

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 pequeños, medianos y grandes productores. Propiada el uso adecuado de los recursos de suelos, hídricos y agroforestales, 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 raíces 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



E L C U L T I V O D E L A P A P A E N E C U A D O R

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 Iturralde, 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
Web: 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
Web: 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
Ecosistemas de la sierra	24
Aspectos agroecológicos y climáticos	25
Suelos	27
Zonas productoras de papa	28

Capítulo 2

BOTÁNICA Y MEJORAMIENTO GENÉTICO

Botánica	33
La planta	33
La flor	34
El fruto	35
Los tubérculos	36
Mejoramiento genético	37
Estrategias de mejoramiento tradicional	37
Variedades de papa cultivadas	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

Fertilización	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
Siembra y semilla	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
Prácticas culturales	81
Cosecha	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
Métodos de manejo	90
Prácticas culturales	90
Medidas sanitarias preventivas	92
Control Biológico de Enfermedades	93
Enfermedades	
Enfermedades foliares causadas por hongos	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
Enfermedades causadas por hongos del suelo	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
Enfermedades causadas por nematodos	119
El nematodo del quiste	119
Utilización de los niveles de tolerancia	122
Cultivos no-hospedantes	123
Barbecho	124
Enfermedades causadas por bacterias	125
Pierna negra o pie negro	125
Sarna común	126
Marchitez bacteriana	127
Enfermedades causadas por virus	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
Plagas	
Plagas del tubérculo	132
Gusano blanco	132
Polilla de la papa	136
Pulgón	139
Plagas del follaje	139
Pulguilla	139
Trips	140
Mosca minadora	140
Gusano tungurahua	141
Malezas	
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
Factores abióticos en el cultivo de papa	
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
Uso de plaguicidas	
Costos verdaderos de plaguicidas.	153
Insecticidas	154
Clasificación de los insecticidas	155
Fungicidas	156
Absorción y transporte.	157
Fungicidas protectantes (preventivos)	157
Fungicidas sistémicos (curativos).	160
Resistencia a fungicidas	161
Herbicidas	161
Selectividad	161
Modo de acción	162
Mecanismos de acción	162
Época de aplicación	163
Grupo químico	163
Formulaciones	163
Manejo y aplicación de plaguicidas	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
Equipos de aplicación	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

Fisiología y manejo de la papa	176
Respiración y transpiración	176
Factores que influyen en la respiración y transpiración	177
Estados fisiológicos del tubérculo-semilla	177
Actividades poscosecha de papa consumo	179
Almacenamiento	179
Procesamiento de la papa en el Ecuador	181
Volumen y modalidades de procesamiento	181
Características para la industria	182
Almacenamiento y manejo de tubérculo-semilla	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
Uso del análisis sensorial para medir la aceptación de clones promisorios	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
Evidencia de impacto económico	194
Costos de producción	196
Requerimientos generales de información	197
Contabilidad de costos	197
Matrices y hojas de cálculo	197
Registro de información	198
Cálculo y análisis	206
Bibliografía	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 1

LA PAPA EN ECUADOR



Origen e importancia

La mayor diversidad genética de papa (*Solanum tuberosum L.*) cultivada y silvestre se encuentra en las tierras altas de los Andes de América del Sur. La primera crónica conocida que menciona la papa fue escrita por Pedro Cieza de León en 1538. Cieza encontró tubérculos que los indígenas llamaban “papas”, primero en la parte alta del valle del Cuzco, Perú y posteriormente en Quito, Ecuador. El centro de domesticación del cultivo se encuentra en los alrededores del Lago Titicaca, cerca de la frontera actual entre Perú y Bolivia. Existe evidencia arqueológica que prueba que varias culturas antiguas, como la Inca, la Tiahuanaco, la Nazca y la Mochica, cultivaron la papa.

Aparentemente la evolución de las especies de papa cultivada se originó a partir del nivel diploide (dos pares de cromosomas). Por ejemplo, la especie diploide *Solanum phureja* se encontraba distribuida en tiempos prehispánicos desde el centro del Perú hasta Ecuador, Colombia y Venezuela. La diversificación posterior del cultivo ocurrió a través de la hibridación intra e interespecífica.

De aproximadamente 2.000 especies conocidas dentro del género *Solanum*, entre 160 y 180 forman tubérculos; pero de éstos, sólo ocho son especies comestibles cultivadas. Existen cerca de 5.000 cultivares de papa, de los cuales hoy en día se cultivan en los Andes menos de 500.

En 1994, el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) realizó una colección de papas cultivadas en el Ecuador, y encontró más de 400 diferentes tipos entre especies *andígena* y *phureja*. Sin embargo, en el país sólo comúnmente se siembran 30 cultivares, de los cuales las variedades INIAP-Gabriela y Superchola representan más de la mitad del área sembrada.

A mediados del siglo XVI los españoles introdujeron la papa a Europa. Durante los siguientes dos siglos la papa fue sólo una curiosidad, siendo cultivada en áreas pequeñas y mantenida principalmente por propósitos botánicos. En el siglo XVII se introdujo el cultivo en América del Norte, probablemente a través de Europa. A través del tiempo, la papa evolucionó hasta ser un alimento básico de alto valor nutritivo.

Entre 1995 y 1997, los productores de los países en vías de desarrollo cosecharon 439 millones de toneladas métricas de las principales raíces y

tubérculos (yuca, papa, camote y ñame), con un valor anual estimado en 41 mil millones de dólares, equivalente a la cuarta parte del valor de los cereales trigo, arroz y maíz. De la producción de raíces y tubérculos, la papa representa el cultivo de mayor valor económico (\$ 16.5 billones).

Al nivel mundial, los países con mayor extensión dedicada al cultivo son China (3.5 millones ha), la Federación Rusa (3.4 millones ha), Ucrania (1.6 millones ha), Polonia (1.4 millones ha) y la India (1.1 millones ha). En América Latina, a pesar de ser su centro de origen, sólo se cultivan alrededor de 1.1 millones de hectáreas de papa cada año, de las cuales el Ecuador cultiva 66.000 ha.

Los países con mayor producción de papa por área cultivada son Holanda (44 t/ha), Estados Unidos (39 t/ha), Bélgica y Luxemburgo (38 t/ha) y Canadá (27 t/ha). En América Latina, Argentina alcanza la mayor producción por área (22 t/ha), seguida por Chile y Brasil (15 t/ha) (ver cuadro 1). En los Andes, Colombia y Venezuela producen los rendimientos más altos (16 t/ha). Los rendimientos más bajos se observan en Bolivia y Ecuador (6 y 7 t/ha), respectivamente (cuadro 1).

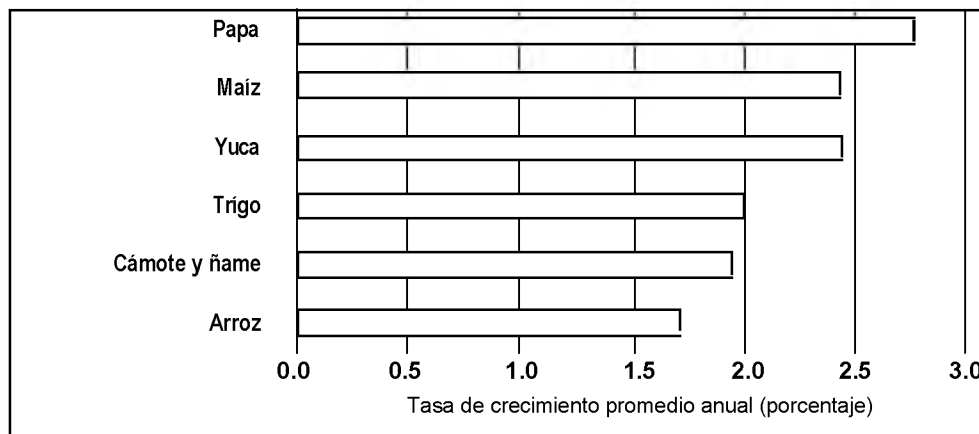
La tasa proyectada de crecimiento de la producción de papa en los países en vías de desarrollo es del 2.7 % al año, la cual es más alta que aquella para maíz, trigo y arroz (ver figura 1). El mayor crecimiento ocurrirá en Asia, seguido por Africa y Latinoamérica (cuadro 2)

Cuadro 1. Producción de papa en América del Sur (1995-1997)

	Producción (000 t)	Área (000 ha)	Rendimiento (t/ha)
Comunidad Andina de Naciones (CAN)			
Bolivia	734	131	6
Ecuador	473	66	7
Perú	2,335	240	10
Colombia	2,770	170	16
Venezuela	198	13	16
<i>Total CAN</i>	<i>6,510</i>	<i>540</i>	<i>10</i>
MERCOSUR			
Argentina	2,155	98	22
Brasil	2,701	182	15
Chile	1,001	66	15
Paraguay	2	S/	S/
Uruguay	167	18	9
<i>Total MERCOSUR</i>	<i>6,026</i>	<i>352</i>	<i>16</i>
Total Mundial	295,000	18,381	15.5

Fuente: CIP, 1998.

Figura 1. Tasas de crecimiento proyectadas para los cultivos alimenticios en los países en desarrollo para el año 2020



Fuente: Scott, G.J., R. Best, M. Rosegrant, and M. Bokanga. 2000.

Cuadro 2. Producción de papa en 1993 y proyección de crecimiento para el año 2020

País / Región	Producción 1993-2020		Crecimiento y clasificación 1993-2020
China	42.5	87.8	2.72
Otras de Asia Oriental	2.4	3.3	1.18
India	16.3	43.3	3.67
Otras de Sur Asia	3.5	7.7	2.98
Sur Este de Asia	1.3	2.3	2.08
Latinoamérica	12.6	20.2	1.76
Asia Occidental y Norte de Africa	13.0	23.4	2.21
Sub-Sabana de Africa	2.6	6.0	3.06
Países vías de desarrollo	94.3	194.0	2.71
Países desarrollados	191.0	209.5	0.34
Mundo	285.3	403.5	1.29

Fuente: Scott, G.J., R. Best, M. Rosegrant, y M. Bokanga. 2000.

En los últimos 30 años América Latina ha experimentado un aumento en la producción por área en lugar de un incremento de superficie dedicada al cultivo de papa. El crecimiento de la producción regional durante este período fue aproximadamente, del 2%.

En Ecuador, el número de familias dedicadas a la producción de papa es de aproximadamente 42.000, número igual al de familias que cultivan maíz suave. No hay un consenso sobre la productividad en el país. De las 66.000 hectáreas dedicadas a la papa, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEN) reporta una producción promedio de 480.000 toneladas y un rendimiento por hectárea de 7.7 toneladas. Sin embargo, estudios realizados por el INIAP revelan un rendimiento promedio de 14 t/ha. Con un valor total bruto de 60 millones de dólares anuales, la papa es una importante fuente de ingresos para las comunidades rurales y su componente fundamental de la economía nacional.

Consumo

Los agricultores han reconocido el valor de las raíces y tubérculos en términos de producción de energía cosechada por hectárea por día, de los cuales la papa es el más eficiente entre los cultivos comestibles comunes. La calidad y cantidad de las sustancias nutritivas del tubérculo varían por variedad de papa y condiciones de campo. El contenido de agua en un tubérculo fresco varía entre 63% a 87%; de hidratos de carbono, 13% a 30% (incluyendo el contenido de fibra 0.17% a 3.48%), de proteínas 0.7% a 4.6%; de grasas entre 0.02% a 0.96%; y de cenizas, 0.44% a 1.9%. Los otros constituyentes básicos son: azúcares, ácido ascórbico y vitaminas.

La papa es la principal fuente de alimento para los habitantes de las zonas altas del país, con un consumo anual per cápita que fluctúa según las ciudades: 122 kg en Quito, 80 kg en Cuenca y 50 kg en Guayaquil. Los restaurantes de Quito y Guayaquil consumen alrededor de 16.294 t/año, principalmente de papa frita, a la francesa.

El 90% de la papa a nivel nacional se consume en estado fresco. Los usos industriales son variados: como papas fritas en forma de “chips”, a la francesa, congeladas, prefritas y enlatadas. También se obtiene almidón, alcohol y celulosa de la cáscara. A partir de 1994 el consumo de comidas rápidas en el país ha aumentado a un ritmo anual del 6%. Hoy en día las industrias procesadoras utilizan 50.000 t/año, lo cual representa el 10% de la producción nacional.

Ecosistema de la sierra

La producción de papa en Ecuador se distribuye en tres zonas geográficas: norte, centro y sur. Las diferencias agroecológicas están determinadas no por la latitud, sino por las relaciones entre clima, fisiografía y altura.

En general, el cultivo de la papa en el país se desarrolla en terrenos irregulares, en laderas hasta con más de 45% de pendiente y en un rango de altitud de 2.400 a 3.800 m.s.n.m. en los pisos interandinos y subandinos. Una fracción importante del

cultivo se desarrolla en condiciones de subpáramo, particularmente en el subpáramo húmedo. Aunque el cultivo se encuentra en los valles bajos, debido a presión demográfica, la tendencia actual es un desplazamiento hacia el páramo, con el consiguiente deterioro ambiental y el riesgo de pérdida del cultivo por heladas.

Aspectos agroecológicos y climáticos

Existen tres pisos ecológicos principales en el país: andino (más de 3.600 m.s.n.m.), subandino (3.200-3.600 m.s.n.m.) e interandino (2.800-3.200 m.s.n.m.). En el piso andino, las especies mejor adaptadas y más difundidas son las raíces y tubérculos andinos, entre ellos la papa y, siguiendo en importancia, los cultivos de haba y cebada. También, el sistema incluye el pastoreo extensivo de animales domésticos, especialmente de ovejas. En este piso frecuentemente ocurren heladas, sobre todo en las hondonadas y planicies. Ocasionalmente, también ocurren granizadas, fuertes vientos y aguaceros. El uso de abonos químicos ha permitido que la tierra de los páramos sea cultivada por cuatro a cinco años. En los últimos años, el periodo de descanso en barbecho se ha reducido de cinco a tres años.

El piso subandino se caracteriza por la mayor presencia de granos, como el trigo y la lenteja. Entre los animales de pastoreo se encuentran principalmente el ganado bovino y el caballo. Es una zona con menor riesgo de pérdidas por problemas climáticos. Típicamente la tierra se cultiva por cinco a seis años y luego descansa por un año.

El piso interandino se caracteriza por la diversidad de cultivos, incluyendo maíz, zambo, alfalfa y lenteja verde, y por el uso continuo del suelo sin descanso. En este piso, al igual que en los otros, son comunes los animales de pastoreo más intensivo, como el ganado de leche y especies mejoradas. Los riesgos climáticos son mínimos, y se obtienen hasta tres cosechas de papa cada dos años.

Debido a la latitud del país y los efectos de altitud, las variaciones diarias de temperatura son mucho más importantes que las estacionales (ver cuadro 3). Las diferencias diarias pueden alcanzar hasta 30°C. La altura máxima del cultivo está determinada por las temperaturas nocturnas mínimas y la frecuencia de heladas. La siembra en laderas, donde no se asientan masas de aire frío, disminuye el riesgo de heladas. La frecuencia de noches con temperaturas bajo cero aumenta rápidamente sobre los 3.300 m.s.n.m., coincidiendo con el límite inferior del piso subandino. Existe un descenso de aproximadamente 0.6°C por aumento de 100 m en la altura, y por este incremento, el cultivo de papa requiere unos 15 días adicionales para alcanzar su madurez comercial.

Cuadro 3. Temperatura de las ciudades principales de la Sierra

Ciudad	Temperatura °C			Altitud m.s.n.m.
	Media	Min.	Max.	
San Gabriel	12.10	6.52	17.68	2850
Otavalo	14.4	-0.5	28.2	2600
Quito	13.4	0.2	29.9	2800
Cotopaxi	8.1	-1.5	18.7	3560
Ambato	12.8	-0.6	25.6	2540
Riobamba	13.5	-3.6	28.3	2796
Cuenca	14.8	-0.2	28.0	2750
Loja	15.50	7.2	24.5	2160

La precipitación en la sierra tiene un carácter bimodal: de febrero a mayo y de octubre a diciembre, debido a los movimientos de la zona de convergencia intertropical. La principal estación seca o de verano ocurre de junio a agosto. Entre fines de diciembre y comienzos de enero existe un periodo menos lluvioso conocido como el veranillo del niño.

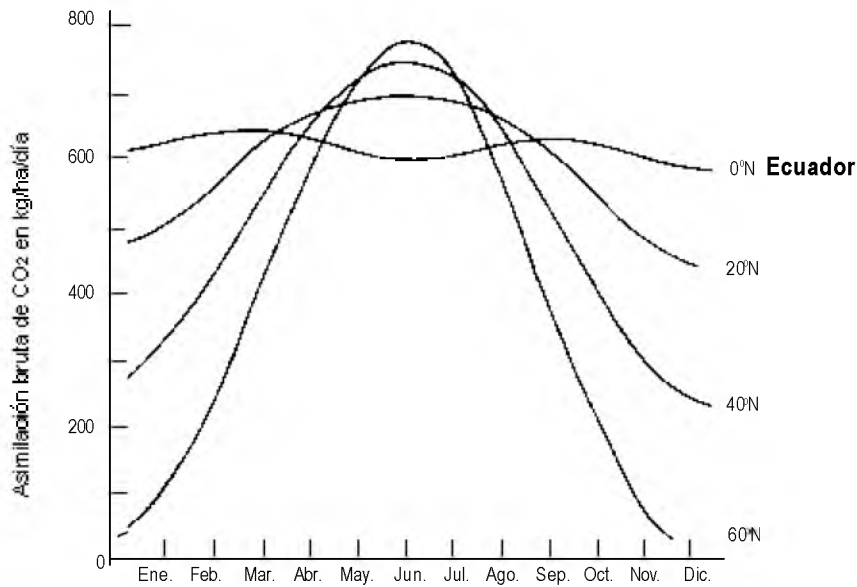
Debido a la elevada radiación solar, la producción potencial es alta y aproximadamente constante (ver cuadro 4 y figura 2), por la cual la sierra tiene excelentes condiciones para la producción vegetal. La nubosidad puede afectar hasta un 50% del periodo de insolación diario. Sin embargo, la radiación difusa en cielo cubierto es hasta un 100% más eficiente que la radiación difusa en cielo descubierto.

Cuadro 4. Distribución de la radiación solar

Latitud N.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	Octubre	Noviem.	Diciem.
0°	14.00	14.72	15.16	14.95	14.26	13.77	13.97	14.68	15.17	14.94	14.23	13.77
10°	12.17	13.44	14.67	15.43	15.48	15.34	15.41	15.51	15.09	13.95	12.55	11.80
20°	10.00	11.73	13.68	15.38	16.22	16.47	16.38	15.84	14.48	12.49	10.50	9.93
30°	7.59	9.65	12.21	14.81	16.45	17.12	16.87	15.64	13.37	10.62	8.17	7.05

Radiación total diaria en el espectro visible (400-700 nanómetros) en 10^3Jm^{-2} en un día claro standar

Figura 2. Patrón de producción vegetal a diferentes latitudes



Fuente: Simulation of Plant growth and crop production. 1982

Curso anual simulado de la asimilación bruta diaria de CO₂ por un cultivo verde y cerrado en un día libre de nubes en latitudes que van desde el Ecuador a los 60° de latitud norte

Suelos

El tipo de suelo predominante en la sierra es de origen volcánico con alto contenido en aluminio activo, extractable con oxalato ácido de amonio. El suelo denominado negro andino se ha desarrollado de ceniza volcánica fina que forma un complejo químico entre la materia orgánica y los minerales. Este tipo de suelo es comúnmente profundo en el país y rico en materia orgánica (8 a 16% por volumen). Posee una alta capacidad de retención de agua, alta estabilidad estructural, baja densidad aparente, deshidratación reversible, buena permeabilidad, y es de consistencia untosa. Por ello, los suelos negros andinos son muy aptos para el cultivo de papa. Sin embargo, debido a la presencia de alófona e imogolita y por el complejo aluminio-humus, estos suelos tienen un alto poder de fijación de fósforo. Como resultado, el Ecuador es uno de los países que más utiliza fertilizantes fosforados.

Varias provincias presentan grados importantes de erosión debido a la agricultura. En casos extremos, particularmente en suelos superficiales, la capa ha desaparecido dejando al descubierto la cangahua, un suelo de cementación de sílica y carbonatos y poco arable.

La degradación de los suelos en Ecuador es considerada entre los problemas ambientales más serios del país. Un estudio realizado por De Noni y Trujillo en 1986, demostró que el 12% de los suelos del país (31.500 km²) estaban expuestos a erosión activa. Fuerzas múltiples han contribuido a la degradación de los suelos de la región, incluyendo la actividad agropecuaria, agricultura de monocultivo, alto uso de agroquímicos, labranza total y movimiento mecánico del suelo. Aunque las lluvias intensas que caen sobre los suelos expuestos comúnmente causan erosión, el alto contenido de materia orgánica de los suelos negros andinos facilita una gran infiltración. Como consecuencia, el escurrimiento solo ocurre durante los eventos de lluvia más severos, es decir, entre una o dos veces por año. El uso de tractores en pendientes relativamente moderadas a severas (25 a 35 grados) ha resultado en la traslocación hacia abajo de grandes cantidades de suelo. En forma consistente y con tendencia a través de los andes ecuatorianos, el cultivo mecanizado en laderas ha aumentado dramáticamente en las últimas décadas, hasta el punto en que el uso de tractores ha logrado ser la principal causa de erosión física y degradación de suelos.

Zonas productoras de papa

En el Ecuador se identifican tres principales zonas productoras de papa: norte, centro y sur.

Zona Norte: Carchi e Imbabura

Esta zona tiene la mayor producción de papa, por área al nivel nacional. Su rendimiento es en promedio de 21.7 t/ha. Aunque Carchi solo ocupa el 25% de la superficie nacional dedicada al cultivo de papa (15.000 ha.), la provincia produce el 40% de la cosecha anual del país. Carchi dispone de una diversidad de climas que permite cultivar desde papa en la parte alta, hasta frutales en la parte baja. El área papera de la provincia se distribuye a lo largo de las cordilleras oriental y occidental, entre los 2.800 hasta los 3.200 m.s.n.m. y con clima frío de alta montaña. El área papera de la provincia se extiende sobre suelos Dystrandep, Hapludolls, Duriudolls y Arguidolls.

A lo largo del año, las temperaturas máximas, medias y mínimas son bastante similares en los cuatro cantones con mayor superficie sembrada de papa: Tulcán, Montúfar, Espejo y Huaca. Las temperaturas promedio oscilan entre los 11.8° y 12.1°C, con una ligera disminución en los meses de junio y agosto.

Las probabilidades de heladas en el norte son relativamente bajas. En tales casos, su incidencia es mayor en terrenos planos, principalmente en los meses de julio, agosto y enero. El promedio de precipitación oscila entre 900 y 950 mm. al

año, con las mayores lluvias entre octubre y mayo, pero con una distribución generalmente homogénea durante el año.

El principal sistema de producción de los agricultores de pequeña escala es papa-papa-otro cultivo (trigo, cebada, maíz, haba y pastos). La mayoría de los pequeños productores preparan el suelo con diferentes medios: tractor, manual y yunta. La combinación depende de la época de siembra, la topografía del suelo y la disponibilidad de maquinaria. En los sitios de difícil mecanización se practica el *wachu rozado* en la primera siembra (ver Capítulo 3). Los agricultores siembran durante todo el año, debido a la homogénea distribución de lluvias. Se utilizan altas cantidades de insumos externos, como insecticidas, fungicidas y fertilizantes. Generalmente, los agricultores de pequeña escala utilizan mano de obra familiar o contratada a momentos de alta demanda, p.e., durante la siembra y cosecha.

Los medianos y grandes productores combinan los cultivos con la ganadería. La rotación más común es papa-papa-pastos por dos o tres años. El pasto es utilizado para el sustento de ganadería de leche y carne. La agricultura es de insumo intensivo y los rendimientos promedios son altos (30 t/ha). El destino de la producción de papa es el mercado nacional e internacional (Colombia) para el consumo en fresco y procesamiento. La mayoría de productores preparan el suelo con tractor en la primera siembra, y con tractor, yunta o jornaleros para la segunda siembra. En laderas existe la tendencia de sembrar al inicio de las precipitaciones, en octubre, noviembre y diciembre. En las partes planas, las siembras son más frecuentes en enero, junio y julio para evitar las heladas que son comunes durante esta época del año. La mano de obra es contratada, comúnmente usando equipos de jornaleros provenientes de Colombia.

Zona Centro: Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Bolívar

Chimborazo tiene la mayor superficie dedicada al cultivo al nivel nacional. Sin embargo, los rendimientos son relativamente bajos (11 t/ha). El clima de la provincia es muy heterogéneo. Los vientos cálidos de la zona amazónica afectan la franja de la Cordillera Oriental, suavizando el clima, específicamente en el área ubicada en el Cantón Chambo. Como resultado de fuertes variaciones de altitud (entre 2.200 a 3.600 m.s.n.m.), temperaturas medias entre 6° y 15°C, topografía y lluvias entre 250 a 2.000 mm anuales, la provincia presenta una amplia diversidad de zonas ecológicas. En general, se distinguen dos estaciones: invierno lluvioso de octubre a mayo y verano seco de junio a septiembre.

El riesgo por granizadas es mayor durante febrero, marzo, mayo y octubre a diciembre. Las heladas se presentan en la mayoría de las zonas de influencia de la Cordillera Central y Occidental, con mayor riesgo en los meses de enero, marzo, julio, agosto y diciembre.

Existen tres zonas productoras de papa: occidente, nororiente y cordillera central. La región occidental comprende los cantones Riobamba y Colta, donde la siembra ocurre entre octubre y diciembre. La parte nororiental comprende el cantón Chambo, donde se siembra desde mayo a junio. En la cordillera central comprende el cantón Guano, donde es posible sembrar durante todo el año.

Los agricultores cultivan papa en una gran diversidad de suelos. En orden de importancia, predominan los Inceptisoles (54.9%), Mollisoles (31.3%), Entisoles (12.5%) y Afisoles (1.3%). El pH de los suelos varía de ligeramente ácido a neutro, a medida que disminuye la altitud; mientras el contenido de materia orgánica y nitrógeno va de medio a alto, a medida que aumenta la altitud. El contenido de fósforo es bajo (1.5 a 5.5 ppm.), y el contenido de potasio varía de medio a alto. La textura predominante es franca. El proceso erosivo es alto.

Típicamente, la papa se rota con los cereales cebada, trigo, centeno y maíz. Entre las leguminosas se cultivan habas, arvejas, y el resto de cultivos incluye cebolla, zanahoria, oca y melloco. La tenencia de la tierra es un factor determinante en los sistemas de producción. Los pequeños agricultores con reducidas superficies de cultivo (0.5-1 ha) realizan periodos de rotación más cortos. Los medianos (1-5 ha) y grandes (5-50 ha) productores renuevan sus potreros destinados a la ganadería con papa, y regresan a este cultivo en ocho a diez años. En aquellos lugares en donde se puede sembrar todo el año, se cultiva papa por dos y hasta tres veces consecutivas. Sin embargo, el sistema de rotación más común es papa-haba, arveja-cebada, y avena-descanso o potrero (1 a 3 años).

Zona Sur: Cañar, Azuay y Loja

En Azuay y Loja, debido a las bajas precipitaciones, la producción de papa es baja y el cultivo es de poca importancia. Cañar es la provincia más papicultora, donde se encuentra el cultivo sobre los 2.000 m.s.n.m. La producción de la zona está entre las más bajas del país (8 a 10 t/ha).

