicación después de la siembra y antes de la emergencia del cultivo.
- **Postemergente o pos-trasplante:** Aplicación después de la emergencia o trasplante del cultivo. Estos son no dirigida (aplicación sobre el cultivo y las malezas) o dirigida (aplicación evitando contacto mínimo con el cultivo y contacto máximo con las malezas).

La clasificación de acuerdo a su selectividad, modo de acción y época de aplicación está estrechamente relacionada. Los herbicidas selectivos sistémicos pueden ser aplicados en preemergencia o en postemergencia.

### Grupo químico

Esta clasificación se basa en la estructura química del herbicida. Básicamente, todos los herbicidas pueden clasificarse como inorgánicos u orgánicos. Hoy en día, la gran mayoría son orgánicos.

### Formulaciones

En general, por formulación se entiende la forma (sólida, líquida o gaseosa) como se expende un producto químico para su uso práctico (cuadro 37). En un herbicida formulado se distinguen tres componentes básicos: la sustancia activa o materia activa, el solvente y los coadyuvantes.

**Cuadro 37. Clasificación de los herbicidas utilizados en la producción de papa**

Herbicida	Selectividad	Modo acción	Mecanismo aplicación	Época	Grupo químico	Formulación
Metribuzina	Selectivo	Inhíbe la fotosíntesis	Al suelo	Pre-tardío Post-temprano	Triazina semétrica	PM
Glifosato	Amplio espectro	Afecta la síntesis de la proteína	Al follaje	Pre-siembra	Metal orgánico nitrogenado	CS LS
Linuron	Selectivo	Inhíbe la reacción de Hill	Al suelo y follaje	Pre Post	Urea sustituida	PM
Diuron	Selectivo	Inhíbe la reacción de Hill	Al suelo	Pre	Urea sustituida	PM
Prometrina	Selectivo	Afecta la fotosíntesis	Al suelo	Pre	Triazina	SC
2,4 -D	Amplio espectro	Afecta la síntesis de la proteína	Al follaje	Post	Fenoxidos	CS
Fluazifop-butyl	Selectivo a hoja ancha	no conocido	Al follaje	Post-emergencia	Bipiridilos	CE

PM = Polvo Mojado, CS = Concentrado Soluble, LS = Líquido Soluble, SC = Suspensión Concentrada y CE = Concentrado Emulsionable.

### **Manejo y aplicación de plaguicidas**

El uso de plaguicidas debería complementar otros componentes de manejo de plagas. Una vez identificado el problema fitosanitario se debe analizar las posibles alternativas de control. En muchos casos el control químico no es indispensable, pudiéndose reemplazar por otras formas de control. Asumiendo que la plaga ha sido correctamente identificada y se ha escogido un plaguicida adecuado, se debería tomar en cuenta un serie de factores antes de aplicarlo. Toda persona que maneje plaguicidas debe poseer una serie de conocimientos y de precauciones mínimas a fin de garantizar un buen control del problema y un adecuado nivel de seguridad para el operario, el cultivo y el medio ambiente. Las normas mínimas a seguir comprenden desde el momento mismo de la elección del plaguicida, la aplicación en el campo y hasta la cosecha, en la que se debe tomar en cuenta el nivel residual del pesticida en los tubérculos y en el medio ambiente.

### Etiqueta

Uno de los aspectos importantes para la elección del plaguicida consiste en leer la etiqueta donde se nos informa el nombre del producto, se dan instrucciones para su aplicación, nombre común del ingrediente activo, la concentración y la clase de formulación, el nombre y dirección de la empresa fabricante, el grado de toxicidad, primeros auxilios en caso de envenenamiento, antídoto recomendado y seguridades a tomar para el aplicador y el ambiente. También se debe conocer su grado de toxicidad y las referencias sobre su efectividad en el control.

### Toxicidad del producto

El grado de toxicidad de un plaguicida se determina mediante la *Dosis Letal 50* (DL<sub>50</sub>), que es la cantidad de producto químico que se requiere para eliminar al 50% de ratas sometidos a prueba. La DL<sub>50</sub>, se expresa en miligramos de producto por kilogramo de peso del organismo de la prueba. Además de la DL<sub>50</sub>, los plaguicidas están clasificados en categorías de acuerdo a su toxicidad. Estas categorías se identifican tanto por números (del I al IV), como por color en la etiqueta del envase (cuadro 38).