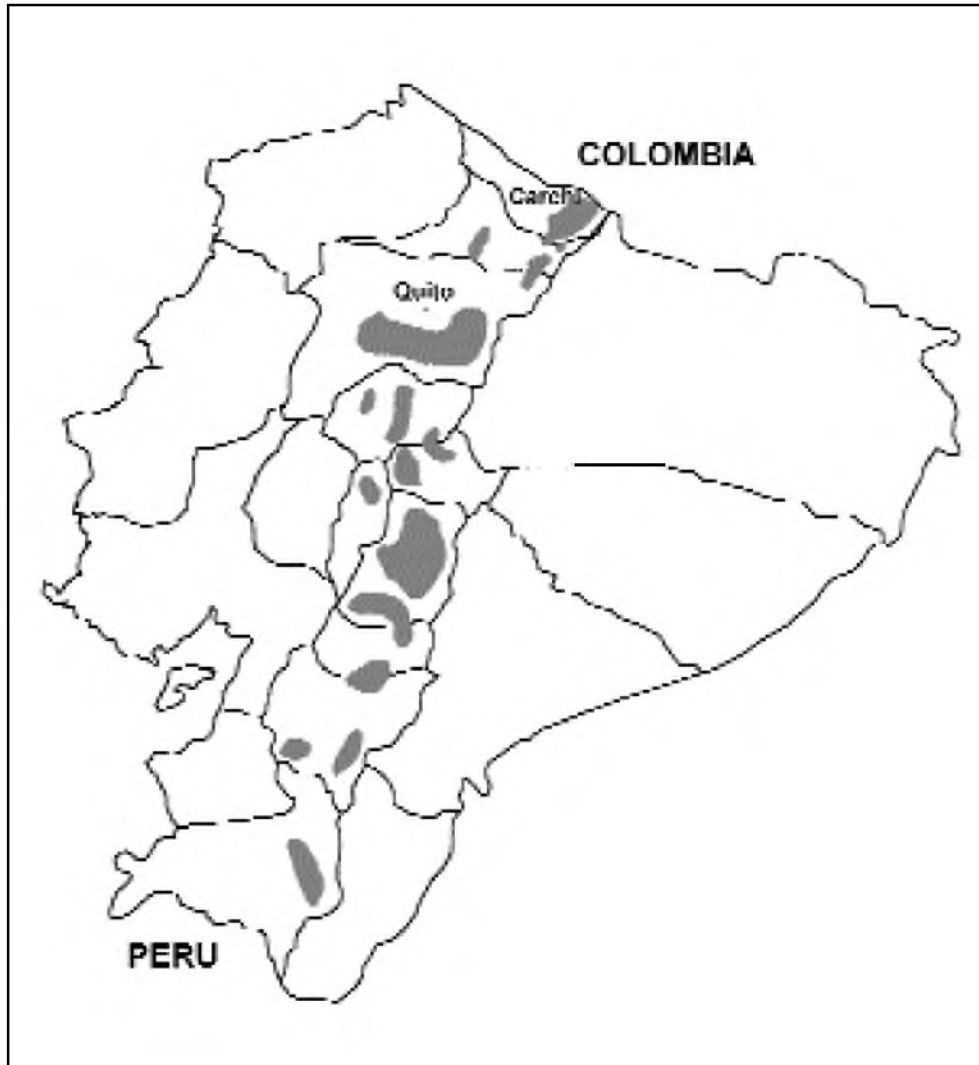
En la zona de transición sub-húmeda (2.000 a 2.600 m.s.n.m.), se presentan temperaturas medias entre 13° y 15°C y precipitaciones anuales entre 750 a 1.100 mm. Aquí, el cultivo es de temporal. Además de papa, la rotación tradicional incluye maíz, arveja, fréjol y pasto nativo.

En la zona de 2.600 a 3.200 m.s.n.m., la temperatura varía entre 10 y 13°C, con heladas frecuentes casi todo el año. La papa es sembrada generalmente en terreno de rompe de pasturas naturales, a veces asociada con maíz de grano. Luego le sucede la siembra de arvejas, cebada, trigo o maíz-choclo. Donde se dispone de riego, la siembra ocurre principalmente entre mayo y junio, con la cosecha entre noviembre a diciembre. En las parroquias de Juncal y Chorocopte del cantón Tambo, y en menor medida, en Ingapirca, Zhud, H. Vásquez y General Morales, se encuentra otros cultivos andinos, como mashua, oca y melloco, los cuales se alternan con pasturas naturales o artificiales.

En la zona de 3.200 a 3.600 m.s.n.m. se encuentra el proyecto de riego Patococha. El clima allí es mesotérmico y semiárido. La temperatura media anual es de 10.8°C y la precipitación es de 470 mm. La formación ecológica predominante es estepa montano. En esta zona predominan los cultivos de papa y maíz en asociación con frejol, arveja, lenteja, haba, chocho, lechuga, zanahoria, remolacha, coliflor, cebolla y capulí.

Sobre 3.600 m.s.n.m. predomina un sistema ganadero-lechero. La temperatura media varía de 9° a 12°C, con heladas frecuentes. Las lluvias van desde los 500 a 750 mm anuales y están distribuidas entre enero y mayo. Existe una estación seca y ventosa marcada entre junio y octubre. En esta zona, la papa es la más importante de los cultivos, y se la rota con cebada, trigo, maíz, habas y melloco. Se estima que el riego cubre 40% de la superficie y que el 60% de la papa sembrada en esta zona ocurre bajo riego.

Figura 3. Zonas productoras de papa



CAPÍTULO 2

BOTÁNICA Y MEJORAMIENTO GENÉTICO



Botánica

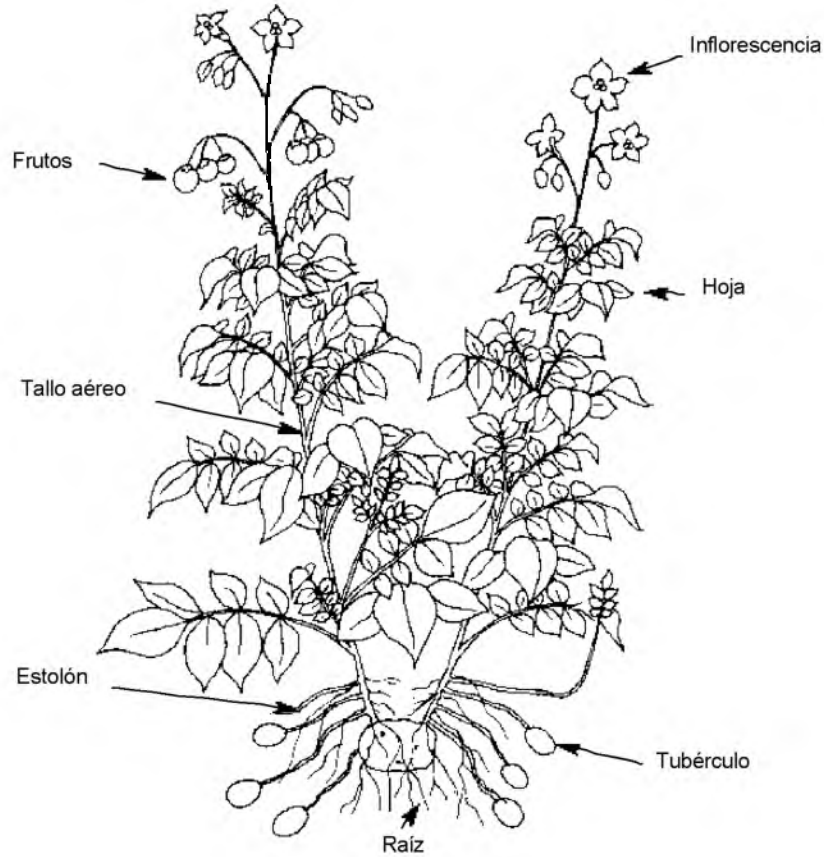
En el Ecuador, la papa ha sido tradicionalmente un cultivo de altura entre los 2.000 y los 3.600 m.s.n.m. Sin embargo, recientemente se ha comenzado a cultivar papa en la Península de Santa Elena en la Costa, con resultados alentadores. En la sierra se encuentra el cultivo en zonas templadas a frías con un rango de temperatura de 6° a 18°C. y una precipitación de 600 a 1.200 mm. La papa se desarrolla mejor en suelos francos, bien drenados, humíferos y apropiadamente abastecidos de materia orgánica y nutrientes.

La planta

La papa pertenece a las siguientes categorías taxonómicas:

Familia:	Solanaceae
Género:	Solanum
Subgénero:	Potatoe
Sección:	Petota
Serie:	Tuberosa

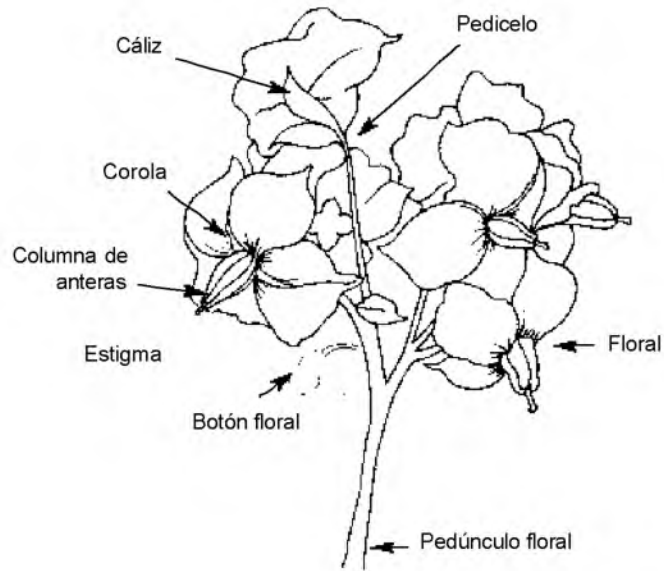
La papa es una dicotiledónea herbácea con hábitos de crecimiento rastrero o erecto, generalmente de tallos gruesos y leñosos, con entrenudos cortos. Los tallos son huecos o medulosos, excepto en los nudos que son sólidos, de forma angular y por lo general verdes o rojo púrpura. El follaje normalmente alcanza una altura entre 0.60 a 1.50 m. Las hojas son compuestas y pignadas. Las hojas primarias de plántulas pueden ser simples, pero una planta madura contiene hojas compuestas en par y alternadas. La hojas se ordenan en forma alterna a lo largo del tallo, dando un aspecto frondoso al follaje, especialmente en las variedades mejoradas.



Las papas silvestres se mantienen por largos periodos debido al continuo rebrote de los tubérculos. En contraste, las variedades cultivadas viven de cuatro a siete meses. Las plantas provenientes de semilla sexual poseen un sistema radicular muy fibroso, con raíz primaria, hipocotilo, cotiledones y epicotilo, a partir de los cuales se desarrolla el tallo y el follaje. En cambio, las plantas de cultivo comercial se originan de un tallo lateral que emerge de un brote proveniente de tubérculos usados como “semilla”. Las raíces son adventicias.

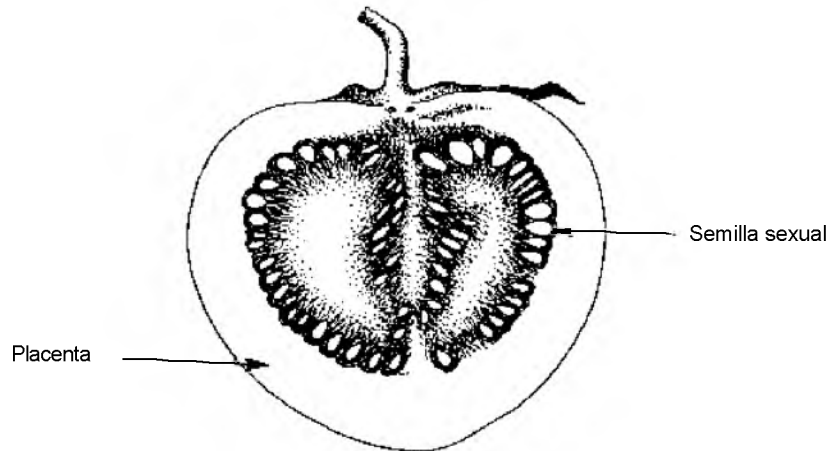
La flor

Diversos factores climáticos, especialmente el fotoperiodo y la temperatura, estimulan la floración. Las flores nacen en racimos y por lo regular son terminales. Cada flor contiene órganos masculino (androcéo) y femenino (ginecéo). Son pentámeras (poseen cinco pétalos) y sépalos que pueden ser de variados colores, pero comunmente blanco, amarillo, rojo y púrpura. Muchas variedades dejan caer las flores después de la fecundación. La autopolinización se realiza en forma natural. En los tetraploides la polinización cruzada es relativamente rara.



El fruto

El fruto de la papa es una baya pequeña y carmosa que contiene las semilla sexuales. La baya es de forma redonda u ovalada, de color verde amarillento o castaño rojizo. Posee dos lóculos con un promedio de 200 a 300 semillas. Cultivos comerciales de papa pueden ser obtenidos a partir de híbridos provenientes de semilla sexual, pero la semilla sexual se usa generalmente con propósitos de mejoramiento. En la actualidad, los mejoradores esperan uniformizar la progenie con el fin de obtener una papa con características determinadas.

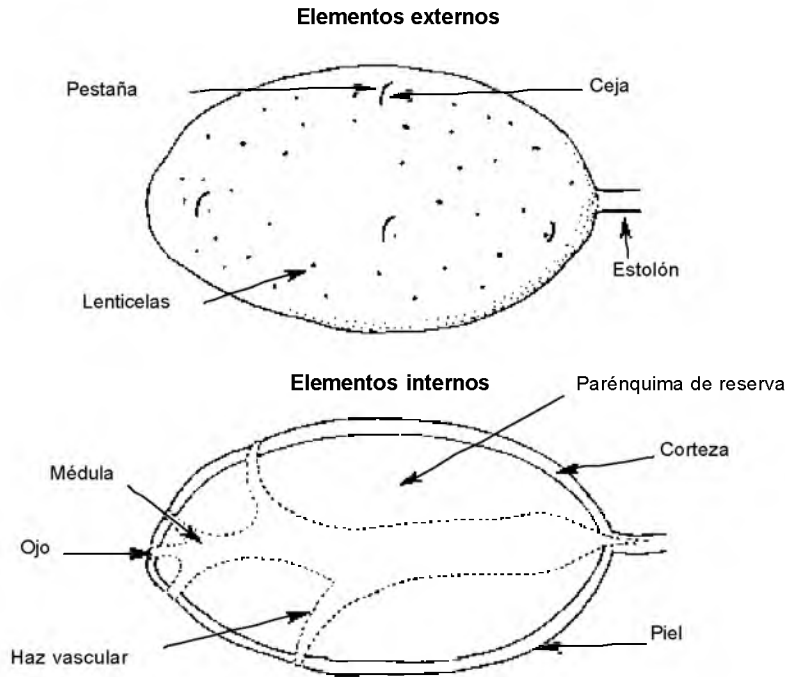


La papa posee una serie de ploidias (múltiples pares de cromosomas, con especies cultivadas desde el nivel diploide ($2n=24$ cromosomas), triploide ($2n=36$), tetraploide ($2n=48$), pentaploide ($2n=60$) y hasta hexaploide ($2n=72$) en las especies silvestres. Comúnmente las variedades nativas del Ecuador (ej. *Solanum phureja* o Chaucha) son diploides, mientras que las variedades cada vez más dominantes en el mercado son las tetraploides, genéticamente mejoradas, (ej. *Solanum tuberosum* como Superchola).

Los tubérculos

Los tubérculos son tallos carnosos que se originan en el extremo del estolón y tienen yemas y ojos. La formación de tubérculos es consecuencia de la proliferación del tejido de reserva que estimula el aumento de células hasta un factor de 64 veces.

El tejido vascular de los tallos, estolones y tubérculos toma inicialmente la forma de haces bicolaterales, con grupos de células floemáticas de pared delgada en la parte externa del xilema (floema externo) y hacia el centro en la parte interna del xilema (floema interno). A medida que el estolón se alarga, el parénquima se desarrolla, separando los haces vasculares de tal forma que el anillo vascular se extiende. Mientras el tubérculo está en crecimiento, nuevos grupos de floema, incluyendo tubos cribosos, células acompañantes y elementos del parénquima conductor, se forman. Hidratos de carbono se almacenan dentro de las células del parénquima de reserva, de la médula y la corteza en forma de gránulos de almidón con detalles característicos.



Mejoramiento genético

Debido a la continua aparición de nuevas razas de *Phytophthora infestans* que han superado la resistencia de las variedades en uso en el país, es necesaria la generación permanente de nuevas variedades. Igualmente, una presión demográfica que demanda más producción así como cambios en los hábitos de consumo son factores que exigen la búsqueda de nuevas variedades. Los objetivos del mejoramiento genético de la papa en el país se orientan al desarrollo de variedades precoces, resistentes al tizón tardío, con altos rendimientos y una alta calidad comercial y culinaria.

El mejoramiento consiste básicamente en cruzamientos de germoplasma local e introducido de varios orígenes y la identificación de clones promisorios. Hoy en día, el proceso involucra actividades en estaciones experimentales y en el campo con la participación activa de productores y usuarios de la cadena agroalimentaria, mediante la metodología de investigación participativa.

Estrategias de mejoramiento tradicional

El proceso de mejoramiento tradicional consiste de los siguientes procedimientos generales: introducción y selección clonal, hibridación, selección de progenitores y multiplicación y liberación de variedades.

Introducción y selección clonal

La introducción y selección de materiales es uno de los procedimientos más antiguos y constituye la base del proceso de mejoramiento. Involucra la introducción de materiales que respondan a los objetivos de mejoramiento y se ajusten a las exigencias del mercado y del usuario.

La selección clonal se basa en el fenotipo. Se busca caracteres que pueden apreciarse a simple vista o medirse con facilidad (precocidad, color del tubérculo, altura de la planta). El genotipo de los clones seleccionados se conserva mediante la propagación asexual. Se establecen ensayos discriminatorios (preliminares, de rendimiento y adaptación) para descartar materiales. Es importante probar los materiales en las condiciones del agricultor, al menos por tres ciclos consecutivos de cultivo, ya que el comportamiento del material sometido a las limitaciones y sistemas que el agricultor usa en su finca permite hacer un juicio más equilibrado y objetivo.

Hibridación

La recombinación de genes se produce como resultado de la reproducción sexual. En función del problema que se desea atacar y los objetivos de mejoramiento, se necesita identificar a los progenitores (genes deseables), que se encuentran en bancos de germoplasma de variedades locales y silvestres. Diversas fuentes de resistencia a los principales limitantes de la producción de papa han sido identificados en cultivares silvestres, nativos y cultivados (cuadro 5).

Cuadro 5. Principales limitantes de la producción de papa y fuentes de resistencia

Limitantes	Fuentes de resistencia	Número de cromosomas
<i>Phytophthora infestans</i>	<i>S. tuberosum ssp andigena</i> <i>S. stoloniferum</i> * <i>S. vernei</i> * <i>S. verrucosum</i> * <i>S. phureja</i> <i>S. bulbocastanum</i>	2n = 4x=48 2n = 4x=48 2n= 2x= 24 2n= 2x= 24 2n= 2x= 24
<i>Globodera spp.</i>	<i>S. tuberosum ssp tuberosum</i> <i>Solanum vernei</i> * <i>Solanum acaule</i> *	2n = 4x=48 2n= 2x= 24 2n = 4x=48
<i>Pseudomonas solanacearum</i>	<i>Solanum phureja</i>	2n= 2x= 24
Virus del enrollamiento de la hoja	<i>Solanum acaule</i> *	2n = 2x=48
Heladas	<i>Solanum acaule</i> * <i>S. commersonii</i> *	2n = 4x=48 2n= 2x= 24
	<i>S. brevicaule</i> * <i>S. multidissectum</i> <i>S. stoloniferum</i> *	2n = 4x=48 2n = 4x=48
Largo periodo vegetativo	<i>S. phureja</i> <i>S. tuberosum ssp andigena</i>	2n= 2x= 24 2n = 4x=48

* variedad

De las especies silvestres, la mayoría son diploides (2n=24), aunque existen especies silvestres tetraploides, hexaploides (2n = 72) y anfidiplóides. El 98 % de los cultivares de papa más comunes corresponden a las especies *Solanum tuberosum* y *Solanum andígena*; son tetraploides (2n = 48) y tienen tipo de herencia tetrasómica.

La papa, a través de la reproducción sexual produce una descendencia altamente variada. Como resultado, se considera cada semilla genéticamente diferente. Por ello, las plantas seleccionadas a partir de la cruce son multiplicadas individualmente por vía vegetativa (clon). Una vez fijado el carácter deseado, se inicia un programa de pruebas regionales de adaptación, de rendimiento y calidad de los tubérculos, con la participación de agricultores y consumidores.

Selección de progenitores

Se utilizan principalmente materiales de la Colección Ecuatoriana de Papa, la cual está constituida por una colección núcleo de 100 entradas entre materiales tardíos (tetraploides spp. *andigena* y *andigena* X *tuberosum*) y precoces (*phureja* y *stenotomum*). A menudo se utilizó los materiales del banco de germoplasma del CIP, en donde se mantiene una réplica de la colección mundial de papa (unas 5.000 entradas).

Cruzamientos

Siguiendo la técnica de emasculación y polinización se efectúan los respectivos cruzamientos entre los progenitores previamente seleccionados. El producto es un conjunto de materiales con distintas características fenotípicas y genotípicas.

Evaluación de segregantes

La semilla sexual, producto de los cruzamientos, es tratada en una solución de ácido giberélico durante 24 horas para romper su periodo de reposo. Luego es sembrada en macetas individuales en un invernadero. Una vez que las plántulas han alcanzado un desarrollo de unos diez cm, son trasplantadas al campo. Posteriormente se realizan evaluaciones referentes a tipo de planta, longitud de estolones, aspectos del tubérculo y rendimiento. También, se realiza evaluaciones visuales a la presencia de virus y otras enfermedades. En función de las evaluaciones, se seleccionan las plantas que presentan mayor grado de resistencia y mejores características agronómicas. De los materiales trasplantados inicialmente, queda del 20 al 30%.

Selección en campo

Los materiales seleccionados son sembrados nuevamente y expuestos a dos selecciones a nivel clonal. Actualmente, en el país, el criterio de selección principal es la resistencia a la lancha. Durante la segunda generación clonal se realizan lecturas periódicas del porcentaje de infección de lancha.

Los clones seleccionados son sembrados en surcos de 7.5 m de largo, con una separación de 0.30 m. En esta fase se pone especial atención a la precocidad (menor a 120 días), y se eliminan clones afectados por virus en más del 25%

Con el objetivo de seleccionar clones con resistencia horizontal a la lancha (presencia de genes "R" mayores), se inocula cada material con una raza compleja de genes de virulencia de *P. infestans* y una raza "O" (sin genes de virulencia). De acuerdo a la reacción del material inoculado, se establece la presencia de genes "R".

La figura 4, resume el esquema de mejoramiento que aplica el Programa Nacional de Papa del INIAP.

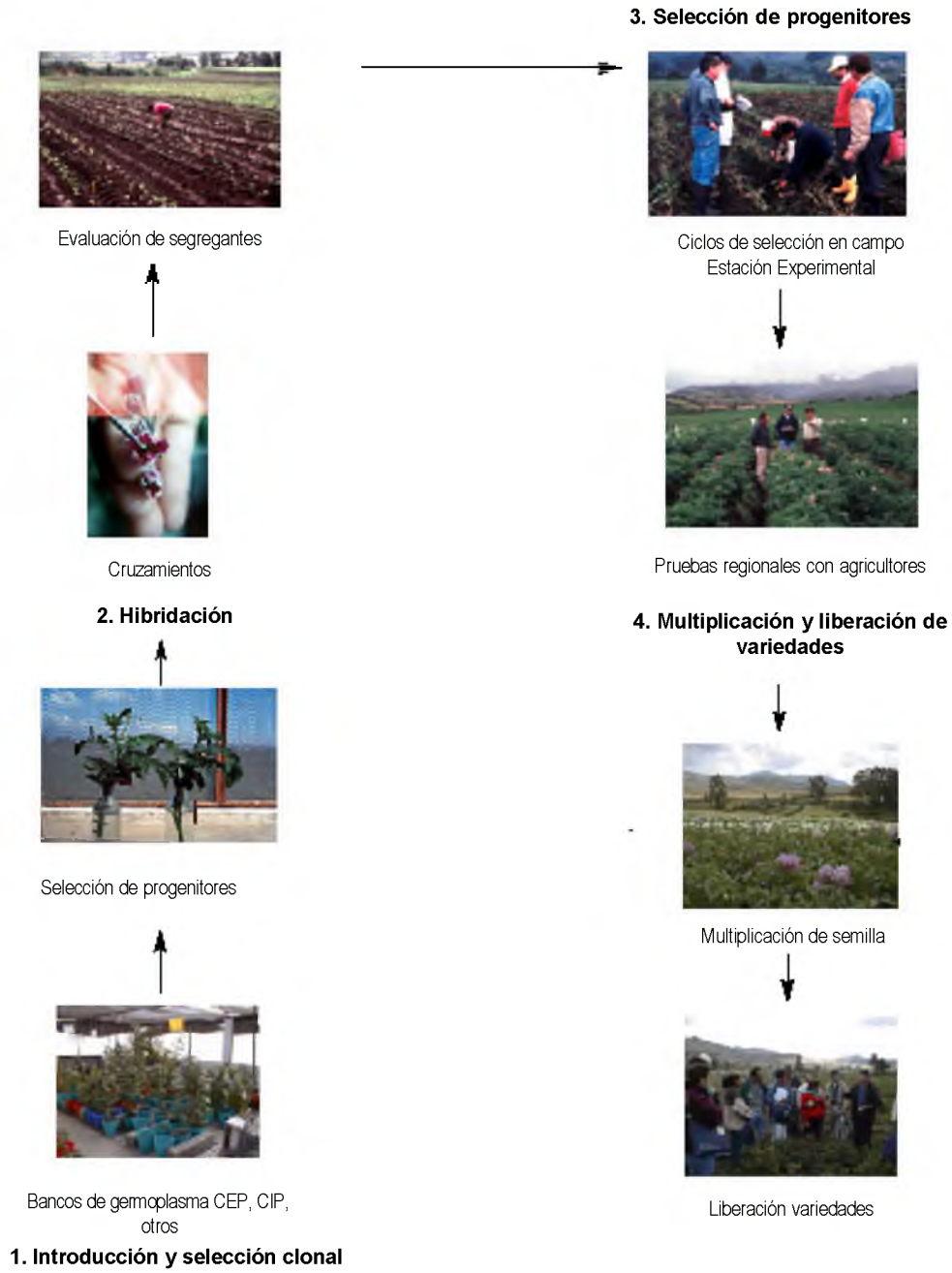
Como complemento se realiza ensayos con y sin fungicidas en zonas con alta presencia de lancha. En el primer ensayo se mide el rendimiento potencial, y en el segundo se evalúa el porcentaje de infección. Estos ensayos se realizan en conjunto con grupos de agricultores.

Los clones con resistencia a lancha son evaluados y seleccionados en forma participativa con agricultores y otros actores de la cadena agro-alimentaria de las diversas provincias productoras de papa. En esta fase se toma en cuenta el rendimiento, la resistencia a lancha y las calidades de consumo en fresco o procesado.

Multiplicación y liberación de variedades

En el último ciclo de investigación, uno o dos de los clones promisorios seleccionados entran en un proceso de limpieza de virus, y posteriormente se utilizan técnicas de multiplicación acelerada (plantas *in vitro*, esquejes y uso de brotes). Se genera información escrita sobre la nueva variedad y se implementan actividades de promoción entre la zonas de producción

Figura 4. Esquema de mejoramiento del INIAP



Variedades de papa cultivadas en Ecuador

Cada zona del país produce distintas variedades de papa (cuadro 6) que pueden ser clasificadas en dos grupos: nativas y mejoradas. Las primeras corresponden a cultivares locales que han sido sometidos a un proceso de selección empírica no solo a través de ciento, sino miles de años por parte de los agricultores y presión de la naturaleza (p.e., clima, plagas y enfermedades). Las variedades mejoradas son el resultado de una selección metódica realizada por investigadores con materiales nativos y exóticos. Entre las variedades cultivadas en el Ecuador, encontramos representantes de *S. tuberosum* y *S. phureja*. Sin embargo, otras especies silvestres, especialmente *S. demissum* y *S. vertifolium*, han aportado también como líneas parentales de las variedades actuales (cuadros 7 y 8).

Cuadro 6. Variedades de papa sembradas por zonas de cultivo

Zona de Cultivo	Variedad
Norte: Provincia de Carchi	Chola Superchola Gabriela Esperanza María Fripapa 99 ICA-Capiro Margarita Ormus Yema de Huevo (Chauchas)
Centro: Provincias de Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo	Chola Uvilla Santa Catalina Esperanza Gabriela María Margarita Rosita Santa Isabel Superchola Yema de Huevo Fripapa Cecilia-Leona
Sur: Provincias de Cañar, Azuay y Loja	Uvilla Bolona Santa Catalina Esperanza Soledad Cañari Gabriela

Cuadro 7. Principales características de las variedades mejoradas de papa cultivada en Ecuador

Variedades Características	Sta. Catalina (1965)	I-María (1967)	I-Cecilia (1981)
Origen genético	(Blanca cascuda x Pana) x (Jabonilla x Curipamba)	Black x (Paspuela x Leona)	Vertifolia x Jabonilla
Subespecie	<i>Tuberosum</i> x <i>andigena</i>	<i>Tuberosum</i> x <i>andigena</i>	<i>vertifolium</i> x <i>andigena</i>
Zonas recomendadas y altitud	Centro, 2.800 a 3.600 m.s.n.m.	Central y Sur, 2.600 a 3.000 m.s.n.m.	Centro (Cotopaxi), 2.600 a 3.200 m.s.n.m.
Follaje	Desarrollo bastante rápido; cubre bien el terreno; planta vigorosa.	Desarrollo rápido; tallos algo débiles; hojas de tamaño mediano que cubren bien el terreno.	Desarrollo algo lento, más tarde cubre bien el terreno; de tallos fuertes.
Tubérculos	Forma redondo-ovalada, piel rosada y lisa, con ojos superficiales de color crema, pulpa amarilla pálida con vestigio de antocianina en el tejido vascular o médula.	Forma redonda, ligeramente aplanados en su cara inferior y superior, con el extremo ligado al estolón. Piel lisa anaranjado-cremosa, color de la pulpa blanca y ojos grandes de profundidad media.	Tamaño medio de forma oval-alargada, un tanto aplanada en sus caras superior e inferior; piel blanco-cremosa y lisa; pulpa blanca- cremosa; con ojos superficiales.
Maduración a 3.000 m de altitud	Semitardía (180 días)	Semitemprana (150 días)	Semitemprana (150 días)
Rendimiento potencial	28 t/ha	35 t/ha	30 t/ha
Reacción a enfermedades	Resistencia horizontal a lancha (<i>Phytophthora infestans</i>), moderada a roya (<i>Puccinia pittieriana</i>), susceptible al nematodo del quiste de la papa (<i>Globodera pallida</i>).	Medianamente resistente a lancha (<i>Phytophthora infestans</i>) y roya (<i>Puccinia pittieriana</i>). Susceptible al nematodo del quiste de la papa (<i>Globodera pallida</i>).	Altamente susceptible a lancha (<i>Phytophthora infestans</i>), roya (<i>Puccinia pittieriana</i>), virus y nematodo del quiste de la papa (<i>Globodera pallida</i>).
Usos	Consumo en fresco: sopas y puré; no se decolora al cocinar.	Consumo para procesamiento: papas fritas en forma de hojuelas (chips) y francesas.	Consumo en fresco: platos caseros (sopas y tortillas), bastante harinosa, de color puro y sabor neutro. Consumo para procesamiento (papas fritas en hojuelas o chips).

Cuadro 7. (cont.)

Variedades	Gabriela (1982)	Esperanza (1983)	Superchola (1984 ?)
Características			
Origen genético	Algodona x Chola	Florita x Chola	[(Curipamba negra x <i>Solanum demissum</i>) x clon resistente con comida amarilla x chola seleccionada] G. Bastidas - Carchi.
Subespecie	<i>tuberosum</i> x <i>andigena</i>	<i>tuberosum</i> x <i>andigena</i>	<i>andigena</i>
Zonas recomendadas y altitud	Norte y Centro, 2.900 a 3.200 m.s.n.m.	Centro y Sur, 2.800 a 3.600 m s n. m.	Norte, 2.800 a 3.600 m s n. m. Centro.
Follaje	Desarrollo rápido, tallos bastante fuertes, cubre muy bien el terreno; hojas grandes.	Desarrollo rápido, tallos robustos y fuertes, hojas grandes que cubren bien el terreno.	Frondoso; desarrollo rápido; tallos robustos y fuertes; hojas medianas que cubren bien el terreno.
Tubérculo	Tubérculos entre medianos y grandes, forma oval, color rosado intenso en su mayor parte y crema alrededor de las yemas; pulpa crema y ojos superficiales.	Tubérculos grandes de forma redonda y algo aplanada; piel blanco-crema con pigmentación rosada; pulpa crema y ojos superficiales.	Tubérculos medianos de forma elíptica a ovalada; piel rosada y lisa, con crema alrededor de los ojos, pulpa amarilla pálida sin pigmentación y ojos superficiales.
Maduración a 3.000 m de altitud	Semitardía (180 días)	Semitemprana (150 días)	Semitardía (180 días)
Rendimiento potencial	40 t/ha	50 t/ha	30 t/ha
Reacción a enfermedades	Susceptible a la lancha (<i>Phytophthora infestans</i>), moderadamente resistente a la roya (<i>Puccinia pittieriana</i>), tolerante al nematodo del quiste de la papa (<i>Globodera pallida</i>) y resistente a la roña (<i>Spongospora subterranea</i>).	Susceptible a la lancha (<i>Phytophthora infestans</i>), medianamente resistente a la roya (<i>Puccinia pittieriana</i>), tolerante al nematodo del quiste de la papa (<i>Globodera pallida</i>), susceptible al pie negro (<i>Erwinia spp.</i>).	Susceptible a la lancha (<i>Phytophthora infestans</i>), medianamente resistente a la roya (<i>Puccinia pittieriana</i>) y tolerante al nematodo del quiste de la papa (<i>Globodera pallida</i>).
Usos	Consumo en fresco: puré, tortillas.	Consumo en fresco.	Consumo en fresco: sopas y puré. Consumo para procesamiento: papas fritas en forma de hojuelas (chips) y a la francesa.

Cuadro 7. (cont.)

Variedades	Fripapa (1995)	Rosita (1995)	Santa Isabel (1995)
Características			
Origen genético	(Bulk Méjico x 378158.721) x i-1039	(Nevada x I-1058 x Bulk Méjico)	Chola x (Jabonilla x Curipamba)
Subespecie	<i>tuberosum</i> x <i>andigena</i>	<i>tuberosum</i> x <i>andigena</i>	<i>andigena</i>
Zonas recomendadas y altitud	Norte, 2.800 a 3.500 m	Centro, 2.800 a 3.500 m	Centro y Norte, 2800 a 3.800 m.s.n.m.
Follaje	Tamaño mediano, color verde llamativo, cuatro tallos, hojas compuestas y numerosas.	Fronroso, de buen tamaño, tallos gruesos, cubre bien el terreno.	Tallos fuertes de altura mediana; de desarrollo algo lento al principio; cubre bastante bien el terreno.
Tubérculo	Relativamente grandes, de forma oblonga; piel de color rosado intenso, sin color secundario; pulpa amarilla y ojos superficiales.	Grandes, de forma redonda, con ambas caras aplanadas; piel roja pálida, sin color secundario; pulpa amarilla sin pigmentación; ojos entre superficiales y medios.	Entre medianos y grandes; de forma redondo-ovalada; piel roja y lisa; pulpa amarilla y ojos superficiales.
Maduración a 3.000 m de altura	Semitardía (180 días)	Semitardía (180 días)	Semitardía (180 días)
Rendimiento potencial	47 t/ha	50 t/ha	40 t/ha
Reacción a enfermedades	Resistente a la lancha (<i>Phytophthora infestans</i>), medianamente susceptible a la roya (<i>Puccinia pittieriana</i>) y medianamente resistente a la cenicilla (<i>Oidium spp.</i>).	Resistente a la lancha (<i>Phytophthora infestans</i>), medianamente susceptible a la roya (<i>Puccinia pittieriana</i>) y medianamente resistente a la cenicilla (<i>Oidium spp.</i>).	Susceptible a la lancha (<i>Phytophthora infestans</i>), medianamente susceptible a la roya (<i>Puccinia pittieriana</i>) y tolerante al nematodo del quiste de la papa (<i>Globodera pallida</i>).
Usos	Consumo para procesamiento: papas fritas en forma de hojuelas (chips) y a la francesa. Consumo en fresco: sopas y puré.	Consumo en fresco: sopas y puré.	Consumo en fresco: apta para platos caseros (sopas, puré y tortillas).

Cuadro 7. (cont.)

Variedades Características	Margarita (1995)	Soledad Cañari (1996)	Raymipapa 1999
Origen genético	(Bulk LLT-Pop x 378493.928) x IVPCE 10	Atzimba x Chola	378979.46 (CCCU-69.1 x Bulk Seedl.78 Mx) x Bulk Seedl. 79/80 Mex.
Subespecie	<i>tuberosum</i>	<i>tuberosum</i> x <i>andigena</i>	<i>tuberosum</i> x <i>andigena</i>
Zonas recomendadas y altitud	Centro y Norte, 2.800 a 3.500 m.s.n.m.	Sur, 2.800 m.s.n.m.	Sierra Centro - Norte (Carchi - Pichincha)
Follaje	Desarrollo bastante rápido, exuberante, porte medio, folíolos grandes, planta vigorosa.	Desarrollo rápido, plantas vigorosas, buena cobertura del suelo.	Desarrollo bastante rápido, plantas vigorosas, buena cobertura del suelo.
Tubérculo	Forma oblonga, piel amarilla, sin color secundario, pulpa crema, ojos de color rosado, superficiales.	Tamaño entre mediano y grande, forma oblonga, piel blanca-crema, lisa, sin color secundario; pulpa amarillo-clara, ojos de profundidad mediana.	Forma redonda comprimida, piel crema con manchas rosadas dispersas y salpicadas, pulpa amarilla - clara, ojos medios.
Maduración a 3.000 m. altitud	Temprana (110 días)	Semitardía (160 días)	Temprana (130 días)
Rendimiento potencial	47 t/ha	25 t/ha	45 t/ha
Reacción a enfermedades	Resistente a la lancha (<i>Phytophthora infestans</i>), medianamente susceptible a la roya y Erwinia (<i>Puccinia pittieriana</i>) y medianamente resistente a la cenicilla (<i>Oidium spp.</i>).	Resistente a la lancha (<i>Phytophthora infestans</i>), susceptible a la cenicilla (<i>Oidium spp.</i>), tolerante al virus (de los tipos X, Y, S, PCRV).	Resistente a la lancha (<i>Phytophthora infestans</i>).
Usos	Consumo en fresco: agradable sabor y buena consistencia, sopas y puré.	Consumo en fresco: sopas y puré.	Sopas, puré, papa frita a la francesa, papa con y sin cáscara, tortilla.

Cuadro 7. (cont.)

Variedades Características	Suprema (1999)	Papa Pan (2000)
Origen genético	(ABPI) B.2 X bk (LB78.79)	Desconocido
Subespecie	<i>Acaule X bulbocastanum X Tuberosum</i>	Desconocido
Zonas recomendadas	Norte (Carchi) Centro (Tungurahua y Cotopaxi)	Centro (Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Bolívar)
Follaje	Plantas vigorosas, desarrollo rápido, buena cobertura del suelo.	Adundante, hábito erecto, hojas anchas, buen cobertura.
Tubérculo	Forma oblonga alargada, piel blanca crema, pulpa blanca, ojos superficiales.	Forma oblonga alargada con ambas caras aplanadas, piel blanca - crema, pulpa blanca, ojos superficiales.
Maduración a 3.000 m de altitud	temprana (120 días)	temprana (120 días)
Rendimiento potencial	38 t/ha	40 t/ha
Reacción a enfermedades	Altamente resistente a la lancha (<i>Phytophthora infestans</i>).	Altamente resistente a la lancha (<i>Phytophthora infestans</i>).
Usos	Sopas, puré, papa frita a la francesa, papa con o sin cáscara, tortillas.	Consumo en fresco, papa frita a la francesa.

Cuadro 8. Principales características de las variedades nativas de papa cultivada en Ecuador

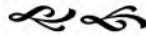
Variedades Características	Chola	Uvilla	Yema de huevo
Subespecie	<i>andigena</i>	<i>andigena</i>	<i>solanum phureja</i>
Zonas recomendadas y altitud	Norte y Centro, 2.800 a 3.600 m	Centro, 2.800 a 3.200 m	Valles templados de la sierra, 2.500 a 2.800 m.s.n.m.
Follaje	Tamaño grande, de vigor mediano, posee muchos foliolos pequeños; crecimiento erecto.	Exhuberante, cubre bien el suelo, tamaño alto.	Desarrollo rápido, hojas medianas, planta vigorosa.
Tubérculo	Tamaño mediano, forma oval-elíptica, levemente aplanada en sus caras superior e inferior, piel rosada áspera que predomina en el tubérculo, áreas alrededor de los ojos grandes y superficiales, con dominancia apical. Pulpa amarilla pálida sin pigmentación.	Tamaño mediano, a grande forma oblonga, ojos superficiales; piel amarilla con pigmentación morada distribuida alrededor de los ojos; pulpa amarilla clara con manchas moradas (antocianina) en forma dispersa; estolones cortos.	Forma redonda, tamaño mediano, poco uniforme, piel amarilla intensa y lisa, ojos medianos y pulpa de color amarillo intenso.
Maduración a 3.000 m de altitud	Tardía (210 días)	Tardía (210 días)	Muy temprana (90 días)
Rendimiento potencial	25 t/ha	30 t/ha	10 t/ha
Reacción a enfermedades	Susceptible a la lancha (<i>Phytophthora infestans</i>) y a la roya (<i>Puccinia pittieriana</i>) y al nematodo del quiste de la papa (<i>Globodera pallida</i>).	Susceptible a la lancha (<i>Phytophthora infestans</i>), a la roya (<i>Puccinia pittieriana</i>) y al nematodo del quiste de la papa (<i>Globodera pallida</i>).	Susceptible a la lancha (<i>Phytophthora infestans</i>).
Usos	Consumo en fresco: bastante harinosa, apta para puré y sopas. No se decolora al cocinar.	Consumo en fresco: sopas.	Consumo en fresco: cocción. Sirve como acompañante de platos típicos.

Cuadro 8. (cont.)

Variedades	Bolona
Características	
Subespecie	<i>andigena</i>
Zonas recomendadas y altitud	Sur, 2.800 a 3.200 m.s.n.m.
Follaje	Exhuberante, planta alta.
Tubérculo	Tamaño mediano, a grande redondo-oval, parte apical y basal ligeramente aplanada; la piel de la mayoría de los tubérculos es crema-violácea, y, en menor medida, morado-violácea; ojos superficiales de tamaño mediano, escasos, con dominancia apical. Pulpa crema con pigmentación en el cilindro vascular. Tuberización tardía y estolones cortos.
Maduración a 3.000 m de altitud	Tardía (210 días)
Rendimiento potencial	30 t/ha
Reacción a enfermedades	Susceptible a la lancha (<i>Phytophthora infestans</i>), a la roya (<i>Puccinia pittieriana</i>) y al nematodo del quiste de la papa (<i>Globodera pallida</i>).
Usos	Consumo en fresco: bastante harinosa, apta para la preparación de puré y sopas.

CAPÍTULO 3

MANEJO AGRONÓMICO



Selección y preparación del terreno

La selección cuidadosa del terreno es particularmente importante para el éxito del cultivo de papa. Se debe tomar en cuenta diversos criterios, como la presencia de plagas y enfermedades, presencia de distintos tamaños de agregados de suelo y que tengan una capa arable por arriba de los 30 cm. Estos factores permiten un buen desarrollo de raíces y la formación de tubérculos. Debido al grado de movimiento de suelo que demanda el cultivo, para evitar la erosión de suelos, no se recomienda utilizar terrenos con pendientes mayores al 20%.

La preparación de la parcela depende del tipo de suelo, condiciones climatológicas, humedad y riesgo a la erosión. Comúnmente el cultivo de papa conlleva un alto riesgo de erosión de acuerdo al sistema que se use. En el Ecuador, la mayoría de los agricultores practican un sistema de labranza que invierte y remueve los primeros 30 cm de superficie. Por lo general, este trabajo se realiza en forma manual o con la ayuda de un arado de tracción animal o maquinaria agrícola.

El movimiento del suelo causa cambios en sus condiciones de estructura, porosidad, rugosidad y microtopografía que pueden afectar la capacidad de infiltración, almacenamiento superficial, escurrimiento superficial y la cohesión de las partículas. El laboreo del suelo a través de muchas generaciones comúnmente provoca la destrucción de su estructura, favoreciendo la erosión hídrica y eólica y afectando las condiciones físicas y la capacidad productiva. Frecuentemente los suelos sobre trabajados son más sensibles al encostrado causado por el impacto de gotas de lluvia que afecta la emergencia y desarrollo del cultivo.

Investigadores en diferentes partes de las Américas están promoviendo sistemas de labranza con fines de conservación de suelos y agua. Experiencias realizadas en Nariño, Colombia, han logrado mejores rendimientos de papa al preparar el suelo con tres pases de rastra que con la labranza convencional (dos a tres aradas y una a dos rastras), mientras que con la siembra sin labranza los rendimientos disminuyeron. Sin embargo, el beneficio neto fue similar debido a menores costos en la preparación del suelo. La reducción de las labores de labranza es generalmente deseable pero solo factible si las condiciones del suelo (textura, humedad, contenido de materia orgánica, tipo y cantidad de malezas) lo permite.

Labranza

La labranza es una manipulación física del suelo para cambiar su estructura y mejorar las condiciones de aireación, balance hídrico y control de malezas. La operación de labranza depende de diversos factores que incluyen:

- **Textura:** Suelos de textura liviana y media, tales como los negro andino, permiten un bajo número de operaciones de labranza para establecer condiciones ideales para el crecimiento de las raíces, en tanto que los suelos pesados requieren de un mayor número de operaciones.
- **Malezas:** Un terreno que ha estado ocupado con pasturas permanentes presenta mejores características físicas, mayor grado de agregación y menor densidad aparente. Pastos con sistemas radiculares de rizomas, como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), requieren medidas especiales.
- **Humedad:** Con una humedad cercana a la capacidad de campo se requiere de menor energía para romper el suelo durante la labranza. Suelos saturados pueden compactarse con la entrada de equipos pesados y bueyes.
- **Pendiente:** Se corre el riesgo de erosión cuando se cultiva papa en pendientes superiores al 20%. Este problema se torna aún más grave cuando se ara con tractor en sentido de la pendiente. De hecho, esta es la causa principal de erosión de los suelos negro andinos en Ecuador.
- **Herramienta:** Debido a su capacidad de arrastre en ladera, se debe restringir el uso del arado de discos a terrenos planos. En lotes ondulados y pendientes se recomienda utilizar tracción animal o herramientas manuales.

Época de preparación

La preparación oportuna del suelo es un factor importante para el desarrollo de tubérculos. Para terrenos en descanso (potrero viejo o barbecho) los agricultores generalmente incorporan al suelo materia verde existente para su adecuada descomposición. La velocidad de descomposición depende de diversos factores, especialmente la textura y humedad del suelo y la presencia y actividad de micro organismos. En la mayoría de casos bajo las condiciones de las zonas papeiras de la sierra ecuatoriana, este proceso dura aproximada dos a tres meses. En caso de rastros, el proceso de descomposición es menor (tres a cuatro semanas). No es aconsejable trabajar cuando existe exceso de humedad, para evitar una compactación del suelo, o deficiencia de humedad, para evitar la pulverización de agregados.

Labores de preparación

Las principales labores convencionales de preparación de suelo en el país son: la arada y rastra. La arada consiste en la roturación de la capa superficial a fin de aflojar el suelo, incorporar los residuos vegetales y controlar malezas. Esta labor

puede incluir uno o varios pases con el arado. Una arada profunda en suelos “pesados” (de alto contenido de arcilla) puede mejorar la estructura. No obstante, la mezcla del subsuelo con la capa arable puede interferir con la presencia y disponibilidad de nutrientes al cultivo. Es aconsejable esperar 15 a 30 días entre aradas, a fin de permitir una adecuada descomposición de los residuos vegetales incorporados en cada labor.

La rastra involucra pases cruzados del campo para desmenuzar los terrones del suelo, a fin de obtener una cama superficial suelta. Se debe realizar las labores de rastra a una profundidad de 10 a 15 cm para establecer condiciones favorables para la germinación y crecimiento del cultivo.

Sistemas de labranza

Generalmente los papicultores del país usan sistemas de labranza manual y mecanizados. La labranza manual se basa en el trabajo del hombre y la tracción animal. Normalmente se aplica en lotes de gran inclinación (superior a 20% de pendiente) que impiden la mecanización. La tracción animal utiliza principalmente el arado nacional para las labores de aradura. En algunos casos es necesario complementar este trabajo con labores manuales, tales como tolas y sacudidas de los terrones del suelo. En ciertas ocasiones se emplea una rastra de clavos, a fin de dar mayor soltura a la capa superficial.

La labranza mecanizada en el país opera con maquinaria mediante equipos de arados de discos y vertedera. No obstante, el arado de discos y rastra de discos tiende a sobretrabajar al suelo, ocasionando su degradación. El arado de vertedera y rastra de discos son efectivos para romper potreros viejos. El arado de vertedera incorpora en forma eficiente el material vegetal que se encuentra en la superficie del suelo.

Conservación

La labranza de conservación o labranza reducida consiste en reducir al mínimo la labranza del suelo a fin de preservar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Como resultado, se protege la superficie de las gotas de agua, incrementando la materia orgánica por los residuos vegetales y manteniendo los agregados, conservando la humedad y la tasa de infiltración. En otros países de América Latina, en especial Brasil y Argentina, más de un millón de hectáreas están bajo sistemas de labranza reducida usando arados de cincel, rotavator y herbicidas.

No obstante, hasta la fecha su aplicación en papa ha sido limitada. El CIP e INIAP han comenzado a explorar oportunidades de reducir la labranza en papa en Ecuador, con resultados iniciales promisorios.

El Sistema de *Wachu rozado*

El *wachu rozado* es un sistema pre-Colombino de labranza reducida, originario del norte de los Andes. Literalmente, *wachu rozado* significa “camellón cortado”, y hoy en día es practicado por un 20% de agricultores de la provincia del Carchi y un menor porcentaje en Bolívar. CORPOICA, de Colombia, reporta más de 9.000 ha del sistema en el Departamento de Nariño. El *wachu rozado* consiste en construir un camellón de chambas cortadas y viradas. De siete a 15 días se siembra la semilla de papa colocándola entre las chambas, donde la semilla germina y las raíces crecen dentro de una cobertura vegetal en estado de descomposición. El sistema de *wachu rozado* se aplica generalmente para convertir un pastizal en cultivo de papa, y parece producir igual o mejor en comparación con labranza convencional. Típicamente, después del *wachu rozado* los agricultores continúan con uno o dos cultivos consecutivos de papa, seguido por uno a tres años de pasto.

Por ser un sistema tradicionalmente manual, que conserva la cobertura del suelo, el *wachu rozado* previene la erosión y compactación del suelo. Aunque los surcos corren por la pendiente del lote, debido a las raíces de las chambas que tapan la superficie, los agricultores han visto que el suelo no se erosiona por escurrimiento. Además de fomentar la actividad microbiana y crear un ambiente antagónico al gusano blanco y otras plagas del suelo, parece que la pudrición de la chamba provee nutrimentos al cultivo de manera eficiente. Dado sus impactos limitados en el suelo, parece que el sistema del *wachu rozado* es agronómicamente más sostenible a largo plazo que la labranza completa, un hecho confirmado por su larga duración.

Fertilización

El grado de fertilidad de un suelo se mide normalmente en función de la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Sin embargo, un suelo con alta cantidad de nutrientes no es necesariamente fértil, ya que diversos factores, como la compactación, mal drenaje, sequía, enfermedades o insectos pueden limitar la disponibilidad de nutrientes. Por ello, el concepto de fertilidad debería incluir criterios químicos, físicos y biológicos. El cultivo intensivo, erosión continua y pobre manejo agronómico, entre otras prácticas pueden contribuir a la pérdida de fertilidad de un suelo.

Este capítulo se centra en la provisión de nutrientes al cultivo de papa, a través de aplicaciones de fertilizantes químicos y orgánicos. En general los cultivos extraen grandes cantidades de nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), potasio (K) y algunos micronutrientes como zinc (Zn), manganeso (Mn) y boro (Bo). La fertilización de la papa es una práctica generalizada en el país y muy variada en cuanto a dosis, fuentes y épocas de aplicación. En algunas zonas, en particular en Carchi, se usan cantidades de fertilizantes químicos, provocando desbalances iónicos que afectan la absorción de otros nutrientes. Los papicultores del país utilizan un promedio de 30.000 t de fertilizantes cada año.

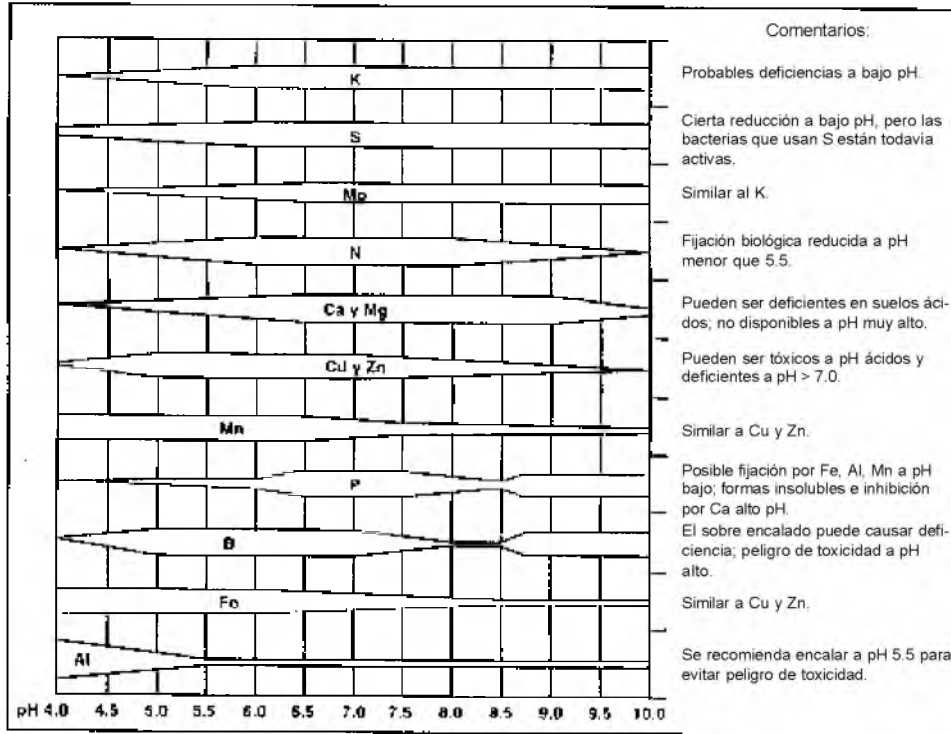
Características generales de los suelos

En Ecuador, alrededor del 80% de los suelos cultivados con papa son de origen volcánico (Andisoles). Son negros con materiales amorfos, tienen alta capacidad de fijación de fósforo y altos contenidos de materia orgánica MO (8 a 16% por volumen). Son suelos localizados en zonas frías, lo que debido a una baja actividad microbiana retarda la descomposición de la materia orgánica y promueve su acumulación a través de los años. Generalmente son suelos franco, franco arenoso, franco arcilloso y franco limoso. Por su textura y topografía poseen buen drenaje natural. Generalmente, la porosidad, permeabilidad y capacidad de retención de la humedad son altas.

Con respecto a sus características químicas, aproximadamente el 50% de los suelos tiene contenidos bajos de nitrógeno, a pesar de los altos contenidos de materia orgánica. El 80% tiene contenidos bajos de fósforo y el 70% niveles altos de potasio, calcio y magnesio. El azufre es considerado como un elemento generalmente limitante en la producción de papa, debido a su pérdida por lixiviación y extracción por los cultivos. En el caso de micronutrientes, existen deficiencias comunes para zinc, manganeso y boro.

El pH del suelo expresa la concentración de los iones de hidrógeno (H^+) y está expresada en términos logarítmicos en una escala de 0 a 14. Números bajos de pH (de 0 a 7) significa acidez, siete neutral y números altos (de 8 a 10) alcalinidad. La mayoría de suelos de las zonas paperas tienen valores de pH entre ácidos y ligeramente ácidos (< 6.4). La papa cultivada en un suelo ácido tiene dificultad en absorber la mayoría de nutrientes que demanda la papa (figura 5).

Figura 5. Efectos del pH en la disponibilidad de nutrientes y otros elementos en el suelo



Requerimientos nutrimentales

La extracción de nutrimentos del suelo por el cultivo de papa depende de la variedad, fertilidad del suelo, condiciones climáticas, rendimiento y manejo del cultivo. La extracción total de fósforo es inferior a la de nitrógeno y potasio. Sin embargo, debido al alto grado de fijación del fósforo en los suelos del país, las cantidades de fertilizantes fosfatados aplicados al suelo en Ecuador son mayores a las de nitrógeno y potasio. La mayor demanda nutricional del cultivo de papa se presenta a partir de los 50 días, cuando inician la tuberización y crecimiento del follaje (cuadro 10).

Cuadro 9. Extracción total de nutrientes por el cultivo de papa para diferentes niveles de producción

Rendimiento t/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn
	kg/ha					g/ha				
Ecuador										
17	70	15	140	25	10		400	35	1.050	200
50	220	50	350	95	35		900	60	4.600	550
Colombia										
20	120	40	250		20	10				
40	210	70	430		40	20				
50	300	100	600		60	25				

Nitrógeno (N)

Origen y función

El N del suelo puede provenir de materiales orgánicos, fertilizantes sintéticos y del aire. Debido a su alta movilidad se pierde rápidamente por lixiviación y volatilización. Como resultado, las cantidades disponibles en el suelo son en general insuficientes para cubrir la demanda de la mayoría de los cultivos. La erosión del suelo y la remoción por las cosechas contribuyen a este proceso.

El N es considerado como uno de los elementos más importantes en la nutrición de las plantas. Es constituyente de la clorofila y está involucrado en el proceso de fotosíntesis. Es componente de las vitaminas y aminoácidos que forman proteínas. La papa puede absorber N en forma nítrica (NO₃⁻) y amoniacal (NH₄⁺). Sin embargo, la planta presenta mayores tasas de crecimiento cuando hay mayor disponibilidad de nitratos.