Cuadro 38. Grado de toxicidad de los plaguicidas

Categoría	Color de la etiqueta	Descripción
I- a		Extremadamente peligrosa (DL <sub>50</sub> = 1 a 5 mg/kg).
I- b		Altamente peligrosa (DL <sub>50</sub> >5 a 50 mg/kg)
II		Moderadamente peligrosa
III		Ligeramente peligrosa
IV		Ligeramente tóxico

### Compra y almacenamiento

Al comprar empaques se debe exigir su buen estado y evitar productos vencidos con fechas de vencimiento alteradas. Se debe almacenar productos tóxicos en sitios lejanos a la casa habitación, además que no tengan acceso los niños o animales. Se debe evitar la cercanía a alimentos y fuentes de agua.

### **Dosificación**

Se debe utilizar la dosis recomendada para el problema a resolver. Una sobredosis puede causar toxicidad al cultivo y favorecer la aparición de problemas de resistencia. En cambio al utilizar dosis menores a las recomendadas se puede obtener controles deficientes, favoreciendo la aparición de problemas de resistencia.

### **Preparación de la dilución**

Se recomienda realizar en un recipiente pequeño la premezcla para luego verter ésta en un recipiente de mayor volumen, especialmente cuando la formulación es en polvo. Al momento de la aspersión se debe realizar una agitación continua de la mezcla para evitar la sedimentación del producto y garantizar así una buena distribución sobre el cultivo.

### **Preparación de mezclas**

Los productores de papa normalmente realizan varias mezclas con el objetivo de encontrar una mayor eficiencia en su trabajo de campo. Estas mezclas se realizan sin conocer los riesgos que implican, además del incremento económico innecesario. Sin embargo, se puede alertar que generalmente no se debe mezclar productos de igual grupo químico, de igual ingrediente activo ó de igual modo de acción. Las mezclas de dos a tres fungicidas o insecticidas, empleadas todos de manera sub-dosificada o sobredosificada, incrementa los problemas de manejo y facilita la formación de razas resistentes de plagas o enfermedades. Si al realizar la mezcla se separan las fases (corta), es preferible no aplicarlo, debido a posibles problemas con la efectividad del producto o fitotoxicidad. Al preparar la mezcla, primero se debe colocar los productos formulados como polvos (povos mojables y polvo solubles) y luego los formulados como líquidos. De estos últimos, es recomendable mezclar primero las suspensiones acuosas, luego las soluciones y al final los concentrados emulsionables o aceites.

### **Manejo de derrames**

En caso de derrames de plaguicidas, se recomienda seguir las siguientes instrucciones:

- Mantener alejadas a las personas o animales del sitio.
- Utilizar el equipo de seguridad adecuado.
- Absorber los derrames inmediatamente con aserrín, cal, ceniza o tierra, recoger y enterrar.
- Lavar los sitios contaminados con abundante agua y jabón. No contaminar aguas.

- Quemar y enterrar los productos alimenticios contaminados y aquellos en que existe duda de contaminación.

### **Equipos de aplicación**

La mayoría de equipos de aplicación requieren una atención especial a su mantenimiento, especialmente referente a las boquillas. Se requiere revisar el sistema de salida o las boquillas de acuerdo al tipo de producto empleado (fungicida, insecticida, o herbicida) y el cultivo. Las boquillas deben conservarse en buen estado y cuando se presenten desperfectos o desuniformidades en las descargas, deben ser cambiadas. Por ningún motivo se debe perforar los orificios de salida buscando mayor volumen de descarga, debido a que se reduce la presión de salida y aumenta el tamaño de gota.

#### **Aspersor de mochila**

Es el modo de aplicación más frecuentemente usado, económico y funcional para pequeños y medianos agricultores. El índice de flujo y el tamaño de las gotas se pueden variar cambiando de boquillas o alterando la válvula de presión reguladora, si la hay. Presenta como desventajas que se requiere transportar una gran cantidad de agua y que se requiere mantener la boquilla en buenas condiciones.