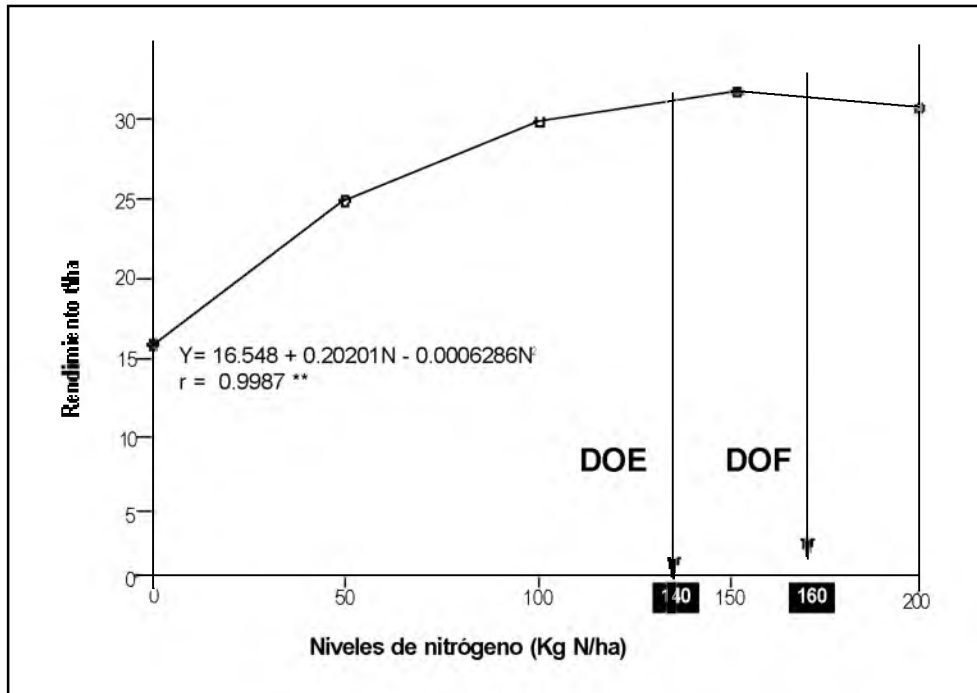
Una deficiencia de N reduce la producción de clorofila y produce clorosis en las hojas viejas de la planta. Según la severidad de la deficiencia, la clorosis avanza a las hojas más jóvenes y finalmente puede afectar el crecimiento total de la planta. Dosis excesivas de nitrógeno en papa pueden prolongar el ciclo vegetativo, reducir el porcentaje de materia seca de los tubérculos, provocar acame y aumentar la susceptibilidad de la planta a enfermedades. En algunos casos favorece el crecimiento exagerado del follaje, reduciendo la producción de tubérculos.

En la figura 6 se presenta los rendimientos promedios de papa obtenidos durante un periodo de diez años en 25 sitios ubicados en las zonas paperas de las provincias de Pichincha, Cotopaxi, Carchi y Cañar. Para los niveles de rendimiento

observados, la dosis óptima fisiológica (DOF) fue alrededor de 160 kg de N/ha y la dosis óptima económica (DOE) alrededor de 140 kg de N/ha.

La máxima eficiencia del nitrógeno con relación al rendimiento se consiguió con 50 kg de N/ha, al obtener 186 kg de papa por cada kg de nitrógeno aplicado. Al incrementar los niveles de N, su eficiencia tiende a bajar, un efecto conocido como la ley de los rendimientos decrecientes.

Figura 6. Dosis óptima fisiológica (DOF) y dosis óptima económica (DOE), en función del precio del producto y los costos del fertilizante (nitrógeno), 2000



Nota: La respuesta graficada fue obtenida con una fertilización general de 300 kg/ha de P₂O₅ y 100 kg/ha de K₂O.

Fuentes de nitrógeno y formas de aplicación

A continuación, se describen las diferentes fuentes de N disponibles en el país.

- **Fertilizantes compuestos:** El uso de fertilizantes compuestos es muy común en la papa. Normalmente, más del 50% del nitrógeno es aplicado al momento de la siembra o retape (tres a cuatro semanas después de la siembra) con fuentes que tienen N - P₂O₅ y K₂O como: 10-30-10, 18-46-0, 12-36-12, 8-20-

20 y 15-15-15. Las tres primeras formulaciones son las más usadas; las otras son comúnmente aplicadas al momento del medio aporque.

- **Urea (46% de N):** Es la fuente de nitrógeno más usada en la papa, y su formulación es granulada. La urea es muy soluble en agua, y en suelos húmedos. En aplicaciones superficiales, parte del N se pierde por volatilización en forma de amonio (NH_3). Por lo tanto se recomienda tapar o incorporar el fertilizante al suelo para evitar pérdidas. Dosis altas colocadas junto a las semillas o partes de las plantas jóvenes, como tallos y hojas, pueden provocar necrosis y muerte de los tejidos, debido a la acidificación de la zona por la formación de amonio y nitratos.
- **Sulfato de amonio (21% de N y 24% de S):** Es menos soluble que la urea. Es recomendado cuando hay deficiencias de azufre. Para aplicar cantidades altas de nitrógeno se puede alternar con urea. El sulfato de amonio es un poderoso acidificante, y no debe ser usado en suelos con bajo pH.
- **Nitrato de amonio (33% de N):** Es higroscópico, tiene buenas cualidades para su manejo. En esta fuente la mitad de N es NH_4^+ y la otra mitad es NO_3^- .
- **Nitrato de calcio, (15.5% de N y 19% de Ca):** Es usado como fuente de N y calcio. El nitrato de sodio tiene menor poder acidificante del suelo que otras fuentes de nitrógeno, debido a su provisión de cationes básicos Ca^{++} y Na^+ .
- **Nitrato de potasio (13% de N y 44% de K_2O):** Esta fuente es utilizada para complementar el N y K en suelos ácidos. Al igual que el nitrato de calcio, el nitrato de potasio tiene una reacción básica en el suelo.

La elección de la fuente de nitrógeno debe ser realizada de acuerdo a las condiciones químicas del suelo, especialmente del pH y contenido de nutrientes, tomando en cuenta las características de las alternativas, como la concentración, la solubilidad, el poder acidificante y el costo. A continuación se describe las diversas fuentes de N disponible en el país (cuadro 10).

Para reducir pérdidas, el N debe ser aplicado en forma fraccionada. Recomendamos aplicar la mitad a la siembra con los fertilizantes compuestos. Se recomienda aplicar a chorro continuo al fondo del surco y cubrir con una capa delgada de tierra para evitar contacto con la semilla.

La otra mitad se aplica a los 45 a 60 días después de la siembra, cuando las plantas tienen de 15 a 20 cm de altura. Se recomienda usar fertilizantes simples. Se aplican en banda lateral, a diez cm de las plantas. Frecuentemente, esta actividad coincide con el medio aporque.

Cuadro 10. Fuentes de nitrógeno

Fuente de N	Fórmula química	Contenido de N (%)
Sulfato de amonio	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	21
Amoniaco anhidro	NH_3	82
Nitrato de amonio	NH_4NO_3	34
Urea	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	46
Solución de nitrato de amonio - urea	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3$	28 - 32
Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	15.5
Nitrato de sodio	NaNO_3	16
Nitrato de potasio	KNO_3	13
Fosfato monoamónico MAP	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	10
Fosfato diamónico DAP	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	18
Fosfato nítrico	$\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	20
Nitrato cálcico-amónico	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3$	26

Fósforo (P)

Origen y función

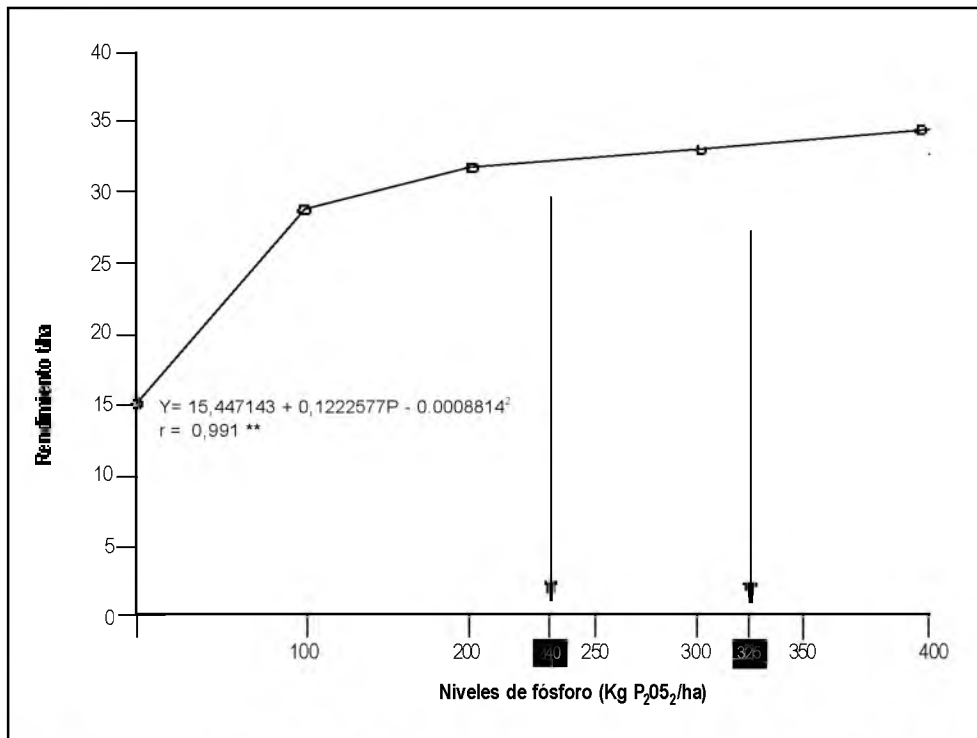
La fuente de fósforo más común para la fabricación de los fertilizantes es la roca fosfórica, acidificada con ácido sulfúrico (H_2SO_4) o fosfórico (H_3PO_4). Debido a la alta capacidad de fijación de P en los suelos, es uno de los elementos más limitantes de la producción de papa, aún cuando los requerimientos del cultivo son relativamente bajos (hasta 100 Kg de P_2O_5 /ha).

Las plantas absorben fósforo principalmente en forma de iones ortofosfatos primarios o secundarios (H_2PO_4^- y HPO_4^{2-}) que están presentes en la solución del suelo. La cantidad de cada forma depende del pH en la solución del suelo. El P es esencial para la calidad y rendimiento de los cultivos. Contribuye a los procesos de fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, división y crecimiento celular, y transferencia genética. El P promueve la rápida formación de tubérculos y crecimiento de las raíces. Mejora la resistencia a las bajas temperaturas, incrementa la eficiencia del uso de agua, contribuye a la resistencia a enfermedades y acelera la madurez.

El fósforo es un elemento crítico durante el periodo inicial de desarrollo de la planta y de tuberización. Una deficiencia de fósforo retarda el crecimiento apical, dando lugar a plantas pequeñas y rígidas. Se reduce la formación de almidón en los tubérculos, contribuyendo a la formación de manchas necróticas de color castaño-herrumbre, distribuidas en forma dispersa en toda la pulpa.

En la figura 7 se presentan los rendimientos promedio alcanzados por el cultivo de papa en 19 ensayos realizados en las provincias de Pichincha, Cotopaxi, Cañar y Carchi. Para el nivel de rendimientos obtenidos en las diferentes zonas agroecológicas, la DOF fue alrededor de 325 kg/ha y la DOE entre 240 kg/ha. La máxima eficiencia del cultivo de papa en el uso de fósforo fue 100 kg/ha, con una producción de 126 kg de papa por cada kg de fósforo aplicado.

Figura 7. Dosis óptima fisiológica (DOF) y dosis óptima económica (DOE), en función del precio del producto y los costos del fertilizante (fósforo), 2000



Nota: La respuesta graficada fue obtenida con una fertilización general de 200 y 100 kg/ha de N y K₂O, respectivamente.

Al solubilizarse en el suelo, típicamente el P aplicado forma compuestos con el calcio, hierro, aluminio y manganeso. Además en suelos derivados de ceniza volcánica se enlaza con la superficie reactiva de la alofana, imogolita y los complejos de humus-Al. Estas reacciones reducen la disponibilidad de fósforo para las plantas, lo que es conocido como inmovilización o fijación. En suelos de Nariño, Colombia se encontró una eficiencia de utilización del fósforo a partir del superfosfato triple aplicado al suelo de menos del 3%.

En evaluaciones realizadas en dos localidades en Ecuador, se observó una marcada respuesta del cultivo de papa a la aplicación de niveles crecientes de fósforo en todos los ciclos, siendo el mejor nivel el de 300 kg de P_2O_5 /ha. El efecto residual del fósforo es observado en el tercer ciclo, al presentar incrementos en el rendimiento con relación al testigo. Sin embargo, estos rendimientos fueron inferiores a los obtenidos con la aplicación continua de fósforo, lo que demuestra la lenta liberación del nutriente.

Estudios de fijación del P han demostrado que los suelos del norte del país fijan más P que aquellos de las zonas central y sur, lo cual explica el uso de cantidades más altas en la zona norte. La mayor eficiencia del fósforo proveniente del fertilizante fue de 11% para el nivel de 150 kg/ha de P_2O_5 ; mientras que para un nivel de 450 kg/ha de fósforo, la eficiencia fue 4%. La eficiencia del fósforo residual en el segundo ciclo de papa y con 150 Kg de P_2O_5 /ha fue cerca del 8%.

Fuentes de fósforo y formas de aplicación

A continuación, se describe las diferentes fuentes de P en el país.

- **Superfosfato simple o normal (SFS) (20% de P_2O_5 y 12% de S)**: Es fabricado con ácido sulfúrico en forma granulado. Apesar de ser una buena fuente de P y S, no tiene un uso masivo en el país.
- **Superfosfato triple o concentrado (SFT) (46% de P_2O_5)**: Contiene ácido fosfórico en fórmula granulada y es poco usado en papa. Esta fuente puede ser usada en mezcla en conjunto con formulaciones completas para ajustar el fósforo.
- **Fosfato monoamónico (MAP) (10% de N - 30% P_2O_5 - 10% K_2O) (10-30-10)**: Es un granulado en forma de mezclas físicas y complejas.
- **Fosfato diamónico (DAP) (18% de N - 46% P_2O_5 - 0% K_2O) (18-46-0)**: Es granulado, y es la fuente más utilizada en papa.

El MAP y el DAP se fabrican controlando la cantidad de amonio que reacciona con el ácido fosfórico. Como fuente de P, N y K son productos relativamente más baratos, estos son los más usados en papa. Tiene más importancia el uso del 18-46-00 por su mayor concentración de P y N, lo cual facilita su aplicación. En el mercado existen otras fuentes compuestas, en particular 12-36-12, 8-20-20 y 15-15-15.

Se recomienda aplicar el P al momento de la siembra a chorro continuo y al fondo del surco para favorecer el crecimiento de raíces. Sin embargo, los papicultores de Carchi comúnmente aplican el P conjuntamente con el N y K después de la siembra, en las labores conocidas como retape (3 semanas después de la siembra) y medio aporque (8 a 10 semanas después de la siembra).

Considerando que el P tiene baja movilidad, la mejor época de aplicación de fósforo es al momento de la siembra (cuadro 11). Cuando se fracciona el fósforo, los rendimientos son similares a los obtenidos con la aplicación total a la siembra. El aprovechamiento del P después de la siembra es distribuido a la morfología de la planta, la cual emite raíces y estolones en la zona de aporcado. Cuando se ha aplicado todo el P al medio aporque, se ha observado que las plantas presentan síntomas de deficiencia de fósforo (enanismo) y menor rendimiento.

Cuadro 11. Rendimiento de papa en diferentes épocas de aplicación de fósforo en cuatro localidades de la provincia Chimborazo, 1996

Epoocas de aplicación kg P ₂ O ₅ /ha			Rendimiento de papa (t/ha)			
Siembra	Retape	½ aporque	San Juan	Santa Fe de Galán	San Juan	Shobol
0	0	0	17.16 b	22.33 a	7.89 d	19.37 c
300	0	0	30.22 a	23.13 a	42.30 a	48.04 a
0	300	0	26.92 a	26.68 a	36.55 ab	46.05 a
0	0	300	21.85 ab	22.88 a	20.14 c	31.30 b
150	150	0	26.52 a	25.29 a	44.81 a	41.56 ab
0	150	150	26.62 a	24.48 a	30.53 b	41.41 ab
150	0	150	29.79 a	24.14 a	42.50 a	45.34 a
100	100	100	29.07 a	24.35 a	40.18 ab	47.85 a

Potasio (K)

Origen y función

La mayoría de los suelos (70% de suelos analizados) de la sierra ecuatoriana se caracterizan por tener contenidos altos de potasio. El cultivo de papa extrae grandes cantidades de potasio (300 a 600 kg/ha de K₂O), la cual excede la demanda de N. El potasio en las plantas es vital para la fotosíntesis, especialmente en la síntesis de proteínas. Es importante para la descomposición de carbohidratos para producir energía, ayuda a controlar el balance iónico y contribuye a la translocación de metales pesados como Fe. Además da resistencia a enfermedades, como la

fusariosis y la mancha negra del tubérculo. El K es un activador de los sistemas enzimáticos que regulan el metabolismo de la planta, como la apertura y cierre de los estomas lo cual contribuye a la resistencia de sequía.

Cuando existe deficiencia en potasio las hojas superiores son pequeñas, arrugadas y de un color verde más oscuro de lo normal. Ocurre necrosis en las puntas y márgenes y clorosis intervenal en las hojas viejas.

Las plantas toman el potasio de la solución del suelo en forma de iones (K^+). La respuesta del cultivo de papa a aplicaciones iniciales de K es de hasta 67 kg de papa/kg de K_2O . En evaluaciones realizadas con la aplicación de 100 kg/ha de K_2O , se obtuvo incrementos promedio de 1.68 t/ha con rangos de 0.5 a 6.7 t/ha. En algunas localidades se ha observado una disminución en el rendimiento cuando se utiliza KCl.

Fuentes de potasio y formas de aplicación

En el país existen diversas fuentes de potasio a parte de las formulaciones compuestas con N- P_2O_5 - K_2O . Incluyen formulaciones simples y combinaciones con nutrientes secundarios (cuadro 12).

Cuadro 12. Fuentes de fertilizantes potásicos más comunes

Fuente	Fórmula	Contenido de nutrientes (%)				
		K_2O	Mg	S	N	Cl
Cloruro de potasio	KCl	60	—	—	—	45
Sulfato de potasio	K_2SO_4	50	—	18	—	—
Sulpomag	$K_2SO_4 \cdot MgSO_4$	22	11	22	—	—
Fertisamag	$K_2SO_4 \cdot MgSO_4$	19	11	15	—	—
Nitrato de potasio	KNO_3	44	—	—	13	—

Según algunos estudios, el sulfato de potasio produce mayores rendimientos que otras fuentes de potasio, seguido por sulpomag y cloruro de potasio. Esta respuesta, en gran parte, se atribuye al azufre incluido en el sulfato de potasio y sulpomag, que contribuye al incremento de almidón en el tubérculo.

El potasio en el suelo tiene una movilidad intermedia entre el N y P. Generalmente, para la papa se aplica el K a la siembra a chorro continuo y al fondo del surco. Es importante cubrir el fertilizante con una capa delgada de suelo para evitar daños a los tubérculos-semilla por altas concentraciones de sales en los productos. En suelos arenosos o franco arenosos con alto potencial de pérdida de K

por lixiviación, se recomienda fraccionar la aplicación de K a la siembra y medio aporque. El K aplicado en cobertera debe ser colocado en banda lateral a diez cm de las plantas e incorporado con la labor de medio aporque.

Azufre (S)

Origen y función

La principal fuente de azufre (S) natural es la materia orgánica, que provee más del 95% del S encontrado en el suelo. En las zonas paperas del país, alrededor del 70% de los suelos son deficientes en (S). Por ello, la probabilidad de respuesta del cultivo a la fertilización con azufre es alta.

El S ayuda a desarrollar enzimas y vitaminas vegetales. Contribuye al proceso de formación de la clorofila, y está presente en varios compuestos orgánicos de la planta.

Los síntomas de deficiencia en S son similares a los de falta de N. Presenta un color verde pálido en las hojas más jóvenes. Cuando la deficiencia de S es severa, la sintomatología se generaliza en toda la planta.

La fuentes más importantes es S elemental. Este necesita ser oxidado a sulfato (SO_4^{2-}) por acción bacteriana antes de que la planta pueda asimilarlo. Según investigaciones realizadas en campos de agricultores, la adición de 30 kg de S/ha dió un incremento en el rendimiento de papa de hasta 5.76 t/ha, con una eficiencia de 192 kg de papa/kg de S aplicado. En cambio, tres aplicaciones al follaje de 2.5 kg/ha de S micronizado al 80% de floración produjo incrementos en el rendimiento de papa de hasta 3.5 t/ha.

La disponibilidad de S en el suelo se incrementa con su aplicación al suelo. Se ha observado que la fertilización permite corregir deficiencias nutrimentales cinco años después de la aplicación debido a un efecto remanente. Ni las fuentes, ni los niveles de azufre utilizados en el país parecen aportar significativamente a la acidificación del suelo.

Fuentes de azufre y formas de aplicación

Las principales fuentes sintéticas de S son los sulfatos (cuadro 13). Estos varían entre moderadamente a muy solubles en agua.

Se recomienda aplicar azufre al momento de la siembra a chorro continuo y al fondo del surco. Sin embargo, dependiendo de la fuente, puede ser aplicado en forma fraccionada a la siembra o retape y antes del medio aporque en banda lateral a diez cm de las plantas.

Cuadro 13. Principales fuentes de azufre

Material	Fórmula química	Contenido de S (%)
Sulfato de amonio	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	24
Sulfato de potasio	K_2SO_4	18
Sulfato de potasio - magnesio	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4$	22
Azufre elemental	S	85
Yeso	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	12-18
Sulfato de magnesio	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	14
Azufre de mina (Tixan)	S	33

Compatibilidad química de los fertilizantes

Antes de mezclar fuentes de fertilizantes simples, se debe asegurar que los ingredientes sean compatibles. La incompatibilidad química de los materiales fertilizantes puede generarse por:

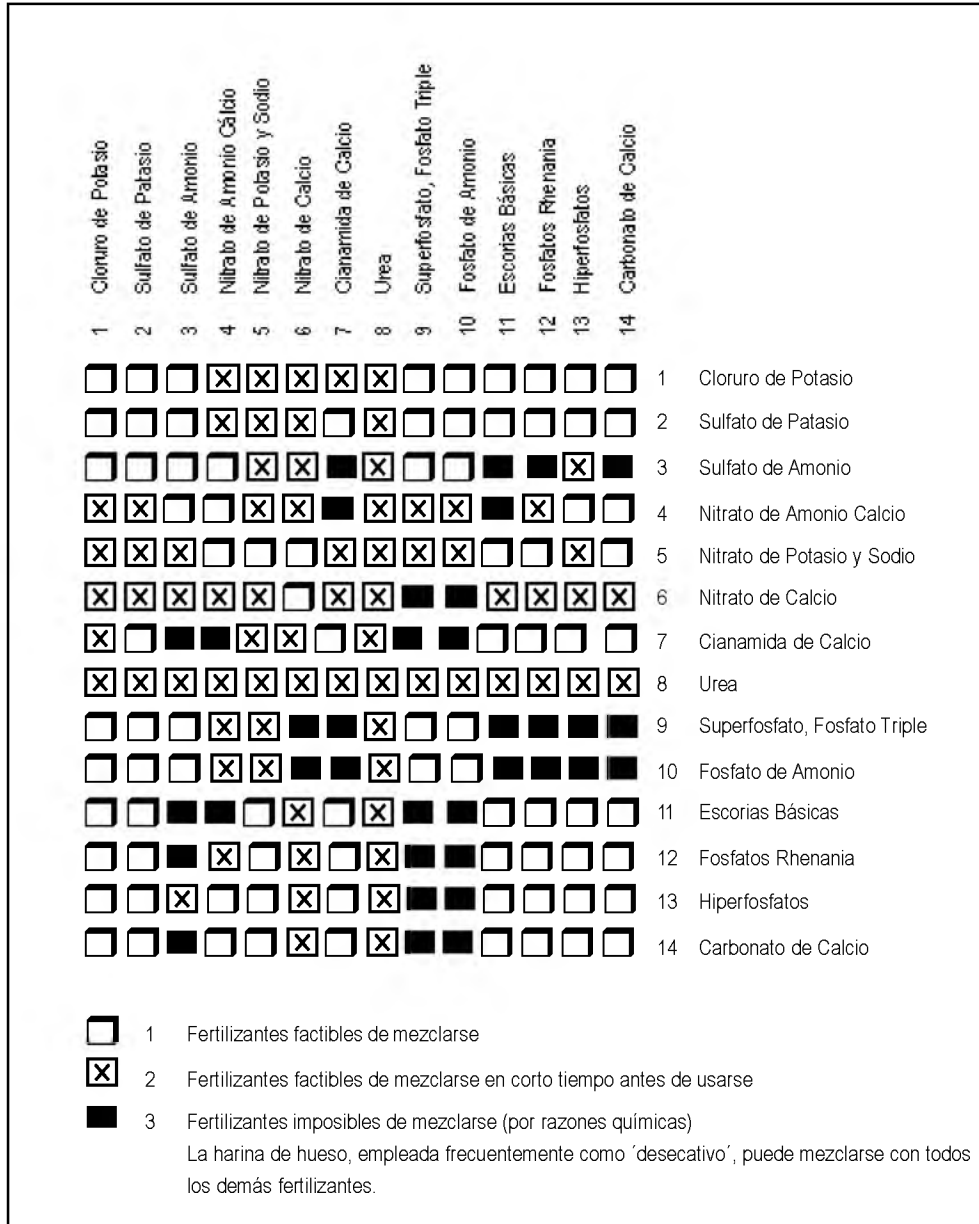
- desarrollo de calor en la mezcla
- producción de gas
- compactación
- aumento de higroscopicidad y desarrollo de humedad

Afortunadamente, solo hay unas pocas combinaciones que producen problemas de compatibilidad (figura 8). La única combinación completamente incompatible es la mezcla de nitrato de amonio con urea, debido a que la humedad relativa crítica de esta mezcla disminuye hasta un nivel sumamente bajo (18%), lo cual dificulta su manejo en estado sólido.

Las combinaciones de urea con superfosfatos se consideran de compatibilidad limitada. Estas mezclas pueden tornarse completamente incompatibles, dependiendo del contenido de humedad del superfosfato. La reacción entre la urea y el fosfato monocálcico libera agua de hidratación y provoca que la mezcla se vuelva severamente pegajosa. De otra parte, la combinación de urea con materiales alcalinos, como es el caso de las cales y las escorias thomas, provoca el desprendimiento de amoníaco desde la urea.

Las mezclas de fosfato diamónico con superfosfatos son de compatibilidad limitada debido a que en un almacenamiento prolongado del producto empacado se genera reacciones que conducen a la compactación en la mezcla. Otro tanto puede ocurrir entre algunos tipos de fertilizantes compuestos y cloruro de potasio. Para evitar reacciones químicas de largo plazo, es recomendable realizar la mezcla de fertilizantes simples solamente momentos antes de su aplicación.

Figura 8. Compatibilidad química de algunos fertilizantes



Abonos foliares

El uso de abonos foliares es recomendado como complemento de la fertilización al suelo para corregir deficiencias de micronutrientes y para promover la recuperación de la planta afectada por condiciones bióticas y abióticas adversas. La eficiencia de su aplicación está en función de la edad del cultivo, área foliar, época y forma de aplicación y movilidad del nutriente en la planta.

Investigaciones realizadas reportan que la aplicación de abonos foliares completos incrementan el rendimiento de papa en 5 t/ha. Al aplicar zinc en forma de quelato, se observó un incremento de rendimiento hasta 2.6 t/ha. La respuesta favorable a la aplicación de abonos foliares se atribuye principalmente a que los suelos tienen contenidos bajos y medios de azufre, zinc y manganeso. Para corregir deficiencias de micronutrientes vía foliar, se recomienda realizar dos a cuatro aplicaciones desde el inicio de la floración y con intervalos de 21 días.

Abonos orgánicos

Como abonos orgánicos se puede usar residuos provenientes de la finca, como estiércol de animales, restos vegetales derivados de cultivos, abonos verdes, o desechos urbanos y subproductos de la agroindustria. Al ser aplicado al suelo, estos materiales se descomponen fácilmente, formando humus y liberando nutrientes para las plantas.

Antes de que los nutrientes de los abonos orgánicos queden disponibles para las plantas, necesitan pasar por un proceso de mineralización (cuadro 14). Esto ocurre mediante un proceso de descomposición por microorganismos. La fermentación y elevación de temperatura por acción de bacterias, hongos y otros organismos producen compuestos inorgánicos de los nutrientes, especialmente humus, un residuo orgánico estable. Algunas ventajas de los abonos orgánicos son:

- disposición de macro y micronutrientes para las plantas
- aumento en capacidad de intercambio catiónico del suelo
- aumento de MO, que ayuda a la capacidad amortiguadora de los suelos, atenuando cambios químicos y biológicos
- formación y estabilización de agregados en el suelo
- retención de agua
- aireación de los suelos
- regulación de temperatura del suelo
- incremento de la población de macro y microorganismos
- protección de erosión del suelo

A pesar de sus diversas contribuciones agronómicas, el uso intensivo de abonos orgánicos es limitado. En comparación con los fertilizantes químicos, poseen bajo contenido de nutrientes y los costos de colección, transporte y aplicación son relativamente altos. Además, los subproductos orgánicos de la industria pueden contener metales pesados que representan un peligro para la salud humana.

Cuadro 14. Cantidad de nutrientes presentes en diversas fuentes de MO

Material	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
	kg de elemento / 1000 kg de abono orgánico			
Vaca	20	13	20	12
Oveja	40	20	35	4
Cerdo	20	14	18	5
Gallinaza	25-50	20	50	6
Humus de composta	10	10	10	7
Humus de lombriz	4	5	2	2
Desecho de flores	13	10	3	8
Harina de higuierilla	72	9	17	7

Nota: Los valores presentados son estimados y las cifras reales dependen tanto de la especie animal como de su alimentación, entre otros factores.

Respuesta de la papa a la aplicación de abonos orgánicos

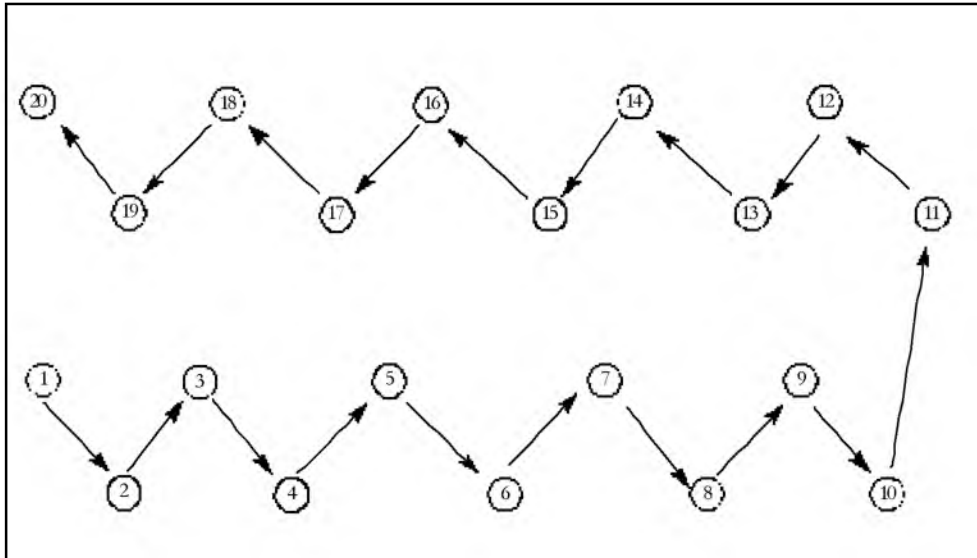
Los resultados de las investigaciones realizadas en campos de agricultores demuestran que con la adición de 20 t/ha de estiércol vacuno la producción se incrementa hasta en 20 t/ha. Para obtener rendimientos altos en siembras comerciales es conveniente aplicar conjuntamente abonos orgánicos y sintéticos. Una dosis generalmente recomendada de estiércol vacuno es 5 t/ha más el 50% de la dosis recomendada de fertilizante químico.

Análisis químico del suelo

Para definir el requerimiento de fertilización de un cultivo, se necesita conocer la diferencia entre la demanda nutricional del cultivo y la disponibilidad de nutrientes del suelo. Para el análisis químico se utiliza una muestra de suelo, tomada en forma representativa del campo. En este sentido, el muestreo puede ser tan importante como el propio análisis.

Se debe tomar la muestra de suelo para el análisis químico dos meses antes de sembrar. Se recomienda tomar varias submuestras (20 a 25 por hectárea) entre diversos sitios, siguiendo la forma de un zig-zag a través de toda el área de terreno (figura 9). La profundidad de muestreo para papa debe ser a 20 cm.

Figura 9. Diagrama de la forma de muestreo de suelos



Si la finca tiene lotes con diferentes características, se debe tomar muestras separadas por lotes homogéneos. No se debe tomar muestras en los siguientes lugares:

- sitios cercanos a caminos, zanjas, cercas, linderos o corrales
- áreas fertilizadas
- sitios de acumulación de residuos orgánicos o quemadas
- lugares de afloramiento de sales o zonas encharcadas

La toma de muestras de suelo se puede hacer con barreno, pala de desfonde, azadón o machete. Además se requiere un balde limpio, cuchillo y bolsas de plástico.

Para el muestreo, se limpia la superficie de residuos orgánicos y se hace un hueco en forma de “V” de 20 cm de profundidad. De un costado se toma una tajada de dos a tres cm de espesor y con un cuchillo se eliminan los bordes laterales dejando en el centro de la pala una tajada de tres a cinco cm de ancho y 20 cm de profundidad, la cual se recolecta en un recipiente. De esta manera se repite la operación en los otros sitios de la parcela.

Se mezcla bien todas las submuestras en el recipiente y se pone un kg de suelo en una funda plástica para enviar al laboratorio para el análisis. Se recomienda poner doble bolsa, entre las cuales se coloca una hoja de información de la muestra (cuadro 16).

Fertilización de acuerdo con el análisis

Un análisis químico de suelo permite identificar la cantidad de fertilizante requerida por el cultivo. Investigaciones realizadas por el INIAP en campos de agricultores en diferentes zonas paperas han generado recomendaciones generales (cuadro 15).

Cuadro 15. Interpretación del análisis químico de suelos y recomendaciones generales de fertilización

Interpretación Análisis de suelo	Fracción disponible en el suelo				Recomendación de fertilización			
	N	P	S	K	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
	ppm			Meq/100 ml	kg/ha			
Bajo	<30	<10	<12	<0.19	150-200	300-400	100-150	40-60
Medio	31-60	11-20	13-23	0.2-0.38	100-150	200-300	60-100	20-40
Alto	>61	>21	>24	>0.39	60-100	100-200	40-60	0-20

Nota: Estas son recomendaciones generalizadas, basadas en los diversos suelos y variedades de papa de consumo en Ecuador para una producción de 30 a 50 t/ha.

Interpretación del análisis y cálculo de fertilizantes

A continuación presentamos un ejemplo práctico sobre cómo calcular la cantidad de fertilizante a aplicar según los resultados de un análisis de suelo. En el ejemplo, el análisis de suelo para N dió el resultado de 40 ppm, lo cual corresponde al nivel medio alto (cuadro 18). Usando la tabla de recomendación para este suelo, le corresponde una fertilización entre 100 a 150 kg/ha de N.

Cuando el reporte del análisis no dispone de gráfico, es necesario relacionar los valores del análisis de suelos con los rangos de la fracción disponible en el suelo y los rangos de recomendación de fertilización para obtener una dosis adecuada (cuadro 15).

En base a las recomendaciones, es conveniente calcular las cantidades de fertilizantes compuestos a usar iniciando con los requerimientos de P, porque es el nutriente que más se aplica y con más contenido de las formulaciones comunes, como por ejemplo el 18-46-0. Después se sigue el cálculo con N, seguido por K y finalmente S. El siguiente cuadro provee un ejemplo.

Cuadro 16. Hoja de entrega de muestra de suelo

**INIAP
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE SUELOS**

INFORMACION DE LA MUESTRA

Fecha de muestreo: _____
 Propietario: _____ Altitud: _____
 Ubicación geográfica Longitud: _____ Latitud _____
 Remitente: _____
 (Nombre del Técnico) (Nombre de la Institución donde trabaja)

Los resultados serán enviados: Al remitente: FaxNo. Oficina Central:
 Localización _____
 (Nombre de la granja) Parroquia Cantón Provincia

IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS

No. Muestra	IDENTIFICACION	SUPERFICIE APROX.	CULTIVOS	
			ANTERIOR	PROXIMO

CARACTERISTICAS DEL TERRENO

No. Muestra Producción	TOPOGRAFIA	RIEGO	DRENAJE	FERTILIZACION Y PRODUCCION		
	1. Plano	1. SI	1. Bueno	FERTILIZANTE	qq/ha	
	2. Ondulado	2. NO	2. Regular			qq/ha
	3. Quebrado		3. Malo			

TIPO DE ANALISIS:

Elemental: N, P, K, Ca, Mg y pH (Al + H ó C.E.)
 Completo: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Cu, Fe, Mn, C. E., Na, M. O. y pH (Al +H)

DETERMINACIONES ESPECIALES: Textura CIC N total Salinidad

OTRAS CARACTERISTICAS: _____

 FIRMA REMITENTE

Cuadro 17. Reporte de análisis de suelos

Estación Experimental "Santa Catalina"

Laboratorio de Manejo de Suelos y Aguas
Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 / Telf.: 690-691 92/93 Fax:690-693

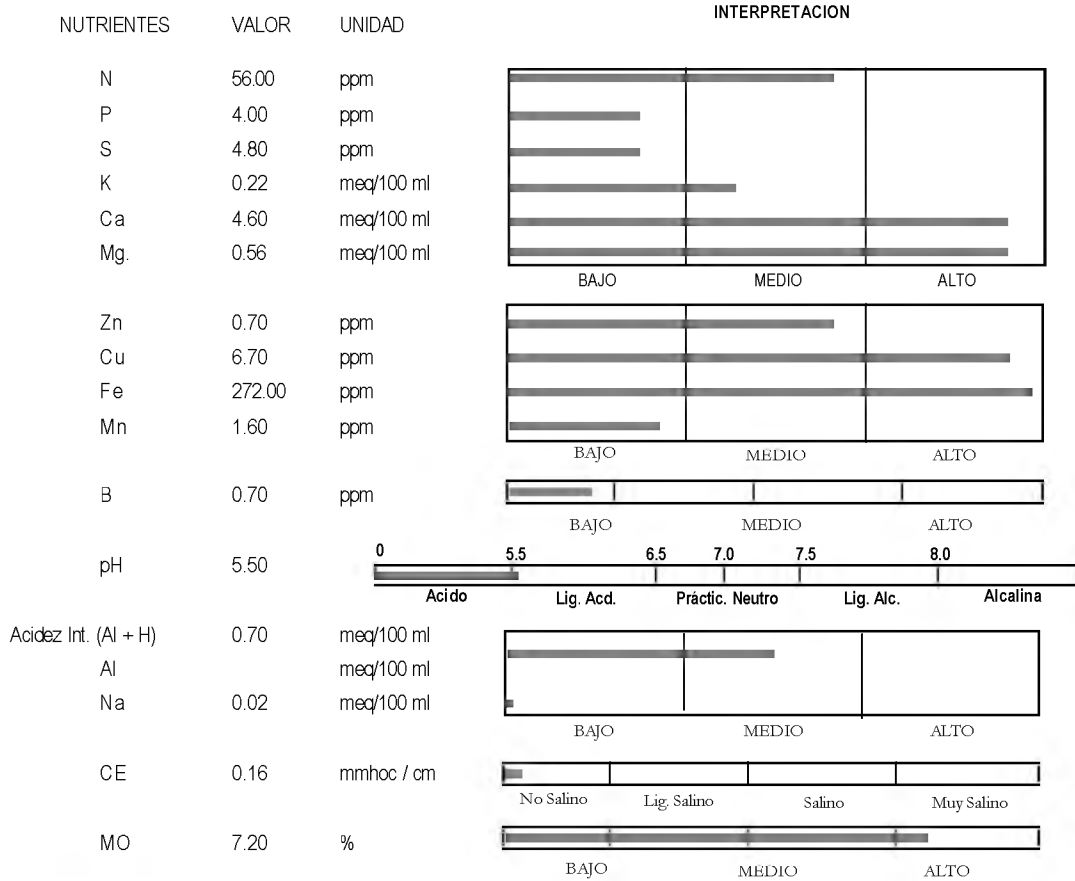
Reporte de Análisis de Suelos

Datos del propietario			
Nombre: Sr. Linderman Burgos			
Dirección: Cotacachi			
Ciudad:	Teléfono:	Fax:	

Datos de la propiedad		
Nombre: Balsapamba Alto		
Provincia: Imbabura		
Contón:	Parroquia:	Ubicación:

Datos del lote	
Cultivo actual: Papas	
Cultivo anterior: Tomate de árbol	
Fertilización Ant.:	Superficie:

Para uso del laboratorio		
Nº Reporte:	Nº Muestra Lab.:	
Fecha de Muestra:	Fecha de Ingreso:	Fecha de Salida:



Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	%			Clase Textura
Mg	K	K	EBases	N Tot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
8,2	2,5	23,5	6,1			8,2	2,5	23,5	6,1

Cuadro 18. Cálculo de la cantidad de fertilizante compuesto a aplicar usando 18-46-00

Paso 1. Cálculo de P aplicando 18-46-00

46 kg de P_2O_5 hay en 100 kg de 18-46-00
 300 kg de P_2O_5 X

$$X_P = (100 \times 300) / 46 = 652.2 \text{ kg} = 13 \text{ sacos de 18-46-00 de 50 kg.}$$

Paso 2. Cálculo de N aplicado con el 18-46-00 y la diferencia con Urea

En 100 kg de 18-46-00 hay 18 kg de N
 En 650 kg de 18-46-00 X

$$X_N = (650 \times 18) / 100 = 117 \text{ kg de N con el 18-46-00}$$

120 kg de N requeridos - 117 kg de N aplicado con 18-46-00 = 3 kg de N que faltan.
 Para aplicar el 50% de N a la siembra, se recomienda mezclar en este caso, 7 sacos de 18-46-00 y 6 sacos de superfosfato triple (46% de P_2O_5).

En 350 kg de 18-46-00 (7 sacos) hay 63 kg de N
 120 kg de N - 63 kg de N en el 18-46-00 = 57 kg de N que faltan

46 kg de N hay en 100 kg de urea
 57 kg de N X

$$X_N = (100 \times 57) / 46 = 123.9 \text{ kg} = 2.48 \text{ sacos de urea}$$

Paso 3. Cálculo de S y K usando sulphomag y muriato de potasio

22 kg de S hay en 100 kg de sulphomag
 40 kg de S X

$$X_S = (100 \times 40) / 22 = 181.8 \text{ kg} = 3.6 \text{ sacos de sulphomag}$$

Como la cantidad de S es igual a la de K_2O , entonces aplicamos 40 kg de potasio

90 kg de K_2O requerido - 40 kg aplicado con sulphomag = 50 kg de K_2O que faltan

60 kg de K_2O hay en 100 kg de muriato de potasio
 50 kg de K_2O X

$$X_K = (100 \times 50) / 60 = 83 \text{ kg} = 1.66 \text{ sacos de muriato de K}$$

Cuadro 19. Recomendaciones de fertilización

Fecha: 27/04/00 Sr. Linderman Burgos

Muestra No	Cultivo	N	P205	K20	S	Fertilizantes (fuente)	Cantidad Sacos de 30 Kg.	Época y forma de aplicación
				Kg/ha/				
48830	Papas	80	300	120	30	18-46-0	13.0	A la siembra aplicar a chorro continuo al fondo del surco todo el fósforo y azufre más la mitad de potasio, tapar el fertilizante con una capa delgada de suelo y sembrar. El resto de potasio aplicar en banda lateral a 10 cm de las plantas, antes del medio aporque. Dependiendo de las condiciones del cultivo puede aplicar 1 saco de urea/ha antes del medio aporque.

OBSERVACIONES

Para corregir deficiencias de micronutrientes principalmente: Zn, B, y Cu aplicar abonos foliares, 3 aplicaciones desde el inicio de la floración con intervalo de 20 días

Según el ejemplo, la recomendación final es:

18-46-00	= 7 sacos
Superfosfato triple	= 6 sacos
Sulpomag	= 3.5 sacos
Muriato de potasio	= 1.5 sacos
Úrea	= 2.5 sacos

En la mayoría de casos es recomendable aplicar todo el fósforo, potasio y azufre más la mitad de nitrógeno al momento de la siembra, a chorro continuo y al fondo del surco. Luego se debe cubrir el fertilizante con una capa delgada de suelo para evitar que la semilla entre en contacto con el fertilizante. El resto de N se debe aplicar a los 45 días después de la siembra, en banda lateral a diez cm de las plantas. Para corregir deficiencias de micronutrientes presentes en el suelo, como Zn, Mn o Bo, se recomienda realizar aplicaciones foliares (cuadro 19).

Siembra y semilla

Comúnmente, la papa es reproducida en forma vegetativa a través de tubérculo-semilla. Después de varios ciclos de uso, la misma semilla pierde su capacidad productiva debido a una degeneración causada por diversas enfermedades fungosas, bacterianas o viróticas. Por eso, es importante renovar periódicamente la semilla, adquiriendo semilla certificada o de buena calidad.

Siembra y densidad de siembra

Algunos mercados exigen tubérculos de tamaño mediano a grande (para consumo y procesos industriales), mientras que otros exigen tubérculos pequeños (semilla o congelados). La densidad de un cultivo se expresa normalmente como el número de plantas por unidad de área. En el caso de la papa, cada planta proveniente de un tubérculo forma un conjunto de tallos. Cada tallo que forma raíces, estolones y tubérculos y se comporta como una planta individual que se conoce como un *tallo principal*. La densidad de tallos por m² influye directamente sobre la cantidad de tubérculos que pueden alcanzar un tamaño comercial, y por eso es un factor agronómico determinante en la producción.

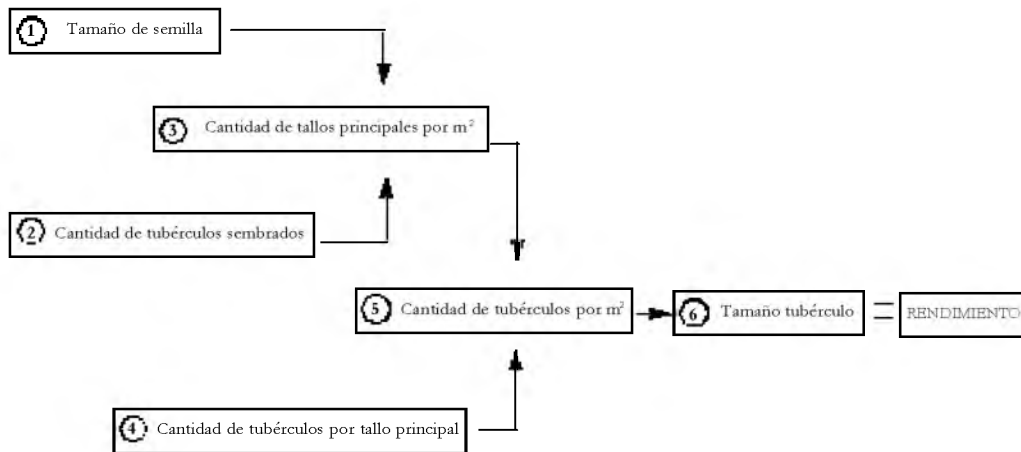
Los tallos laterales son ramificaciones del tallo principal y generalmente son menos productivos. Sin embargo, cuando se originan dentro del suelo, cerca del tubérculo madre, pueden llegar a formar raíces, estolones y tubérculos y ser tan productivos como un tallo principal. El conjunto de tallos principales y laterales formados dentro del suelo se denomina *tallos sobre el suelo*.

La cantidad de tallos producidos por tubérculo es variable. Depende del tamaño de semilla, variedad, número de brotes y método de siembra. Las variedades nativas se caracterizan por generar un gran número de tallos, mientras que las mejoradas tienden a producir de cuatro a tres tallos por tubérculo-semilla. Como resultado, la

efectiva densidad de una parcela de papa equivale a la densidad de plantas, multiplicada por el número de tallos por planta.

Para calcular la densidad de tallos o densidad de población sobre el suelo, se toma en cuenta los tallos principales más los laterales que se originan dentro del suelo, cerca del tubérculo madre. Una planta de papa puede constar de tres tallos principales, cuatro tallos sobre el suelo (productivos), y tres tallos laterales superficiales adicionales (poco productivos) (figura 10).

Figura 10. Elementos para el cálculo de tallos productivos



La densidad de tallos se puede calcular con más precisión al momento de la madurez fisiológica, cuando es más fácil separar los tallos principales de los secundarios. Para calcular la densidad de tallos, se cuenta el número de tallos sobre el suelo existentes en diez metros de surco, en lugares diferentes del cultivo seleccionados al azar. Para obtener el número de tallos por m² se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad de tallos} = \frac{\text{Número total de tallos}}{(n \times 10\text{m de surco}) \times (\text{distancia entre surcos})}$$

n = número de sitios muestreados

Se presenta el siguiente caso como ejemplo:

Datos		
Tallos en cuatro sitios seleccionados al azar (10 m c/u) (105 + 109 + 110 + 116):		440 tallos
Área muestreada (4 sitios x 10 m c/u):		40 m
Distancia entre surcos:		1.10 m
Cálculo		
Densidad de tallos:	$\frac{440 \text{ tallos}}{40 \text{ m} \times 1.10 \text{ m}}$	= 10 tallos / m ²

De acuerdo con este ejemplo, la densidad de siembra es de diez tallos por m².

El número de brotes producido por tubérculo depende de la variedad, tamaño de la semilla, edad fisiológica, manejo y tratamiento de la semilla. Una eliminación del brote apical para romper la dominancia y corte parcial de tubérculos vigorosos puede incrementar el número de brotes.

Según estudios, el pre-brotamiento en luz difusa causa un desarrollo de brotes vigorosos y firmes, lo cual puede reducir el daño a brotes durante la siembra. Una semilla fisiológicamente más avanzada desarrolla más brotes que una semilla fisiológicamente joven, pero si está muy vieja, los brotes resultan débiles, sin capacidad de emerger del suelo.

Los tubérculos pequeños tienen por unidad de peso más ojos, y por ello, producen más tallos. Sin embargo, los tallos de semilla más grande crecen en general más rápido y poseen mayor capacidad de rebrote, lo que es particularmente ventajoso si las condiciones de campo no son favorables.

Densidad de siembra y rendimientos

La producción por área depende en un buen aprovechamiento del espacio. Si la densidad de plantas es insuficiente como consecuencia de una siembra demasiado amplia, el follaje cubre el suelo tardíamente y una parte importante queda descubierta, dejando mayor oportunidad al crecimiento de malezas. Además, las probabilidades de crecimiento secundario, deformaciones y “corazón hueco” aumentan en un cultivo que cierra tardíamente. La figura 18 del Capítulo 4, resume los factores relacionados a la estructura del cultivo que pueden influir en los rendimientos.

Generalmente, la cantidad de tubérculos por planta es una función de número de tallos. A menor densidad de tallos causa menor competencia. En tal caso se obtiene un número grande de tubérculos por tallo, pero se reduce el número de tubérculos por unidad de área. Con el aumento de la densidad de tallos, disminuye el número

de tubérculos por tallo, pero aumenta el número de tubérculos por unidad de área. Una densidad de tallos alta, conduce a un incremento en el rendimiento por área hasta cierto punto, seguido por una reducción en el promedio del peso del tubérculo. Esto se refleja en una mayor proporción de tubérculos pequeños.

La disponibilidad de nutrientes, humedad en el suelo y densidad e intensidad de luz afectan el tamaño de los tubérculos. La densidad de tallos óptima depende del propósito del cultivo, del ambiente y de la variedad utilizada. Un ambiente de baja intensidad de luz, baja fertilidad del suelo y poca humedad no puede sostener muchos tallos. Para obtener tubérculos del mismo tamaño en condiciones de baja producción, la densidad de tallos debe ser más baja que cuando existen condiciones de alta producción. La densidad de tallos alta en condiciones de baja producción hace reducir el tamaño del tubérculo antes que incrementar el rendimiento. En la producción de papa para semilla, generalmente se busca la reducción del tamaño del tubérculo. Por eso, se usa una densidad de tallos más alta que en la producción de papa para consumo. Investigaciones realizadas han demostrado que los mejores rendimientos para producción de semilla se obtienen con una densidad de 30 a 40 tallos por m² y para papa comercial de 15 a 20 tallos por m².

Las variedades que tienden a producir con mayor área foliar, como Superchola, Gabriela y Uvilla, requieren una menor densidad de tallos que las variedades con follaje moderado, como INIAP-Rosita, INIAP-Fripapa, INIAP-Raymipapa, INIAP-Supreman e INIAP-Papa Pan. La mejor manera de determinar la densidad óptima de tallos para una región específica es experimentar con diferentes distancias de siembra y tamaños de tubérculo, usando para ello variedades comúnmente cultivadas en la zona.

Cálculo de las distancias de siembra y la cantidad de semilla requerida

La distancia entre surcos es un factor determinante de la estructura del cultivo. Las variedades de tipo andígena, como Uvilla, Bolona y Chola, desarrollan estolones largos y por ello en general se les siembra a una considerable distancia entre surcos (más de un metro). Las variedades modernas como INIAP-Fripapa, INIAP-Rosita, INIAP-Gabriela, INIAP-Margarita, INIAP-Soledad, INIAP-Suprema e INIAP-Papa Pan pueden ser sembradas a distancias de un metro o menos. Para calcular la cantidad de semilla de un tamaño y variedad dada, se necesita conocer aproximadamente cuántos tallos se forman por tubérculo y el peso en los diferentes tamaños de tubérculo-semilla.

El siguiente ejemplo presenta el peso en qq/ha de tubérculos semilla de 60g para siembras a diferentes distancias.

Datos	
Densidad de tallos recomendada:	16 tallos / m ²
Distancia entre surcos:	1.0 m
Peso promedio del tubérculo-semilla:	60 g
Promedio de brotes:	4 brotes / tubérculo
Tallos por m de surco (16 tallos / m ² x 1.0):	16 tallos / m
Cálculo	
Tubérculos-semilla/ m de surco =	$\frac{16 \text{ tallos / m}}{4 \text{ brotes / tubérculo}} = 4$
Distancia dentro de cada surco =	$\frac{100 \text{ cm}}{4 \text{ tubérculos}} = 25$
Tubérculos - semilla m ² : =	$\frac{16 \text{ tallos / m}^2}{4 \text{ brotes/tubérculo}} = 4$

Cantidad de semilla requerida: 4 tubérculos / m² x 60 g/ tubérculo = 240 g/m² o 2.4 t/ha

Profundidad y ubicación de la siembra en el suelo

La profundidad de siembra recomendado depende de la humedad del suelo y del tamaño de los tubérculos y de los brotes. Cuando hay humedad suficiente y brotes bien formados, se desea que la siembra se establezca pronto para evitar problemas fitosanitarios. En tales casos, los tubérculos-semilla deben ser tapados con unos cinco cm de tierra. En caso de que la siembra se haga en terrenos secos donde la humedad está más profunda en el suelo, se recomienda colocar la semilla en el fondo del surco y tapar con una capa de tierra de ocho a 12 cm de espesor. Una profundidad de siembra homogénea asegura un cultivo homogéneo y mayor calidad.

Para facilitar los trabajos culturales posteriores, es muy importante que la semilla quede ubicada justo al centro de los surcos. Si no se tiene cuidado en esto, las plantas pueden crecer a los costados del surco donde pueden ser fácilmente dañadas.

Prácticas culturales

Las labores culturales son actividades que se realizan después de que las plantas han nacido. En el país, las principales prácticas culturales asociadas con el manejo agronómico son: el retape, el rascadillo y los aporques. En unos casos incluye el riego.

Retape

Es una labor que se hace comúnmente en la provincia de Carchi entre los 15 y 21 días después de la siembra. Sirve para incorporar el fertilizante complementario tanto como para el control mecánico de malezas. En algunas zonas esta labor sustituye al rascadillo.

Rascadillo

El rascadillo consiste en remover superficialmente el suelo, lograr el control oportuno de malezas y permitir que el suelo se airee. Esta labor se realiza a los 30 o 35 días después de la siembra, cuando las plantas tengan de diez a 15 centímetros de altura. No obstante, el momento del rascadillo puede variar de acuerdo con la calidad de preparación del suelo y de la humedad reinante.

En pequeñas extensiones esta labor puede realizarse en forma manual con azadón. En extensiones grandes, o en áreas de topografía más o menos plana, se puede usar un cultivador *tiller*, el mismo que ayuda a aflojar el suelo a una profundidad de cinco a diez cm. En ambos casos es necesario tomar ciertas precauciones a fin de no dañar el follaje joven y el sistema radicular de la planta.

Medio aporque y aporque

Consiste en arrimar la tierra a las plantas, dejando camellones bien formados. Al igual que en el caso anterior, se realiza en forma manual o mecanizada con yunta o tractor.