#### **Aspersor movido por tractor**

Se usa para aplicar plaguicidas en agua a alto volumen y sobre grandes extensiones de tierra, y utiliza el toma fuerza del tractor para impulsar la bomba. Comúnmente requiere un tanque grande con capacidad de hasta 2.000 litros.

#### **Nebulizadores**

Se usa una corriente rápida de aire para producir partículas que llevan el producto disuelto en agua. Básicamente consiste de un abanico poderoso movido por un motor de gasolina en la versión de mochila o por el tractor en las versiones mayores. El aire es forzado a través de una boquilla que libera el plaguicida hacia la corriente de aire a una presión determinada y constante. Una vez terminada la aspersión, se debe proceder a la limpieza general del equipo, utilizando agua limpia y cuidando de no contaminar con los residuos fuentes o depósitos de agua.

#### **Espolvoreos**

La aplicación de productos formulados en polvo requiere de una adecuada protección, especialmente de la vista y de las vías respiratorias.

### Aplicación en el campo

Recientemente el concepto de *Uso Seguro de Plaguicidas* (USP) ha sido criticado por su promoción implícita de plaguicidas. Casi siempre, los programas de USP han sido dirigidos por la industria química, con asociados conflictos de interés. Muchos de los críticos argumentan que el concepto de *uso seguro* es una contradicción en términos, debido a la toxicidad intrínseca de los productos y sus riesgos para los seres vivos. Por estas razones, la FAO ha comenzado a reemplazar el concepto de *uso seguro* por el de *reducción de la exposición* a plaguicidas en sus normativas internacionales. Apreciando esta preocupación, aquí se presenta un mínimo de precauciones a tomar en cuenta para reducir al máximo la posibilidad de accidentes y el riesgo de exposición durante la aplicación en el campo:

- No permitir que los niños manejen los plaguicidas.
- No fumigar contra el viento.
- Evitar las aplicaciones cuando se presagien lluvias.
- Utilizar equipo de protección: máscara, botas de caucho, protector de espalda, gafas y guantes.
- No comer, ni fumar cuando se está aplicando.
- Evitar el contacto del producto con la piel, los ojos y la boca.
- Asearse y usar ropa limpia después de cada fumigación.
- Bañarse con abundante agua inmediatamente después de haber aplicado.

### Primeros auxilios

Los plaguicidas pueden penetrar al organismo principalmente por contacto a través de la piel, ingestión e inhalación. Los efectos agudos y crónicos son diversos y pueden confundirse con otras enfermedades. Síntomas comunes incluyen: irritaciones en la nariz, garganta, piel u ojos, sudoraciones, temblores, vómito, visión borrosa y dolores de cabeza. Estos síntomas varían de acuerdo al tipo de plaguicida. Cuando el paciente presente síntomas de intoxicación, las medidas de primeros auxilios incluyen:

- Retirar al paciente de la exposición del producto y buscar el envase de producto y leer la indicaciones de primeros auxilios en la etiqueta.
- Mantener al paciente descansando y abrigado.
- Si se ha producido contacto con los ojos, láveselos con abundante agua limpia.
- Si hay contacto con la piel, quítese la ropa contaminada y lávese la piel con abundante agua y jabón.
- Si la persona ha ingerido el producto y está inconsciente, se debe asegurar que la víctima pueda respirar sin dificultad, retirando todo obstáculo de la nariz y la boca. Si no respira, darle respiración artificial.

- Procure una atención médica inmediata, identificando claramente a los productos involucrados y presentando la etiqueta de los mismos.

#### **Manejo de envases usados**

Es aconsejable que el agroquímico se conserve en su empaque original. No se debe reembasar los productos y mucho menos utilizar para ello botellas, bolsas o cajas que permitan equivocaciones. No se debe reutilizar los envases una vez vacíos. Dado que el Ecuador no tiene programas de reciclaje de envases de plaguicidas, es aconsejable destruirlos y enterrarlos para evitar el uso para otros fines.



INIAP - Estación Experimental Santa Catalina