Generalmente en el país se practica dos momentos de aporque. Sin embargo, con las variedades modernas de ciclo corto (menos de 100 días), es posible aporcar una sola vez. Si en estos casos existen problemas de drenaje, un segundo aporque puede ser aconsejable.

El periodo óptimo para hacer el aporque depende del desarrollo de la planta, en particular la formación de estolones y la tuberización. En general, el medio aporque debe realizarse entre 50 a 60 días y el aporque a partir de los 70 hasta los 80 días. Al medio aporque se debe incorporar la fertilización complementaria.

Los aporques tienen los propósitos de incorporar una capa de suelo a fin de cubrir los estolones en forma adecuada, ayudando de esta manera a crear un ambiente propicio para la tuberización. Además, sirve para controlar malezas, proporcionar sostén a la planta y facilitar la cosecha.

Riego

Un cultivo de papa localizado a 3.000 msnm necesita entre 600 y 700 mm de agua, distribuida en forma más o menos uniforme a lo largo del ciclo vegetativo. La etapa crítica, durante la cual no debe faltar agua, corresponde al periodo de floración-tuberización. En las condiciones de la sierra, en que por ciclo existen 700 a 800 mm bien distribuidos, el riego no es indispensable excepto en periodos de sequía prolongada. Cuando se realizan cultivos de verano es importante la dotación de agua con riegos frecuentes y ligeros, especialmente en la época de floración-tuberización.

Cosecha

Tradicionalmente, los productores de Ecuador dejan sus cultivos de papa en el campo hasta ver la senescencia de la planta; es decir, cuando los tallos se viran y las hojas se vuelven amarillas. Sin embargo, es recomendable tomar en cuenta el uso eventual de la cosecha.

Para el mercado fresco los tres factores importantes son tamaño, forma y apariencia del tubérculo. Por eso, es importante que el productor revise periódicamente el desarrollo de los tubérculos para determinar cuando hayan alcanzado las características necesarias para el mercado. Si el uso del cultivo no es el mercado fresco, sino otro (p.e., hojuelas o papa frita), se debe realizar la cosecha cuando los tubérculos alcancen las características necesarias de tamaño y contenido de azúcares. El cuadro 20 presenta los días de madurez de variedades más comunes sembradas en el país.

Los tubérculos cosechados deben ser retirados rápidamente del terreno con el objeto de exponerlos lo menos posible a daños ocasionados por el ambiente, plagas y enfermedades. El producto cosechado se clasifica por tamaño de acuerdo al siguiente:

Clases	Peso
Primera, gruesa o chaupi	> 121 g
Segunda o redroja	71 a 120 g
Tercera o redrojilla	51 a 70 g
Cuarta o fina	31 a 50 g
Cuchi o cuambiaca	< 30 g

Cuadro 20. Días de madurez de las variedades cultivadas en el Ecuador

Variedad	Maduración	Días a la cosecha (3000 m.s.n.m.)
Variedades Mejoradas		
Fripapa	Semitemprana	de 151 a 180
Margarita	Temprana	de 121 a 150
Esperanza	Semitemprana	de 151 a 180
María	Semitemprana	de. 151 a 180
Rosita	Semitardía	de 181 a 211
Santa Isabel	Semitardía	de 181 a 211
Gabriela	Semitardía	de 181 a 211
Soledad Cañari	Semitardía	de 181 a 211
Santa Catalina	Semitardía	de 181 a 211
Superchola	Semitardía	de 181 a 211
Variedades Nativas		
Uvilla	Tardía	> 211
Yema De Huevo	Muy Temprana	< 121
Chola	Tardía	> 211
Bolona	Tardía	> 211
Cecilia	Semitemprana	de 151 a 180

Nota: Los días a la madurez dependen de la temperatura y la altitud. La temperatura varía en promedio 0.6°C por cada 100 m de altura y como resultado, en el nicho sierra el ciclo vegetativo se alarga entre 10 a 15 días por cada 100 m de incremento de altitud. Así, Fripapa puede ser cosechada a los 120 días a 2,800 msnm. En la Península de Santa Elena la mayor parte de las variedades pueden ser cosechadas a los 90 días después de la siembra.

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:

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>Meloidogynis 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 criptocea</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 *Chrysucharis 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 comunmente

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: presiembra, durante el cultivo y a la cosecha y almacenamiento.

Presiembra

- **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)
DITIOCARBAMATOS						
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
ORGANOTINS						
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
MEZCLAS DITIOCARBAMATOS Y ORGANOTINS						
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
SISTEMICOS						
*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/30 l g/l	Sistémico + protectorante	4 l	200-300	10 a 14
TRANSLAMINARES						
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							Moda de acción				
Ingrediente activo	Ejemplos de productos comerciales	Interval	Lesiones de hoja	Punto de crecimiento	Lesiones de tallo	Daño al tubérculo	Protectante	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 Iprosoxim	Stroby DF	10	+++	?	→(+)	0	→(+)	→(+)	+	+	contacto
Fenoxadymine	Equación	7	→(+)	?	→(+)	0	+++	0	0	+++	contacto
Fluazinam	N/A	7	+++	0	+	→(+)	+++	0	0	→(+)	contacto
Fenlin hidroxido	N/A	7	→	0	+	→(+)	+	0	0	→	contacto
Fenlin acetato	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 hospedantes.

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 tzimbaló 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 penicyuron (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) = $((0 \times \# \text{ tubérculos sanos} + 1 \times \# \text{ de tubérculos con infección muy ligera} + 2 \times \# \text{ de tubérculos con infección ligera} + 3 \times \# \text{ de tubérculos con infección moderada} + 4 \times \# \text{ de tubérculos con infección severa}) / 4 \times \text{total}) \times 100$.

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 minutans* 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*.

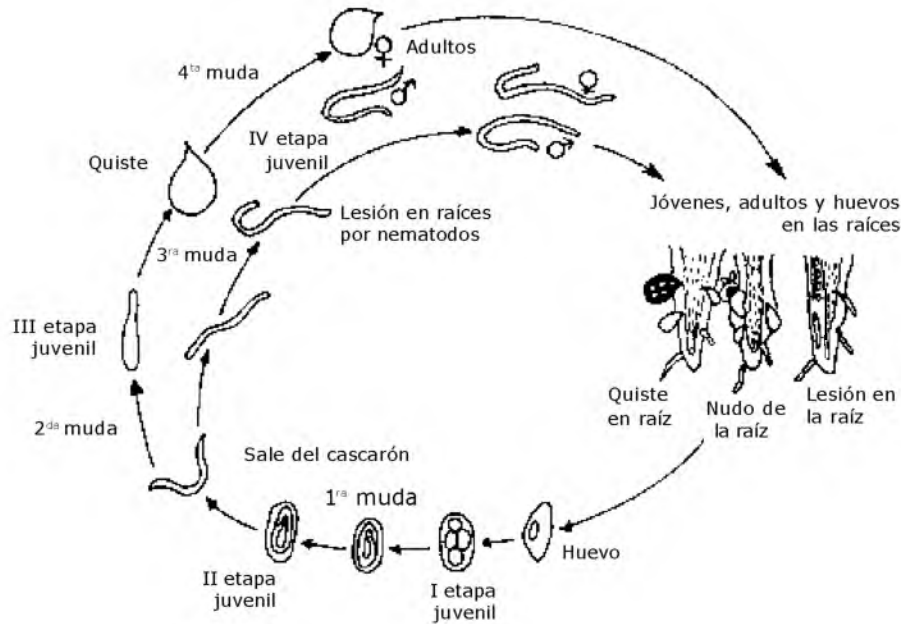
Se han determinado pérdidas de hasta dos toneladas por hectárea cuando la infestación supera a los 20 huevos/gramo de suelo y reducciones proporcionales similares al aumento de la población. En casos severos, puede llegarse inclusive a cosechar menos tubérculos que los sembrados. Un suelo fértil con 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 trampas 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, quínuva, 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. avenae</i>	<i>H. trifurca</i>	<i>H. avenae</i>	<i>H. trifurca</i>	<i>Meloidogyne hapla</i>	<i>Meloidogyne razzii</i>	<i>Meloidogyne chitwoodi</i>	<i>Pratylenchus penetrans</i>	<i>Pratylenchus crenatus</i>	<i>Ditylenchus dipsaci</i>	<i>Ditylenchus dectylois</i>	<i>Liaschortylenchus dielsi</i>	<i>Xiphoschilus rotundus</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 ^{***}	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*. Ésta 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

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

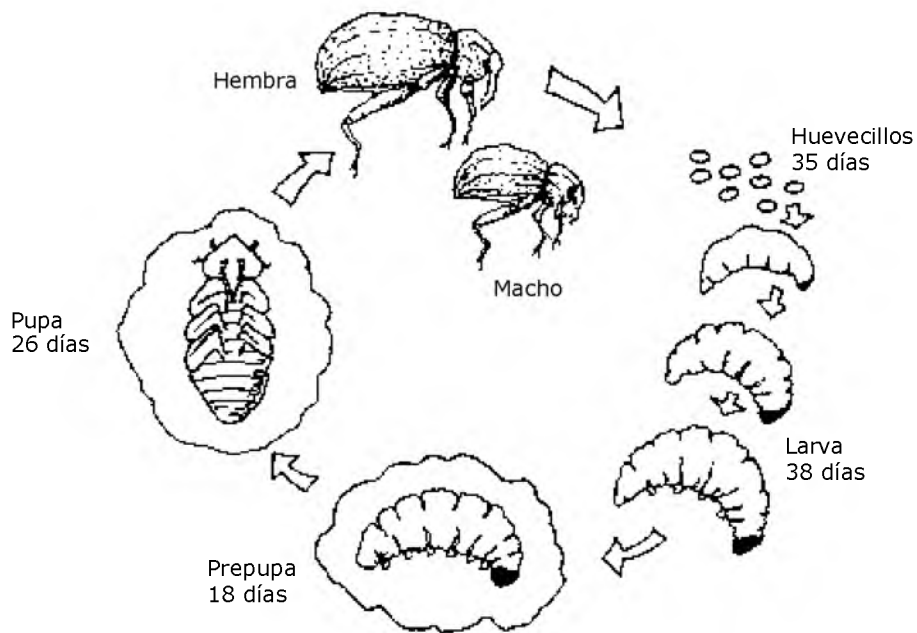
El ciclo biológico del gusano blanco representa una metamorfosis completa. El insecto inmaduro es morfológicamente distinto al insecto en estado adulto, y las diferentes etapas viven en hábitats distintos. Las fases del ciclo biológico son: huevecillo, larva, prepupa, pupa y adulto.

- **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

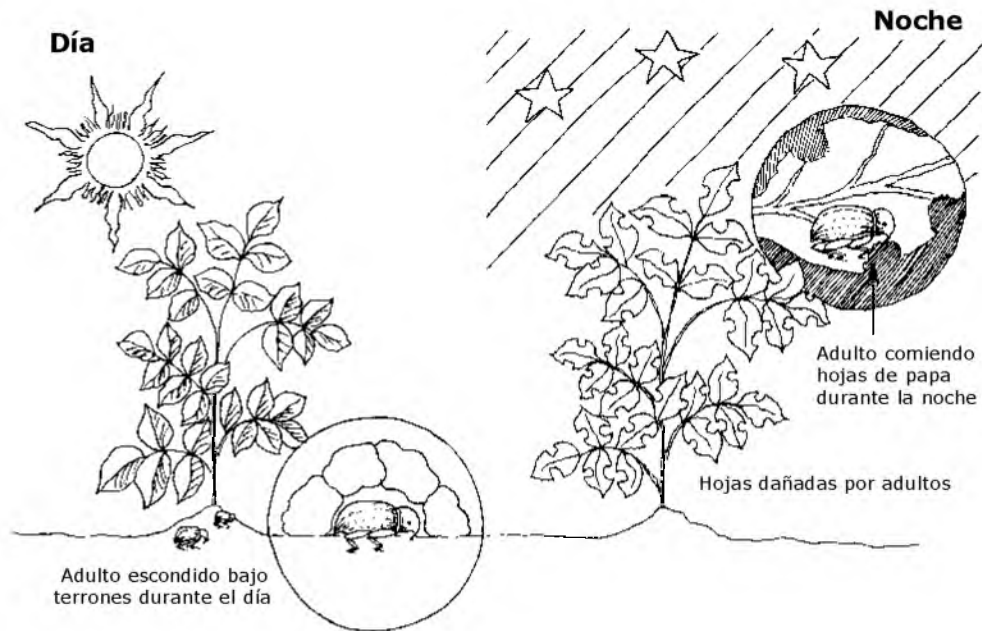
El adulto de gusano blanco prolifera en dos épocas: del cultivo de papa a partir de la preparación del suelo hasta los 45 días después de la emergencia y en el periodo entre los 30 a 90 días después de la cosecha. En suelos sin remoción, la presencia de adultos no es evidente, ya que emergen a la superficie 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 Sevín 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 (Bolívar, 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, abuelaquihua, 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 substancias 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
Hoja ancha						
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>			+	+	
Hoja delgada o angosta						
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
fluasifop-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"> - Clorados - Fosforados - Carbamatos - Piretroides - Inhibidores de la síntesis de la quitina
		Bioinsecticidas	<ul style="list-style-type: none"> - Formulaciones provenientes de bacterias, virus, hongos, anhelidos.

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 acetilconisterasa, 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 oxidasas. La resistencia a piretroides involucra un incremento en los niveles de oxidasas, 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 bardelés 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).
- **Dicarboximidias:** 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 acetato (Brestan) Fentin hydroxide (Duter)	Papa Tomate	+	+	5 - 14	160-260g i.a/ha 250-350g i.a/ha
5. Ftalatonitriles	Clorotalonil	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.

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 cropétalo	Transporte basipétalo	
1. Cianoacetamide-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.

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* (DL₅₀), que es la cantidad de producto químico que se requiere para eliminar al 50% de ratas sometidos a prueba. La DL₅₀, se expresa en miligramos de producto por kilogramo de peso del organismo de la prueba. Además de la DL₅₀, 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 ₅₀ = 1 a 5 mg/kg).
I- b		Altamente peligrosa (DL ₅₀ >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.

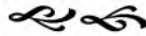
- Procure una atención médica inmediata, identificando claramente a los productos involucrados y presentando la etiqueta de los mismos.

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.

CAPÍTULO 5

POSCOSECHA



Pérdidas

Por poscosecha nos referimos al conjunto de actividades que se realizan luego de que el producto ha llegado a su madurez fisiológica, para que mantenga su calidad. El objetivo fundamental del manejo poscosecha de la papa es la conservación de la salud de los tubérculos. Tratándose de un producto perecedero, si no se maneja adecuadamente en su cosecha, manipulación y transporte, la papa se deteriora rápidamente y deja de ser apta para el consumo humano. Como consecuencia de la manipulación inadecuada, el deterioro por plagas, estas pérdidas generalmente llegan a un 25% del valor de la cosecha. Esto significa que la cuarta parte de lo que se produce en el campo no llega al consumidor o llega en mal estado, perdiéndose así esfuerzos, tiempo y el dinero invertidos en la producción.

Las pérdidas en la poscosecha son consecuencia de la incidencia e interacción de diversos factores, físicos, fisiológicos y patológicos. Estos factores pueden reducir tanto la cantidad como la calidad de la papa. Las pérdidas de cantidad de papa son evidentes. En cambio, las pérdidas de calidad son frecuentemente desestimadas, a pesar de que éstas pueden reducir considerablemente el precio de los tubérculos.

Para un agricultor que cultiva papa para el consumo de su familia, probablemente no le importe que su producto tenga algunas imperfecciones o magulladuras. En cambio, si produce para un mercado comercial, la poscosecha puede ser un factor determinante para el bienestar de su familia.

Factores físicos

Las pérdidas causadas por heridas mecánicas son frecuentemente desapercibidas. Si a esto se suman los daños secundarios de carácter fisiológico o patológico, hacen que estas pérdidas sean difíciles de estimar.

Comúnmente, los daños mecánicos ocurren durante la fase del cultivo, la cosecha y poscosecha por la manipulación de las papas (selección, clasificación, ensacado y transporte). En promedio, el 75% del total de los tubérculos con problemas en poscosecha se debe al momento de la cosecha. Sin embargo, daños

significativos ocurren cada vez que los tubérculos son manipulados. Los tubérculos seriamente dañados no deben ser almacenados.

Los daños mecánicos pueden ser divididos en dos categorías: tubérculos golpeados (cuando la parte exterior de la piel es dañada) y estropeos internos o manchas negras (cuando los tubérculos frescos se vuelven oscuros y descoloridos). Este último no necesariamente está asociado con un rompimiento de la piel. Los daños por golpes podrían igualmente dividirse en magullados, donde únicamente es dañada la piel y en heridas frescas cuando estas heridas son profundas. Todo tipo de daño podría ser causado por el mismo impacto. El aspecto del tubérculo permite identificar el tipo de daño que ha sufrido.

Diversas condiciones pueden influir en el daño de los tubérculos. El porcentaje de daño durante la cosecha y en la manipulación de los tubérculos está influenciado por las condiciones del suelo, del tubérculo, la temperatura, el método de cosecha, el equipo usado durante la cosecha y la manipulación de los tubérculos cosechados.

Las condiciones del suelo al momento de la cosecha influyen en el nivel de daño de los tubérculos. Suelos muy húmedos o secos y la presencia de terrones y piedras especialmente angulares y puntiagudas pueden incrementar daños. Además, el porcentaje de materia seca contenida en el tubérculo influye en el porcentaje de daño causado por golpes o estropeos internos. La incidencia de daños internos en el tubérculo está directamente relacionada con el alto contenido de materia seca.

Los tubérculos flácidos o blandos son más propensos a daños internos, de tal manera que la susceptibilidad del tubérculo aumenta con el tiempo de almacenamiento. Los daños más severos se registran en tubérculos brotados, del mismo modo la maduración del tubérculo a la cosecha influye en el porcentaje de magulladuras. Si la papa necesita ser cosechada antes de la maduración normal, es aconsejable destruir el follaje por medios físicos o químicos aproximadamente 15 días antes de la cosecha, dependiendo de la variedad y de las condiciones del medio ambiente. De esta forma la piel del tubérculo se endurece, previniendo problemas durante la poscosecha.

La papa es más susceptible a daños mecánicos en momentos de bajas temperaturas ambientales (menos de 5°C). Los daños pueden ser reducidos a través de realizar las operaciones de manipuleo, selección y clasificación de tubérculos durante horas con mayor temperatura.

Factores fisiológicos

Los tubérculos son órganos vivos. Las pérdidas fisiológicas ocurren por la exposición a temperaturas extremas debido a la respiración natural del tubérculo y la pérdida de agua por transpiración. La magnitud de estas pérdidas depende del ambiente de la bodega y son más grandes en tubérculos dañados y enfermos.

Los daños se presentan cuando los tubérculos son expuestos a temperaturas muy altas o muy bajas, antes, durante o después del almacenamiento. No se recomienda dejar los tubérculos expuestos directamente a la luz solar después de la cosecha, ya que esto estimula el verdeamiento no deseable en las papas y un sobrecalentamiento

de los tubérculos. En casos severos ocasiona la muerte de las células y el envejecimiento de los tubérculos.

La presencia de corazón hueco es un síntoma que se desarrolla en tubérculos expuestos a altas temperaturas de almacenamiento. La decoloración del tejido interno del tubérculo es el resultado de la asfixia que se presenta a altas temperaturas de almacenamiento, causando una aceleración en la respiración y un mayor requerimiento de oxígeno.

Los tubérculos expuestos a bajas temperaturas (menos de 2°C) se dañan por congelamientos internos. Ligeros congelamientos pueden causar decoloración en el anillo vascular. Prolongadas exposiciones producen decoloración necrótica de color oscuro del tejido vascular y posteriormente la muerte total del tejido.

La respiración durante el almacenamiento produce pérdida de materia seca. A una temperatura de almacenamiento de 10°C, esta pérdida representa aproximadamente del uno al dos por ciento del peso fresco durante el primer mes y alrededor del 0.8% adicional en cada mes posterior. Esta pérdida aumenta al 1.5% por mes cuando los brotes están bien desarrollados. Si los tubérculos son almacenados en un ambiente deficiente en oxígeno, ocurren varios tipos de daño: fermentación, pérdida de sabor, colapso del tejido y finalmente, muerte.

El tubérculo pierde agua por evaporación. Debido a que se vende las papas en base de peso, toda pérdida de agua antes de que los tubérculos sean vendidos significa pérdida de ingresos. Una pérdida de agua sobre el 10%, causa una apariencia marchita en los tubérculos y puede afectar su precio en el mercado. Los tubérculos cosechados inmaduros pierden más rápidamente agua que los tubérculos maduros, ya que la piel inmadura es más permeable al vapor de agua. También hay rápidas pérdidas de agua en tubérculos brotados, porque la superficie del brote es más permeable al vapor de agua en comparación con el periderma del tubérculo. Como resultado, la pérdida de agua se incrementa con el crecimiento de brotes.

El poder de secado del aire circundante al tubérculo está influenciado por la humedad relativa y temperatura del aire. Cuando el intercambio de aire (ventilación) está sobre el mínimo necesario, inevitablemente aumenta la pérdida de agua.

Otra causa fisiológica de pérdidas es el brotamiento, que reduce el precio del producto en el mercado. Tubérculos dañados y enfermos brotan más pronto que tubérculos sanos. Normalmente un tubérculo al cosecharse está en dormancia o reposo y las yemas no crecen aún bajo condiciones ambientales favorables. Existen factores que influyen marcadamente en la longitud del periodo de dormancia, particularmente la variedad de papa y la temperatura de almacenamiento.

Factores patológicos

Los factores patológicos son las causas más serias de pérdidas en poscosecha de papa. Sin embargo, son los factores físicos y fisiológicos los que predisponen el ataque de los patógenos al tubérculo.

Las pérdidas causadas por patógenos resultan frecuentemente de un rápido y extensivo daño del tejido hospedante como es el caso de *Phytophthora* sp., la pudrición rosada, la pudrición seca y la pudriciones suaves por bacterias. El patrón de ataque es frecuentemente una infección inicial por un patógeno específico seguido de una invasión masiva de un amplio espectro de organismos secundarios, que comúnmente son pudriciones suaves bacterianas. Estas son únicamente causadas por patógenos o saprófitos sobre tejidos muertos remanentes de una infección primaria. Estos daños secundarios pueden ser tan agresivos que podrían tener un rol importante en pérdidas poscosecha, multiplicando y exagerando el daño inicial del ataque primario causado por patógenos.

Las pérdidas causadas por patógenos son el típico resultado de enfermedades que manchan a los tubérculos, tales como la sarna común, sarna polvorienta o deformaciones en el tubérculo como en las verrugas. Estas enfermedades, aunque inducen muy poca probabilidad de pudrición al tubérculo, afectan su apariencia, bajando el valor comercial del mismo. Otro grupo de enfermedades son las moteados en la piel y la *Rhizoctoniosis*, las cuales invaden y matan los ojos del tubérculo. Estas son de gran importancia en tubérculos semilla.

Las enfermedades de poscosecha pueden dividirse en dos grupos: aquellas en las cuales la infección se ha establecido en la fase anterior a la cosecha y aquellas donde la infección ocurre durante o después de la misma. Cuando la infección ocurre antes de la cosecha, generalmente la pudriciones comienzan inmediatamente en el campo y continúan en el almacenamiento, tales como la *Phytophthora*, la pudrición parda y la pudrición rosada. Alternativamente, una vez establecida la infección podría permanecer latente y únicamente manifestarse durante el almacenamiento, como es el caso del *Phytophthora* y manchas en la piel. Cuando la infección ocurre durante o después de la cosecha, ésta generalmente se presenta en los sitios donde se han producido heridas mecánicas, como es el caso de las pudriciones secas, pudriciones acuosas y gangrena.

La mayoría de los patógenos que ataca durante la poscosecha parasita el sitio de heridas. Rara vez la infección ocurre sobre la piel de los tubérculos sanos. Sin embargo, algunos patógenos, especialmente *Erwinia spp*, son capaces de infectar a través de las aberturas naturales de la piel, como las lenticelas. Esto ocurre particularmente en almacenamiento con altos índices de humedad y condensación del agua sobre la superficie de los tubérculos.

Las pérdidas poscosecha pueden ser también causadas por insectos, nemátodos y otros animales como roedores y pájaros. Probablemente los insectos con más potencial de daño en poscosecha son las polillas de la papa (*Phthorimaea operculella* y *Tecia solanivora*). La infestación inicial comúnmente empieza en el campo mediante larvas que infestan los tubérculos al momento de la cosecha. Además los adultos pueden migrar rápidamente del campo a la bodega. El resultado del daño de la larva de las polillas es la pérdida de peso y calidad del tubérculo. Las heridas permiten infecciones secundarias causadas por microorganismos. Estas infecciones secundarias siguen también al daño causado por cualquier otro tipo de insectos. Durante el almacenamiento de la semilla, la infestación de áfidos puede

ocurrir sobre brotes tiernos. También, los áfidos pueden jugar un rol importante en la diseminación de ciertas enfermedades viróticas, tales como el enrollamiento de las hojas (PLRV).

Estrategias generales de reducción de pérdidas

El empleo de un conjunto de tácticas puede reducir las pérdidas debido a los factores físicos, fisiológicos y patológicos. Como recomendaciones generales, mencionamos los siguientes puntos.

- Al analizar la forma de reducir las pérdidas en poscosecha hay que considerar que el almacenamiento es tan sólo una parte del sistema total de producción de papa. Muchos factores de producción antes de la cosecha influyen considerablemente en el comportamiento de los tubérculos después de la cosecha.
- El lugar donde está ubicada la sementera influye en la severidad de muchas enfermedades. La variedad utilizada igualmente puede cambiar considerablemente en varias e importantes características de almacenamiento, tales como resistencia al daño causado por el manipuleo del tubérculo, resistencia al ataque de plagas y enfermedades, longitud del periodo de dormancia y brotación.
- Diferentes prácticas culturales y condiciones de crecimiento afectan significativamente las condiciones físicas, de sanidad y estados fisiológicos del tubérculo al momento de la cosecha. Por lo tanto, según las consideraciones antes de la cosecha, las pérdidas poscosecha pueden ser reducidas por medios físicos, químicos y biológicos.
- Una cosecha cuidadosa y el mejoramiento de técnicas de manipulación, clasificación y selección de tubérculos pueden reducir las pérdidas poscosecha. La madurez del tubérculo disminuye los daños de éstos al momento de la cosecha, evitando principalmente el pelado de la piel (papa pelona). Destruyendo el follaje aproximadamente 15 días antes de la cosecha se consigue madurar artificialmente los tubérculos.
- Todos los equipos usados para la manipulación de los tubérculos deben ser seleccionados para minimizar los daños. No se debe dejar caer los tubérculos de alturas mayores a 15 cm sobre superficies duras.
- La papa destinada a almacenamiento debe estar sana, seca y libre de tierra. Es necesario protegerlas de la lluvia, de la exposición directa al sol o al viento. No se debe almacenar tubérculos mojados porque existe una alta posibilidad de pudrición. Si estuviesen mojados, es preferible almacenarlos temporalmente en capas superficiales para procurar un rápido secado. No es conveniente caminar o pararse sobre las papas porque pueden ser lastimadas, y las heridas son un excelente inóculo de potenciales ataques de patógenos.
- La suberización es un proceso de curación de heridas durante el cual toda la piel del tubérculo es reforzada mediante la formación de una capa de

periderma corchoso que minimiza la pérdida de agua, convirtiéndose en una barrera contra las infecciones. Este proceso ocurre a temperaturas entre 12 y 20°C o más, con una humedad relativa sobre el 85% en presencia de oxígeno. Esta reacción no ocurre a una baja humedad relativa aunque la temperatura sea óptima. Cuando la temperatura se encuentra a un máximo de 20°C, la reacción ocurre más rápidamente.

- Las condiciones óptimas para la suberización se encuentran a 15°C con un 85 a 90% de humedad y por periodos de siete a 15 días. Según las condiciones ambientales se puede suberizar las papas simplemente con un ligero control en la ventilación natural. Esta es una práctica rutinaria que no es aconsejable cuando hay un alto riesgo de pudrición suave causada por bacterias.
- Cuando esta capa protectora no se ha formado es aconsejable evitar la manipulación de los tubérculos. Una suberización ideal se da inmediatamente después de que el cultivo esté en la bodega, y no es conveniente removerlos hasta el final del periodo de almacenamiento.
- Se practica comúnmente en el campo antes de ser cosechado el producto, la aplicación de plaguicidas químicos con el propósito de reducir las pérdidas causadas por insectos y enfermedades. El control de plagas y enfermedades mediante plaguicidas dirigidos a los tubérculos no es recomendado en tubérculos destinados al consumo, a causa de peligros por residualidad de plaguicidas. La aplicación de insecticidas en polvo es conveniente en tubérculos semilla para prevenir ataques de polilla y pulgones.

Fisiología y manejo de la papa

Respiración y transpiración

Luego de su cosecha, la papa continúa viviendo hasta el envejecimiento y muerte de los tejidos, lo cual depende fundamentalmente de los procesos fisiológicos de respiración y transpiración.

La papa necesita respirar a fin de obtener la energía suficiente para mantenerse viva. A la respiración le acompaña la oxidación de las propias reservas de almidón y azúcares. Luego de ser cosechado, el tubérculo no tiene la capacidad de reemplazar estas reservas. El ritmo de la respiración es un factor importante en la duración de la vida poscosecha del producto. Cuando el tubérculo comienza a calentarse por el incremento de la temperatura ambiental, se estimula más la respiración, lo cual disminuye su vida en almacenamiento.

El tubérculo de papa está compuesto por aproximadamente el 75% de agua. En la etapa de crecimiento tiene un abastecimiento abundante de agua a través del sistema radicular. Al cosechar, el suministro de agua se suspende, y el tubérculo sobrevive con sus propias reservas. Conjuntamente con la respiración, la papa cosechada continúa perdiendo agua en forma de vapor por el proceso de transpiración. El tubérculo pierde agua por sus orificios naturales, como lenticelas

y tejido dañado. El agua perdida disminuye significativamente el peso del tubérculo y causa la pérdida de turgencia, alterando la apariencia y elasticidad del tejido. El tubérculo se torna blando y marchito.

Factores que influyen en la respiración y transpiración

Los ritmos de respiración y transpiración determinan la duración de la vida poscosecha de productos frescos. Para asegurar un prolongado almacenamiento de tubérculos de papa en almacenamiento, se recomienda atención a las condiciones de estado inicial del producto humedad, temperatura y ventilación.

La epidermis del tubérculo se impermeabiliza a través de la suberina, lo cual permite limitar la pérdida de agua por transpiración y proteger el tejido epitelial de daños mecánicos, insectos y patógenos. Las heridas y magulladuras causan daños a las células y tejidos, provocando pérdida de agua y un rápido incremento en la respiración del tejido dañado. Por lo tanto hay que tener cuidado en la cosecha, manejo y procedimiento de embalaje para prevenir problemas posteriores durante almacenamiento.

Mientras más seco esté el aire, más rápido pierde agua el producto mediante la transpiración. Para controlar la transpiración en papa, se requiere mantener los tubérculos en un ambiente con humedad relativa de 85%. Una humedad más alta causa la condensación de agua, lo cual favorece a problemas fitosanitarios.

Una mayor temperatura promueve mayor respiración. Manteniendo baja la temperatura se puede reducir la respiración de los tubérculos y ayudar a prolongar la vida poscosecha. Las papas de consumo no deben ser almacenadas a temperaturas inferiores a los 7°C. A estas temperaturas ocurren cambios indeseables en la composición química de los tubérculos, siendo uno de los más importantes la transformación del almidón en azúcares, lo que confiere un sabor dulce y un color oscuro en caso de procesamiento como papa frita. Temperaturas altas (superiores a 15°C), puede acelerar la producción de sustancias tóxicas en el tejido y proceso de fermentación.

La papa fresca recién cosechada y almacenada a granel o en sacos sin suficiente ventilación crea una atmósfera empobrecida en O₂ y enriquecida en CO₂. Un nivel de O₂ menor al 2% causa anaerobismo y fomenta procesos de fermentación que produce descomposición de tejidos.

Estados fisiológicos del tubérculo-semilla

En el tubérculo-semilla, el tiempo de dormancia y brotamiento está determinado principalmente por la variedad y por las condiciones ambientales durante el ciclo del cultivo y el almacenamiento. Factores ambientales, como la temperatura, modifican el estado fisiológico del tubérculo-semilla. A medida que la temperatura aumenta por encima de los 4°C se acelera la edad fisiológica del tubérculo. El sistema de conservación, la variedad, la duración del periodo de almacenamiento y la época de plantación son determinantes de la edad fisiológica y calidad de la

semilla. El tubérculo-semilla de papa, como ser vivo, sufre ciertas transformaciones que determinan su estado fisiológico, siendo estos:

- **Periodo de reposo o dormancia:** Consiste en dos fases fisiológicas: absoluta y relativa. El periodo de dormancia absoluta se inicia desde la formación del tubérculo hasta cuando comienza la actividad celular de las yemas. Este periodo depende de la variedad y del manejo del cultivo. El periodo de dormancia relativa se inicia con la activación de las yemas hasta cuando el crecimiento de los brotes es evidente. La duración del periodo de dormancia relativa puede variar de uno a cuatro meses, dependiendo de la variedad y de la temperatura de almacenamiento. Los daños en el tubérculo también provocan ruptura de la dormancia. Cortes provocados en el tubérculo estimulan el brotamiento. Al sembrar semilla con estas características se corre el riesgo que no haya germinación de plantas.
- **Periodo de incubación:** Este periodo inicia al término del periodo de dormancia relativa y dura hasta el inicio de la tuberización. La incubación determina la formación de los estolones, lo cual influye en el rendimiento del cultivo.
- **Dominancia apical:** Cuando se almacenan tubérculos entre 5 y 15°C, es común que únicamente el ojo del brote apical inicie el crecimiento, sin que los demás muestren desarrollo, un fenómeno conocido como *dominancia apical*. Un tubérculo con un solo brote normalmente produce una planta con solo uno o dos tallos principales, lo que ocasiona rendimientos bajos. Si la semilla se encuentra en *dominancia apical*, se recomienda cambiar a ambientes más abrigados (15 a 20°C con un 85% de humedad relativa) para estimular el desarrollo del resto de brotes.
- **Brotamiento múltiple:** Este periodo inicia cuando un cierto número de ojos del tubérculo empiezan a brotar y puede durar varios meses. Esta fase es la óptima en que la semilla puede ser sembrada. Los tubérculos semilla con brotamiento múltiple producen plantas con varios tallos principales, aumentando el potencial de producción por hectárea. Un tubérculo semilla que está al inicio o al final del periodo de dominancia apical es una papa fisiológicamente joven. Aquel tubérculo-semilla que haya alcanzado el final de periodo de brotamiento múltiple es una papa fisiológicamente vieja y débil.
- **Brotamiento filiforme:** Un tubérculo semilla puede llegar a ser tan viejo fisiológicamente que sólo puede desarrollar brotes filiformes, con una marcada tendencia a ramificarse. La capacidad de emergencia de estos tubérculos está prácticamente agotadas. Algunas variedades bajo ciertas condiciones de estrés (p.e., siembra profunda en época lluviosa), los brotes filiformes provocan la formación de tubérculos alrededor de las yemas, un fenómeno conocido como *patatitas*. Por lo tanto, no se recomienda la siembra de semilla fisiológicamente vieja.

Actividades poscosecha de papa consumo

La selección y clasificación involucra selección de tubérculos sanos, descartando aquellos que presenten magulladuras, deformaciones, daños mecánicos y pudriciones. Para la clasificación de tubérculos se toma en cuenta las exigencias de los mercados, considerando los siguientes tamaños:

Cuadro 39. Peso de tubérculos por tamaño

Nombre común	Peso (g)
Chaupi, Guansha	mayor 150
Toda gruesa	101 - 150
Redroja	61 - 100
Redrojilla	31 - 60
Fina	10 - 30
Cuchi	menor a 10

El tubérculo sale de la cosecha húmedo y cubierto en tierra. La presencia de humedad y organismos patógenos en la tierra puede dirigirse a perjudicar la piel de los tubérculos y por lo tanto la calidad del producto. Para evitar daños se recomienda arear la papa con el objeto de disminuir su humedad superficial, facilitar el secado y eliminar la tierra que lleva adherida. Además, se puede dar un mayor valor agregado al producto al momento de la venta en el mercado con el lavado de los tubérculos. Se complementa embalando el producto limpio en envases igualmente limpios.

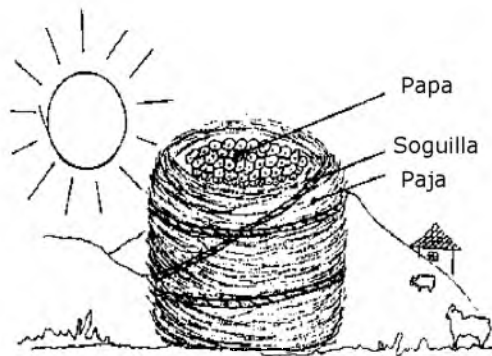
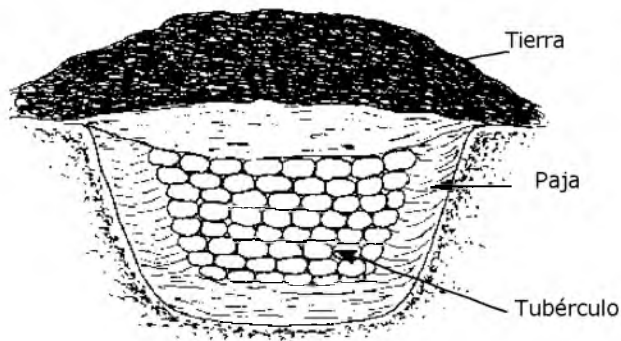
Almacenamiento

El objetivo principal de almacenamiento es reducir al máximo las pérdidas, buscando que los tubérculos mantengan las condiciones sanitarias que permitan su posterior comercialización. El almacenamiento es un método de conservación que utiliza principalmente la baja temperatura ambiental. Si se desea conservar la cosecha por más tiempo, se puede utilizar inhibidores químicos.

Existen diversos sistemas de almacenamiento en uso en el país, cualquiera que sea el sistema de almacenamiento utilizado, es aconsejable mantener la temperatura alrededor de 10°C y la humedad relativa entre 80–85%. Estas condiciones, en buena parte, dependen del volumen de papa guardado. Cuando los volúmenes de papa son pequeños se puede usar silos o bodegas con ventilación natural. Al aumentar el volumen a almacenar, se requiere bodegas con ventilación forzada.

Las formas tradicionales de almacenamiento de papa para consumo y semilla practicadas en las comunidades especialmente de la provincia de Chimborazo, presentan altos porcentajes de daño en los tubérculos por deshidratación, pudrición y malformación de brotes. Sin embargo, a través de cientos de años, estos sistemas han persistido en el país, hecho que argumenta su utilidad. Entre los sistemas más difundidos están:

- **Yatas:** Son depósitos subterráneos con capacidad hasta de cinco quintales de papa. Debido a la carencia de luz, las papas mantienen su color natural y pueden ser utilizadas para alimentación, aunque con ligeros cambios de sabor.



- **Pushas:** Son recipientes construidos con paja con capacidad de hasta seis quintales de papa para consumo y semilla. Debido al material de construcción, la temperatura se mantiene entre 5 y 12°C, demorando el brotamiento. La falta de luz impide el verdeamiento. En estas condiciones el tubérculo es apto para consumo durante los dos primeros meses de almacenamiento, luego de los cuales se inicia el brotamiento.

- **A la intemperie:** Las papas son extendidas en el suelo, donde quedan expuestas a los efectos del sol, heladas e insectos. Este no es un sistema recomendable para semilla, ya que presenta grave deterioro físico del tubérculo, como necrosis celular, deshidratación, pudriciones fungosas y bacterianas y daño por ataque de plagas. Sin embargo, es común encontrar agricultores quienes utilizan este sistema para semilla.
- **En cuarto oscuro:** Las papas para semilla y para consumo son almacenadas a granel en lugares oscuros, húmedos y mal ventilados, por lo que las pérdidas por pudriciones son elevadas. Se presentan brotes blancos, largos y a veces ramificados y débiles que aceleran el envejecimiento fisiológico del tubérculo.

- **En sacos plásticos:** Las papas para semilla y consumo son almacenadas en sacos de plástico y arrumados en pilas de hasta dos metros de altura. Presentan evidencias de daños graves por la aceleración de la respiración y el aumento de la temperatura y humedad, condiciones que favorecen pudriciones. Bajo estas condiciones, se produce envejecimiento prematuro, brotamiento precoz y proliferación de brotes arrocetados, e incluso brotamiento interno.
- **Pilas a la intemperie cubiertas con paja:** Este sistema ha sido desarrollado en conjunto entre agricultores y técnicos. Las pilas no deben superar un metro de altura. Para permitir la ventilación de los tubérculos se coloca un conducto de ventilación en la base de la pila, con una chimenea en la parte superior de la misma. La cobertura de paja debe tener un espesor uniforme de 15 cm para evitar el verdeado de los tubérculos y reducir los daños por heladas. Se recomienda colocar una capa de 30 cm de tierra sobre la paja. Si es factible, se recomienda colocar una lámina de polietileno entre las capas de paja y suelo para reducir pérdidas por pudrición causadas por exceso de humedad. Esta cobertura debe estar dispuesta en forma tal que reduzca al mínimo el contacto de los tubérculos con el agua de lluvias.

Procesamiento de la papa en el Ecuador

Volumen y modalidades de procesamiento

Los últimos años han traído cambios en los hábitos alimenticios de los ecuatorianos debido a una mayor urbanización de la población, a la incorporación de la mujer en el mercado laboral y a influencias culinarias de otros países. Esta situación ha hecho que la industrialización de la papa se ha convertido en una actividad cada vez más importante.

Se estima que el volumen de producción al nivel nacional es 475.000 tm, de lo cual 11% es destinado a procesamiento. De este volumen, la industria y los restaurantes y afines del país respectivamente procesan la mitad (cuadro 40).

Cuadro 40. Volumen de procesamiento de papa por la industria y los restaurantes, 1997-1998

Estrato	Porcentaje	Volumen/año (tm)
Industria	50.48%	25.604,00
Restaurantes y afines	49.52%	25.118,60
Total	100.00%	50.722,60

En el Ecuador las principales formas que se consumen papa procesada son papa frita, puré, congelada y precocida. En los restaurantes y afines, el mayor uso que se le da a la papa es en forma de papa frita a la francesa, seguido de su uso en sopas. Otra forma de uso en estos locales es en puré, ensaladas y tortillas.

En los supermercados se puede encontrar puré de papa proveniente de Chile. Sin embargo, parece que el volumen de consumo no es significativo, ya que ninguna empresa procesadora nacional se ha interesado en la producción a nivel local. Actualmente se puede encontrar un nuevo producto procesado *papas enlatadas* (minibuds). El producto consiste de papas muy pequeñas, precocidas y congeladas, el cual está siendo enviado principalmente hacia el mercado de los Estados Unidos.

La papa tiene otras aplicaciones que todavía no han sido desarrolladas en el país, p.e., como fuente de almidón para insumo de la industria de embutidos. También se puede utilizar la cáscara de papa para fabricar adelgazantes y pañales desechables, y elaborar productos concentrados para alimentación animal.

Características para la industria

La industria exige papa con distintas características. Existen parámetros y procedimientos estrictos para la calificación de productos procesados de alta calidad. Las características de mayor importancia son:

- **Tamaño, forma y uniformidad del tubérculo:** Estas características dependen de la condición genética de la variedad, de la densidad de la población de plantas y de las prácticas culturales de manejo. Generalmente, la industria busca papas relativamente grandes y uniformes.
- **Profundidad de los ojos:** Influye en el rendimiento del tubérculo por la pérdida de pulpa en el pelado y en la facilidad o dificultad para hacerlo. Además, las papas con ojos profundos acumulan tierra y complica su lavada, especialmente cuando se utilizan peladoras mecánicas.
- **Uniformidad de tamaño del tubérculo:** Es otra característica muy importante, especialmente cuando se trata de papa para procesamiento de papa a la francesa y chips.
- **Condición física:** Los tubérculos con defectos físicos o enfermedades son descartados para el proceso industrial. Se descartan los tubérculos con daños físicos ocasionados por el manipuleo, en donde se rompen las células produciendo manchones de color marrón.
- **Presencia del corazón hueco:** Se encuentra este fenómeno generalmente en los tubérculos grandes y constituyen condiciones físicas indeseables para la industria.
- **Contenido de materia seca:** Esta es una característica apreciada por la industria y depende de la variedad, prácticas de cultivo, clima, tipo de suelo e incidencias de plagas y enfermedades después de cocción. Una papa con alto contenido de materia seca mantiene una apariencia muy harinosa. El rendimiento de la papa que se procesa para obtener fécula o harina, puré en

polvo, chips u hojuelas o papas fritas a la francesa es tanto más elevado cuanto mayor sea el contenido de materia seca. Debido a una relación inversamente proporcional entre el contenido de materia seca y el consumo de aceite, la industria exige que la papa contenga por lo menos 21% de materia seca.

- **Contenido de azúcares reductores:** Un contenido reducido de azúcares da una buena coloración a la fritura. Un contenido elevado de azúcares en la papa produce una coloración oscura que trae consigo una distorsión del sabor (amargo). Para elaborar papa frita tipo chips se necesita variedades que presenten un máximo de 0,02% de azúcares reductores.

Las variedades principales que se utilizan para la industrialización son: Superchola, INIAP-María, Capiro, INIAP-Esperanza, INIAP-Cecilia y Fripapa.(cuadro 41) Las variantes de contenido de materia seca en las variedades utilizadas por la industria ecuatoriana son las siguientes:

Cuadro 41. Porcentaje de materia seca de las principales variedades utilizadas por la industria

Variedad	Porcentaje de materia seca
Superchola	24.0
INIAP-Fripapa	23.9
Capiro	23.0
INIAP-Cecilia	21.4
INIAP-María	21.4
INIAP-Esperanza	20.3

Almacenamiento y manejo de tubérculo-semilla

Principios

Siendo la semilla uno de los insumos fundamentales del proceso productivo, se le debe proporcionar el manejo y cuidado a través de un buen sistema de almacenamiento para asegurar su calidad. Entre los principios del almacenamiento de tubérculo-semilla son:

- **Producir calidad:** La calidad inicial de los tubérculos depende de las condiciones y factores de pre-producción y producción. Dentro de estos, las labores culturales como fertilización, control sanitario, saneamiento y eliminación de plantas atípicas y enfermas son factores determinantes de la calidad.
- **Realizar selección:** El tubérculo-semilla destinado para el almacenamiento debe estar completamente maduro, sano y entero. Los tubérculos enfermos, partidos o atacados por insectos presentan mayores riesgos de deterioro.
- **Evitar daños:** Las labores adecuadas de recolección, limpieza, selección, oreado y transporte contribuyen al éxito en el almacenamiento. Los daños mecánicos que se producen durante este proceso aceleran el deterioro.
- **No mezclar:** Durante el almacenamiento se debe evitar las mezclas varietales, ya que presentan diferencias en la duración del tiempo de reposo. Esto incide en la uniformidad del brotamiento del cultivo en el campo.

Factores que afectan la calidad del tubérculo-semilla almacenado

El tubérculo semilla almacenado sufre alteraciones en su estructura física y química que provocan cambios de apariencia, color, vigor y poder germinativo en la papa. Estos cambios se deben a varios factores, incluyendo labores, madurez al momento de la cosecha, temperatura ambiental, luz y daños mecánicos.

Desde el punto de vista de la poscosecha, las labores culturales tienen excepcional importancia en el manejo fitosanitario del cultivo para reducir la incidencia de plagas y enfermedades. De igual forma, el saneamiento permite eliminar plantas portadoras de virus y propender a la pureza varietal. Las condiciones de humedad en el suelo al momento de la recolección pueden afectar a la calidad inicial, ya que suelos demasiado húmedos o demasiado secos favorecen daños mecánicos.

El tubérculo-semilla debe haber llegado a su completa madurez antes del almacenamiento. No se recomienda almacenar tubérculos tiernos (papa pelona) por que pueden ser fácilmente afectados por enfermedades fungosas. Después de un largo periodo de almacenamiento, éstos comúnmente llegan a un estado de momificación.

Las papas que se cosechan “tiernas”, es decir antes de su madurez fisiológica, tienen un periodo de dormancia más largo. Esto produce un envejecimiento fisiológico prematuro que tiene implicaciones para el siguiente ciclo productivo, contribuyendo a una emergencia rápida, tuberización prematura y reducción del tiempo de cultivo.

La temperatura es un factor especialmente importante en el almacenamiento de papa para semilla, porque influye en la velocidad y tipo de brotamiento. Temperaturas de 15 a 20°C aceleran el brotamiento en tubérculos. Con temperaturas de 5 a 13°C, el brotamiento apical es prácticamente nulo. Las heladas y la exposición directa al sol producen ruptura de los tejidos y aceleran la deshidratación, favoreciendo la vejez fisiológica.

Tratándose de papas para semilla, la iluminación indirecta favorece el verdeamiento y la brotación múltiple, lo que se refleja en semillas vigorosas con varios brotes. Se puede lograr estos defectos almacenando las papas para semilla en un silo verdeador de luz difusa (descrita posteriormente en esta sección).

Los cortes y rajaduras causados al momento de la cosecha, así como los golpes y rozaduras producidos durante la manipulación, facilitan ataques de insectos, hongos y bacterias, y pueden contribuir al deterioro de la semilla. De igual forma, daños producidos por insectos masticadores y barrenadores dejan expuesto el tejido a organismos patogénicos.

Actividades poscosecha y almacenamiento de tubérculo-semilla

Para asegurar la calidad de los tubérculos-semilla durante el proceso de almacenamiento se debe realizar las siguientes actividades:

- **Oreado:** Los tubérculos-semilla, una vez cosechados, deben dejarse a la intemperie por periodos no mayores a una hora, para que la tierra adherida se seque.
- **Limpieza:** La tierra seca se desprende fácilmente cuando los tubérculos son sacudidos en sacos de tejido flojo como los de yute.
- **Selección y clasificación:** Las papas recién cosechadas son seleccionadas como medida preventiva para evitar la propagación de plagas; los tubérculos-semilla deben ser clasificados de acuerdo a su peso y forma. Los pesos recomendados están entre 40 a 80 g.
- **Transporte:** Las operaciones de carga y descarga deben ser realizadas con precaución, evitando los golpes y magulladuras a fin de reducir daños fisiológicos.
- **Almacenamiento:** Un adecuado manejo de la iluminación, temperatura, humedad y aireación ayuda a conservar la calidad.

El silo verdeador permite disponer de semilla de calidad que puede aumentar los ingresos al agricultor. Es una construcción rústica de madera, tipo caseta abierta, con techo de paja o tejas y con patas fijas al suelo. Contiene camas o estantes para el almacenamiento de la papa-semilla que regulan factores ambientales como la luz, ventilación, humedad y temperatura.

Como ventajas de los silos verdeadores se puede incluir lo siguiente:

- Permite el almacenamiento de la papa-semilla en buenas condiciones para asegurar buena emergencia por periodos prolongados de hasta 180 días.
- Evita pudriciones húmedas.
- Permite que el tubérculo-semilla presente brotamiento pequeño, vigoroso y sano, y produce un mayor número de brotes por tubérculo.
- Facilita el verdeo, lo cual incrementa el vigor de la semilla.
- Facilita el manejo y la manipulación de los tubérculos-semilla.

Adicionalmente, el silo verdeador sirve para almacenar y preparar la semilla de otros productos como mashua, cebolla colorada, oca, melloco y ajo.

Entre las limitaciones de los silos, se puede mencionar:

- El tubérculo almacenado en el silo verdeador es exclusivamente para semilla porque se verdea y vuelve amargo. No sirve para consumo.
- Al estar la estructura fuera de la vivienda, se puede facilitar robos.
- Daños y pudrición en los brotes pueden presentarse debido a daños causados por aves. Para evitarlos, se puede usar temporalmente sacos ralos de yute o cualquier tipo de malla en las paredes del silo, siempre que no se afecte la buena ventilación y la iluminación del silo.

El silo verdeador debe ser ubicado en un lugar abierto, limpio y plano. Las paredes más largas del silo deben ser construidas en dirección a donde sale el sol. Existen diversos manuales que describen en detalle como construir un silo verdeador de luz difusa (ver bibliografía). De nuestra experiencia, recordamos que se conserve las siguientes características técnicas:

- La primera cama del silo debe quedar a por lo menos 45 cm del nivel del suelo para que el agua, la lluvia y el lodo no salpiquen hacia el interior, dañando los tubérculos-semillas almacenados. Las tres camas restantes se separan a 40 cm una de otra.
- Para un silo de 20 qq de capacidad, se recomienda las siguientes dimensiones: 1.70 m de ancho por 2.40 m de largo, con cuatro bandejas de madera de un espesor de 12 cm.
- Es preferible cubrir la estructura del techo con plástico y luego poner la paja u otro material que aisle el calor. No se recomienda cubrir el techo con láminas de zinc o de fibrocemento porque no son aislantes de la temperatura.

Para un silo de 20 qq de capacidad se necesitan los siguientes materiales:

- 6 postes o pingos gruesos de 3 m de largo
- 12 alfajías o pingos delgados de 1.70 m
- 3 pingos de 2.50 m
- 3 alfajías o pingos delgados de 75 cm
- 8 tablas de 1.70 m
- 8 tablas de 2.40 m
- 180 tiras de madera de 2.40 m
- 3 pingos de 4 m
- 10 pingos de 1.70 m para los aleros
- 10 cargas de paja de páramo
- 1.5 sacos de cemento
- arena, ripio y piedras

- 3 libras de clavos de 2"
- 1.5 libras de clavos de 3"
- 1.5 libras de clavos de 4"
- 10 m de piola (opcional)
- 6 estacas de 40 cm (opcional)

La construcción de un silo verdeador involucra los siguientes cuatro pasos generales:

- Primer paso:* Preparación del terreno, excavación y adecuación de los huecos. Medición y corte de la madera. Construcción de las escaleras.
- Segundo paso:* Anclaje, nivelación y alineación de las escaleras.
- Tercer paso:* Clavado de las tiras para construir las camas.
- Cuarto paso:* Techado y aplicación de cemento en las bases del silo verdeador.

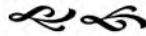
Una vez seleccionada la papa-semilla, se coloca como máximo tres capas de papas en las bandejas hasta una altura de 20 cm. El exceso puede producir pudriciones, la semilla no se verdea uniformemente y los brotes serán largos y débiles. Se coloca los tubérculos semilla de una sola variedad en cada bandeja. Para evitar daños, no se coloca ningún objeto sobre los tubérculos-semilla, como herramientas, insumos químicos, alimento de animales como hierba seca o fresca, entre otros. Cuando se vaya a sembrar, hay que tomar evitando arrancar los brotes de la semilla.

La semilla almacenada en los silos verdeadores pueden ser afectado por diversas plagas. El éxito de manejo involucra la implementación de diversas tácticas. Los agricultores han logrado buenos resultados mediante el uso de cal y ceniza. También se han usado trampas de feromonas para identificar la presencia de polillas de la papa. Si en la zona hay incidencia de pulgones o polillas, se recomienda utilizar trampas o espolvorear insecticidas sobre los tubérculos-semilla como medida de prevención.

Para evitar que la lluvia moje y pudra la papa-semilla almacenada, se deberá revisar periódicamente el techo del silo para detectar posibles filtraciones y repararlas cuando sea necesario.

CAPÍTULO 6

SOCIOECONOMÍA



Hábitos de compra

Las decisiones del comprador de papa se relacionan con influencias culturales, sociales, personales y psicológicas. La cultura es una causa primordial de los deseos y comportamientos. Una persona que desde niño crece en una sociedad en particular aprende un grupo básico de valores, preferencias y conductas.

En el seno de cada sociedad se dan varias clases. En el Ecuador, estas clases sociales no están identificadas por una sola variable en particular, sino que se basan en diversos factores como ingreso, riqueza, y educación. Las clases sociales muestran preferencias por determinados productos y variedades. Dentro de los aspectos sociales, los miembros de una familia ejercen una profunda influencia en el comportamiento del comprador.

En relación con los factores personales la gente muestra un cambio en los bienes que adquiere de acuerdo a su edad, ocupación y estilo de vida. Las actitudes aprendidas crean en las personas una inclinación a sentir atracción o aversión por las cosas. La actitud del comprador está influenciada por valores, gustos, experiencias y disponibilidades.

Las creencias forman imágenes de productos. Si alguna de tales creencias está equivocada o inhibe la compra y si nuestro objetivo es promover la venta de un producto, es necesario emprender una campaña para reorientarlas. Por ejemplo, en ciertos lugares los consumidores creen que las variedades de pulpa blanca son *acuosas* o que la papa es la más cara de todos los tubérculos y raíces. A continuación, se indica algunos aspectos del comportamiento del consumidor de papa y una breve descripción de sus hábitos de compra y consumo.

Preferencias y consumo

En las tres principales ciudades del país, Quito, Guayaquil y Cuenca, la papa ocupa el primer lugar de preferencia en el grupo de raíces y tubérculos conformado por la yuca, el melloco, el camote, la zanahoria blanca y la oca. Los consumidores tienen la percepción de que la papa es el producto más caro del grupo, aunque en el momento de realizar esta investigación se constató que los precios unitarios de

melloco, oca y zanahoria blanca fueron superiores. La preferencia por la papa es alta en todos los grupos de edades del comprador, a diferencia de los tubérculos andinos como melloco y oca, cuya preferencia baja en los grupos de menor edad (cuadro 42).

Cuadro 42. Preferencia de tubérculos por grupos de edad

Rango edad	Papa	Melloco	Oca
0-10	1.05	1.77	2.42
11-20	1.03	1.69	2.39
21-30	1.06	1.68	2.23
31-40	1.06	1.56	2.14
41-50	1.02	1.53	2.13
+ 50	1.09	1.52	1.89
+ 50	1.09	1.52	1.89

En las tres ciudades, la frecuencia de compra de papa más mencionada es *cada semana*. Segundo en orden de importancia, la frecuencia de compra en Quito fue cada 15 días y en Cuenca cada mes. En Guayaquil, es importante también la compra diaria, lo que se explica por la mayor perecibilidad del producto. La media de la cantidad comprada cada vez que se va al mercado en Quito es de 20.2 kg, en Cuenca 16.3 kg y en Guayaquil 4 kg.

Por estratos socioeconómicos, no existen mayores diferencias de las cantidades compradas en Quito entre el estrato popular y el estrato medio. Las cantidades bajan en el estrato alto. En la ciudad de Guayaquil, las cantidades compradas de papa bajan, según sube el estrato socioeconómico.

De acuerdo con los datos del cuadro 43, se procedió a calcular la cantidad comprada per capita anual para el grupo de raíces y tubérculos. Destaca el alto consumo de papa en Quito y Cuenca. En Guayaquil, la papa alcanza valores similares a la yuca, producto producido en la región (cuadro 43).

Cuadro 43. Compra per cápita anual de raíces y tubérculos (kg)

Producto	Quito	Guayaquil	Cuenca
Papa	120.0	50.0	80.4
Yuca	17.3	49.3	14.8
Melloco	9.6	12.8	11.2
Zanahoria blanca	8.1	8.9	2.7
Camote	5.4	7.4	2.8

Las principales formas de preparación en Quito, Guayaquil y Cuenca son las siguientes (en orden de importancia):

- sopa
- frita
- puré
- tortillas
- ensalada
- horneada
- solo cocida

Destaca en los hogares el incremento reciente de la forma de preparación como la papa frita (a la francesa). Esto viene con la aparición de un mayor número de restaurantes de comida rápida, donde le gusta acudir principalmente a la juventud.

Los compradores de papa reportan conocer las variedades de papa que adquieren, aunque en la práctica el acierto es menor. En términos generales existe un mayor conocimiento de las variedades nativas Bolona y Chaucha en Cuenca y Chola en Quito. Estas variedades tradicionalmente han tenido las mayores preferencias y los más altos precios.

Las principales razones para preferir esas variedades es que son consideradas papas sabrosas, textura *arenosas* (que se disgrega al cocinarse), suaves y apropiadas para sopas conocidas como *locro*. Existen otras razones de preferencia, las que van adquiriendo mayor importancia por la situación económica cada vez más difícil. Entre éstas se indica, *que la papa se cocine más rápido* (utilice menos combustible) y *sea más barata*. Entre las variedades mejoradas (consumo en fresco), destaca Gabriela y luego Esperanza. Entre las principales maneras para la identificación de las variedades que se adquieran, se cita en primer lugar el color de la piel, luego el de la pulpa y finalmente la forma del tubérculo.

Los consumidores coinciden en indicar que el tamaño preferido de tubérculo es el mediano. El tamaño corresponde a aquel que puede entrar en las manos de una ama de casa y, de esta manera, facilitar la labor de pelado.

Uso del análisis sensorial para medir la aceptación de clones promisorios

Para asegurar la relevancia de la investigación agrícola es necesario producir variedades que respondan a las demandas del mercado. Esto se puede asegurar generando variedades que tengan el sabor y las características más apreciadas por la gran masa de consumidores que, en el caso de Ecuador, se encuentran en los centros urbanos. En tal virtud, es necesario incluir formalmente como variables de evaluación de clones promisorios aspectos relativos a la aceptabilidad de esos materiales por parte de los consumidores.

Para un programa de mejoramiento genético o de producción de semillas, es difícil y de alto costo manejar un número elevado de clones. Por otro lado, al eliminar materiales sin respaldo, se podría disminuir la oportunidad de que la institución impacte con variedades apropiadas a las necesidades y preferencias de los consumidores. El método que se presenta a continuación busca respaldar esa toma de decisiones, al incorporar demandas del consumo en la calificación de los clones.

Análisis sensorial

Constituye una ciencia multidisciplinaria en la cual los panelistas usan los sentidos de la vista, olfato y gusto para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de estos productos alimenticios. No existe ningún otro instrumento que pueda reproducir o reemplazar la respuesta humana. Si se desea obtener resultados confiables y válidos en los estudios sensoriales, el panel debe ser tratado como un instrumento científico. Para medir la aceptación de los clones promisorios, se siguen los siguientes pasos:

- Selección de clones según parámetros físicos y químicos
- Evaluación de los clones a través de un panel interno
- Evaluación de los clones a través de un panel externo

Selección de clones según parámetros físicos y químicos

Considerando la cantidad de clones promisorios que el programa de mejoramiento identifica anualmente (cerca de diez), es necesario, previo uso del análisis sensorial, realizar una primera selección de clones en base a parámetros físico-químicos. En este caso, se realiza comparaciones de la variedad líder en el mercado para consumo en fresco con los clones en evaluación.

De acuerdo a las preferencias de los consumidores y principales usos culinarios en el Ecuador, es deseable un alto porcentaje de materia seca (25%), lo cual se relaciona con un alto porcentaje de almidón y una mayor gravedad específica. Los clones que presenten valores mucho menores a los de la variedad líder en esos parámetros son eliminados de evaluaciones posteriores. El tiempo de cocción es un

criterio adicional que ha aumentado en importancia por el incremento del precio de los combustibles y la necesidad de trabajo del padre y la madre. En el caso de papa para fritura, el parámetro más importante está constituido por los azúcares reductores. Parámetros adicionales que pueden ser utilizados son la proteína, la fibra y la textura.

Evaluación de los clones a través del panel interno

Considerando que existe todavía un alto número de clones que pueden pasar la primera selección, se utiliza alrededor de 20 degustadores para obtener información sobre sus preferencias entre los clones en una segunda selección. Estas personas forman parte del personal de la estación experimental, y han sido entrenados para este tipo de pruebas. Ellos realizan las degustaciones en cabinas individuales para evitar influencias entre sus respuestas.

Para estas evaluaciones se utiliza una escala de cinco puntos a partir de *me gusta mucho* (cinco puntos) hasta *me disgusta mucho* (un punto), pasando por *ni me gusta, ni me disgusta* (tres puntos). Se determina estadísticamente si existen diferencias significativas en la aceptabilidad entre los clones promisorios y la variedad líder en el mercado.

Evaluación de la aceptación de los clones a través del panel externo

Para la evaluación de la aceptación de materiales, se llega con un máximo de tres clones promisorios, los que son evaluados conjuntamente con la variedad líder en el mercado. En tales estudios se involucra alrededor de 150 panelistas en 50 hogares de una ciudad.

Se asigna un código a cada clon y variedad y se los entrega a los panelistas en recipientes idénticos. Se solicita que los panelistas evalúen las muestras en distinto orden, para así evitar errores por contraste. Las muestras son entregadas en crudo para que los panelistas los preparen cocidas únicamente en agua. Para la evaluación de los clones se utiliza la misma escala que la etapa anterior. Con estos datos se realizan los análisis de varianza para la prueba hedónica a la aceptación general y para la aceptación por atributos (sabor, color y textura).

El consumidor urbano, acostumbrado a obtener un producto fresco todo el año, es exigente con respecto a las variedades según su buen sabor, parecido al de las variedades nativas como la Chola. El color preferido de la pulpa es amarillo intenso, frente a colores más pálidos. En lo que respecta a la textura, los consumidores prefieren papas que llaman *arenosas*. Son menos preferidas las papas acuosas o *jabonosas*.

Experiencias con la implementación de esta metodología

En estudios realizados con esta metodología se destaca la aceptación de la variedad mejorada Friepapa, tanto para consumo en fritura como cocida. Después de algún

tiempo se ha podido comprobar que ésta es la nueva variedad mejorada más difundida, pese a que estuvo sujeta a regalías y se produjo principalmente para la industria.

Existe la creencia que estos métodos de evaluación sensorial son muy costosos y demandan mucho tiempo o grandes cantidades de clones. Sin embargo, hemos visto que los costos son relativamente bajos, alrededor de \$ 93,00 por clon evaluado. Las cantidades requeridas para las muestras no son mayores y no son difíciles de obtener. Lo que más tiempo toma es la evaluación en panel externo, ya que las familias en muchos casos demoran para entregar sus resultados. No obstante, en nuestras experiencias, hemos logrado cumplir todo el proceso de análisis sensorial dentro de un período de 60 días.

Evidencia de impacto económico

Muchos estudios sobre tasas de retorno han documentado que uno de los motores de crecimiento agrícola es el cambio tecnológico generado por las inversiones en la investigación agrícola. A continuación, se resumen los resultados de un estudio de caso para medir el impacto económico de diversas tecnologías generadas por el INIAP en la provincia de Chimborazo. Los componentes principales implementados en la provincia desde 1983 fueron:

- uso de dos variedades mejoradas, I-Gabriela y I-Esperanza
- conformación a nivel de campo de una red de núcleos semillaristas en organizaciones campesinas para la producción y distribución de semilla de calidad
- uso de semilla proveniente de silos verdeadores
- uso de trampas para el control del gusano blanco (*Premnotrypes vorax*)
- uso de dosis de fertilización previamente validados en la zona

Para determinar el impacto económico, diversos estudios han evaluado el beneficio neto de las alternativas tecnológicas, el área cubierta, los costos de producción de los proyectos y, por último, la Taza Interna de Retorno (TIR) en función de los costos y beneficios.

Como los rendimientos varían con la calidad de semilla, los beneficios netos fueron estimados para tres calidades. Calidad 1 es aquella que se obtuvo en campos de agricultores después de sembrar semilla básica; calidad 2, después de sembrar calidad 1; y calidad 3, en el mismo campo después de sembrar calidad 2.

Si bien los costos por hectárea aumentaron desde \$348 con la tecnología local a \$637 con semilla de calidad 1; a \$599 con calidad 2 y a \$558 con calidad 3, los beneficios netos se incrementaron en cada caso. Es así que al pasar de la tecnología local a calidad de semilla 1, se incrementaron los beneficios en \$1.249, al pasar a calidad de semilla 2, \$789 y al pasar a calidad 3, en \$444 (cuadro 44).

Cuadro 44. Beneficio neto al pasar de la tecnología local a la tecnología mejorada

Concepto	Unidad	Tecnología local	Tecnología mejorada		
			Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3
Rendimiento	Kg/ha	14.544	20.452	18.180	17.271
Beneficio bruto	\$/ha	1.231	2.769	2.270	1.885
Costos que varían	\$/ha	348	637	599	558
Beneficio neto	\$/ha	883	2.132	1.672	1.327
Cambio en beneficio	\$/ha	-0-	1.249	789	444

La superficie cubierta con la tecnología mejorada se determina según la cantidad de semilla multiplicada y distribuida en las comunidades. De acuerdo a estudios y encuestas de seguimiento, se puede conocer la superficie real sembrada. La multiplicación de los beneficios netos por hectárea y superficie sembrada con cada una de las calidades de semilla permite identificar los beneficios del proyecto

Para la determinación de los costos se establecieron a las instituciones participantes en las diferentes etapas y los insumos efectuados por cada una de ellas. En una primera etapa del proyecto (1983 a 1990), se tuvo la participación del INIAP, el CIP y PRACIPA. En una segunda etapa (1991 a 2001), se recibió el apoyo del proyecto FORTIPAPA. Finalmente en la tercera etapa (2002 a 2006), el proyecto estará en manos de los productores a través de la *Asociación de Productores Semilleristas del Chimborazo*, con el apoyo del INIAP. Entre los costos considerados se incluyó rubros como personal técnico, insumos (a través de un fondo rotativo), gastos de movilización, depreciación de vehículos y construcciones (bodegas y silos verdaderos), gastos administrativos, capacitación, promoción y difusión de la tecnología mejorada.

Una vez establecidos los costos y beneficios en los que el proyecto incurrió y los previstos en toda su duración, se procedió a calcular el mérito financiero a través del retorno de la inversión realizada y su recuperación. En este estudio de caso se obtuvo una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 29%. Estos resultados destacan el potencial de la innovación tecnológica y el posible retorno de la investigación agrícola aplicada.

Costos de producción

La producción de papa debe ser entendida no solo como un proceso social y técnico, sino también económico. El papicultor toma una serie de decisiones que influyen la eficiencia de su empresa.

Un concepto fundamental en la administración moderna es organizar las actividades de una empresa (finca) en centros de costos. Un centro p.e., puede constituir la producción de papa y otro la producción de leche. El separar actividades en compartimientos por razones contables es un componente esencial de la contabilidad de costos. Esta contabilidad se define como un conjunto sistemático de procedimientos para reportar mediciones de costos y de bienes producidos en la suma y en el detalle. Incluye métodos para reconocer, clasificar, asignar, acumular y reportar los costos y para compararlos con un estándar fijado.

La contabilidad de costos no debe ser confundida con la contabilidad financiera utilizada para controlar los gastos mediante el balance contra el presupuesto total. Esta contabilidad no provee ningún mecanismo analítico para mostrar cómo afectan los costos a la producción y viceversa. Los mecanismos de recolección de datos utilizados en el sistema de contabilidad financiera incluyen recibos, proformas y formularios de liquidación de gastos. Los balances financieros son preparados generalmente una vez al año.

En cambio, la contabilidad de costos o administrativa se encarga principalmente del análisis de costos y de la información reunida para uso interno. Ella puede facilitar el planeamiento, el control y la toma de decisiones por parte de los productores. Este tipo de contabilidad puede ser más flexible que la contabilidad financiera, ya que responde a la necesidad de información que tiene la administración.

Como regla general, las cuentas de costos son diseñadas para facilitar la información que determina la utilidad y estima los inventarios y para proveer información para ayudar en el control administrativo de las transacciones y actividades. Las cuentas proveen también al productor información que puede ayudar en la toma de decisiones.

Los costos son todos los egresos, no solo en efectivo, que se realizan durante el proceso productivo. Estos egresos o costos deben ser registrados cuidadosamente y ser categorizados por propósitos de análisis. En el sistema de contabilidad presentado en este capítulo se explica dos costos básicos: variables y fijos.

Los costos variables varían de acuerdo a la cantidad producida. Por ejemplo, diez hectáreas de papa requieren un mayor gasto en fertilizante que una hectárea. Por lo tanto, conforme se incrementa la producción, los costos variables se elevan, y cuando la producción disminuye, los costos variables se reducen. Los costos fijos permanecen inalterables dentro de cualquier periodo establecido para cualquier cantidad de producto obtenido. Ellos no se elevan o se reducen cuando la producción aumenta o disminuye. La maquinaria agrícola y el equipo, cuando son propios, son ejemplos de costos fijos.

La relación entre los costos fijos y los variables deben ser identificados como estrategias de producción. Un alto porcentaje de costos fijos como parte de los costos totales implica que es muy caro producir cada kilogramo de papa. La parte de los costos fijos cargada a cada kilogramo puede disminuirse incrementando el volumen de la producción.

Requerimientos generales de información

¿Qué información debe recolectarse? Los costos variables de la producción son la mano de obra, los insumos, los materiales y el equipo que son utilizados en el proceso productivo. En este documento, los componentes consumidos son llamados insumos (p.e., los fertilizantes, insecticidas y semillas). Los materiales y equipos, (p.e., herramientas de trabajo y bomba de fumigar) son aquellos componentes que no son totalmente consumidos. Por lo tanto, una actividad de la contabilidad de costos es decidir cuánto del valor de estos componentes deberá cargarse al periodo de producción.

Tenemos también los costos fijos, (p.e., una bodega o silo verdeador) que existen haya o no producción. Ellos tienen un valor que debe ser cargado a la producción. Además de los materiales directamente invertidos en la producción, se encuentran los servicios indirectos provistos por la administración. Debido a la dificultad en la medición de los servicios administrativos, estos son con frecuencia cargados como un porcentaje de algunos costos secundarios. Finalmente, un factor muy importante es el costo del dinero invertido en el proceso de producción. El costo de dinero es con frecuencia mencionado como *interés*, y es valorizado al costo de un préstamo para la producción.

El sistema contable que presentamos a continuación ha sido diseñado para el uso de productores. Si se aplica tal como se recomienda, el sistema puede contribuir a un mejor manejo de los recursos disponibles y proveer información que ayuda a mejorar la eficiencia de la producción.

Contabilidad de costos

El resto de esta sección presenta las dos fases del sistema de contabilidad de costos comúnmente utilizados. Una próxima sección tratará sobre las matrices de datos. Estas son las hojas en las cuales se registran los datos de campo. Una última sección presenta hojas de cálculo que consolidan la información proveniente de las matrices de datos, junto con los procedimientos para el análisis de datos. La discusión en cada sección ilustra el vínculo entre los cuadros 45 a 50. El ejemplo contiene información de las Escuelas de Campo de Agricultores en Carchi.

Matrices y hojas de cálculo

Los datos reunidos directamente del campo deben ser registrados en matrices durante todo el ciclo de producción. Estos datos son luego transferidos a las hojas

de cálculo directamente o después de efectuar algunas operaciones. Las matrices de datos presentadas en este documento son hojas de papel. Sin embargo ellas pueden ser convertidas en versiones digitables vinculadas a las hojas de cálculo, evitando la duplicación de los datos alimentados. Es de suma importancia registrar la información en forma completa y precisa; esta no puede ser sobreestimada o subestimada. La sofisticación o valor de cualquier sistema de contabilidad de costos está supeditada a la calidad de los datos ingresados.

Los componentes listados en las matrices de datos incluyen mano de obra, insumos, equipo, materiales e instalaciones. Existe la tendencia a no tomar en cuenta los costos de componentes tales como los edificios y el equipo, pero estos son componentes costosos a cuya vida útil se debe asignar un valor en el proceso productivo. No considerar estos componentes lleva a subestimar el verdadero costo de producción. Los costos de mantenimiento o reemplazo de bodegas o silos no será cubierto por el costo de producción si el valor de su contribución a la producción es ignorado

Para llevar a cabo una contabilidad precisa de los costos de cualquier proceso de producción, es crucial que los costos de todos los elementos, sean ellos mano de obra, instalaciones, equipo o insumos, sean incluidos en la recolección de datos. Esto puede requerir una modificación de las columnas o de la filas en las matrices de datos.

Registro de información

En los ejemplos incluimos como componentes de costos la mano de obra, los insumos agrícolas, los materiales, el equipo y las instalaciones. El costo de la mano de obra o de los insumos es generalmente realizado en efectivo y por lo tanto su determinación es más fácil. Para calcular el costo de equipos o de las instalaciones se usa el denominado valor de depreciación.

La depreciación está muy relacionada a ciertos costos fijos. Este valor representa un porcentaje del costo original del componente durante su vida útil. El es cargado como un gasto en el costo de producción, mientras que el componente se encuentre en uso. La depreciación cubre también los conceptos de vida útil y de valor residual. Vida útil es el periodo durante el cual el componente presta un beneficio. Valor residual es el valor del componente después de su vida útil. Por ejemplo, una bomba puede tener una vida útil estimada en 12 años. Después de los 12 años, la bomba tiene un valor residual de cero y debería ser renovada.

Existen diferentes métodos para estimar la depreciación. El más común y fácil es la depreciación en línea recta, que aplicamos en este Capítulo, en la cual, el costo original del componente a ser depreciado se divide en partes iguales, durante su vida útil.

$$\text{Depreciación anual} = \frac{\text{Costo original} - \text{valor residual}}{\text{Años de vida útil}}$$

En el ejemplo indicado, si el costo original de la bomba es de \$120 con un valor residual de \$0 y una vida útil de 12 años, la depreciación anual es de \$10. Este representa el valor de la bomba que se debe asignar al costo de producción durante un año determinado.

Se debe usar series separadas de matrices de datos de producción de papa para cada lote diferente. Si se planta en la misma parcela diferentes variedades y el manejo es el mismo, se debe entonces solo mantener separados por variedad los datos correspondientes a las fechas de siembra y cosecha.

Este formato incluye la cantidad de mano de obra invertida en la producción de papa. Registra la fecha, la unidad de mano de obra (horas, hombre día), la clase de labor (siembra, deshierba y cosecha), el tipo de trabajador que lleva a cabo la tarea (obrero permanente o jornal ocasional) y el costo unitario de la mano de obra. En algunos casos el costo unitario de la mano de obra dentro del mismo ciclo de producción puede incrementarse, de modo que es importante determinar la cantidad exacta que se pagó.

Los datos de la columna *labor* van a la columna A de la hoja de cálculo. La Unidad de *mano de obra* es registrada en la columna B. Los datos de la columna *cantidad* se registra en la columna D. La información de la columna *costo unitario* se pone en la columna C de la hoja de cálculo (cuadro 45).

Para evitar confusión, es importante anotar la variedad, parcela y año de producción. Esta forma registra los insumos utilizados en la producción de papa comercial, tales como semilla, fertilizantes, productos agroquímicos y combustibles y sus precios.

Los componentes listados bajo la columna *insumos* son transferidos a la columna A de la hoja de cálculo. La información proporcionada bajo la columna *unidad de medida* de la matriz se transfiere a la columna B. Los valores señalados en la columna *cantidad* de la matriz son transferidos a la columna D. Los precios en la columna *precio unitario* de la matriz pasa a la columna C de la hoja de cálculo (cuadro 46).

El cuadro 47 muestra el inventario de materiales, equipo e instalaciones usados en la producción de semilla básica. Estos equipos, materiales e instalaciones son usados en más de un proceso productivo, de modo que sus valores deben ser depreciados.

El cuadro 48 registra el uso de maquinaria agrícola para cada parcela. Se debe registrar la fecha, tipo de maquinaria utilizada, tarea, unidad de medida (hora, día o trabajo), número de unidades y el precio pagado para cada unidad. El cuadro también sirve para registrar el número de yuntas cuando se usan animales de tiro. La información en la columna *tipo de maquinaria* va a la columna A de la hoja de cálculo. La información de la columna *unidad* va a la columna B. Los datos sobre *precio* va a la columna C, y la información de *cantidad* va a la columna D.

La variedad y fecha de siembra, área y cantidad sembrada para cada parcela son registrados en el cuadro 49. Similarmente la fecha de cosecha y cantidad total cosechada son también registradas, tanto como la cantidad de papa comercial

obtenida en sus diferentes categorías de tamaño (p.e., gruesa, segunda, semilla, desecho o cuchi).

En el cuadro 50 quedan registradas fechas, venta de papa, variedades y categorías. Este formulario registra los precios y cantidades que fueron vendidas en una fecha determinada. Los precios son dados de acuerdo a la categoría de calidad. Si la semilla es enviada a otra parcela dentro de la misma finca es importante registrar el precio que tiene la categoría en ese momento.

Cuadro 45. Registro de uso de mano de obra

Variedad: Fripapa Lote: ECA Año: 2001 Superficie: 2 ha

Labor	Unidad	Cantidad	Costo unitario
<i>Colocación de trampas</i>	<i>Jornal</i>	2	2
<i>Surcado</i>	<i>Jornal</i>	32	2
<i>Siembra, fertiliza, tape</i>	<i>Jornal</i>	12	2
<i>Retape y fertilización</i>	<i>Jornal</i>	32	2
<i>Deshierba</i>	<i>Jornal</i>	25	2
<i>Medio aporque</i>	<i>Jornal</i>	30	2
<i>Aporque</i>	<i>Jornal</i>	36	2
<i>1° Control fitosanotario</i>	<i>Jornal</i>	8	2
<i>2° Control fitosanotario</i>	<i>Jornal</i>	8	2
<i>3° Control fitosanotario</i>	<i>Jornal</i>	8	2
<i>4° Control fitosanotario</i>	<i>Jornal</i>	8	2
<i>5° Control fitosanotario</i>	<i>Jornal</i>	8	2
<i>Cosecha y clasificación</i>	<i>Jornal</i>	120	2
TOTAL		329	

Cuadro 46. Registro de uso de insumos

Variedad: *Fripapa*

Lote: *ECA*

Año: *2001*

Superficie: *2ha*

Insumo	Unidad	Cantidad	Costo
<i>Semilla de calidad 3</i>	<i>quintal</i>	<i>70</i>	<i>20</i>
<i>18-46-0</i>	<i>Saco</i>	<i>30</i>	<i>13</i>
<i>8-20-20</i>	<i>Saco</i>	<i>15</i>	<i>12</i>
<i>Fertisamag</i>	<i>Saco</i>	<i>5</i>	<i>12</i>
<i>Furadan 4 F</i>	<i>Litro</i>	<i>2</i>	<i>16.80</i>
<i>Curacron</i>	<i>Litro</i>	<i>2</i>	<i>16.48</i>
<i>Monitor</i>	<i>Litro</i>	<i>2</i>	<i>12.80</i>
<i>Estimufol</i>	<i>Kilo</i>	<i>24</i>	<i>5.88</i>
<i>Dithane</i>	<i>Kilo</i>	<i>30</i>	<i>4.20</i>
<i>Curzate</i>	<i>Kilo</i>	<i>15</i>	<i>12.40</i>
<i>Cosan</i>	<i>Kilo</i>	<i>20</i>	<i>2.00</i>
<i>Nutrimon</i>	<i>Kilol</i>	<i>16</i>	<i>3.20</i>
<i>Fijador</i>	<i>litro</i>	<i>2</i>	<i>2.80</i>
<i>Costales</i>	<i>Costal</i>	<i>800</i>	<i>0.40</i>
<i>Cartón trampas</i>	<i>cartón</i>	<i>16</i>	<i>0.40</i>

**Cuadro 47. Inventario y depreciación de materiales,
equipos de campo y construcciones**

Variedad: Fripapa

Lote: ECA

Año: 2001

Superficie: 2ha

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor	Vida útil	% uso papa
<i>Bomba manual</i>	<i>bomba</i>	<i>1</i>	<i>120</i>	<i>12</i>	<i>100</i>
<i>Herramientas</i>	<i>pala</i>	<i>1</i>	<i>8</i>	<i>3</i>	<i>100</i>
<i>Silo verdeador</i>	<i>m²</i>	<i>24</i>	<i>240</i>	<i>8</i>	<i>100</i>

Cuadro 48. Registro de uso de maquinaria agrícola para la producción de papa

Variedad: *Fripapa*

Lote: *ECA*

Año: *2001*

Superficie: *2ha*

Tipo de maquinaria	Labor	Unidad	Cantidad	Costo
<i>Tractor</i>	<i>Arado</i>	<i>labor</i>	<i>1</i>	<i>100</i>
<i>Tractor</i>	<i>rastrada</i>	<i>labor</i>	<i>1</i>	<i>100</i>

Cuadro 49. Registro de la producción de papa

Año: 2001

Variedad	Lote	Superficie	Cantidad	Producción	Producción por categoría			
					Gruesa	Segunda	Semilla	Cuchi
Fripapa	ECA	2 ha	79 qq	800 qq	600 qq	114 qq	57 qq	29 qq

Cuadro 50. Registro de ventas

Variedad	Lote	Categoría	Cantidad	Precio
<i>Fripapa</i>	<i>ECA</i>	<i>gruesa</i>	<i>600 qq</i>	<i>10</i>
<i>Fripapa</i>	<i>ECA</i>	<i>segunda</i>	<i>114 qq</i>	<i>6</i>
<i>Fripapa</i>	<i>ECA</i>	<i>semilla*</i>	<i>57 qq</i>	<i>6</i>
<i>Fripapa</i>	<i>ECA</i>	<i>cuchi*</i>	<i>29 qq</i>	<i>3</i>

* Quedó en la finca

Cálculo y análisis

La hoja de cálculo para la producción de papa comercial que presentamos contiene las columnas A a J (cuadro 51). Los datos para las hojas de cálculo son tomados de las matrices de datos presentados previamente. A continuación, explicamos el contenido de cada columna.

- Columna A.** Contiene componentes que son parte del costo de producción (mano de obra, insumos de producción, equipo y materiales).
- Columna B.** Consiste de la unidad de medida para cada componente en la columna A (días hombre de trabajo, kg y m³).
- Columna C.** Contiene el precio unitario de los componentes listados en la columna A. El precio unitario de la mano de obra es el salario por hora, diario o anual. El precio unitario de los insumos, materiales y equipo es el costo de cada insumo por separado. El precio de las construcciones (p.e., silo verdeador) es dado como valor estimado por metro cuadrado. Aunque el productor posee la tierra, se le asigna un costo de oportunidad, considerado como la renta que debería pagarse por hectárea durante el ciclo del cultivo. Para calcular el valor del mantenimiento del silo o equipo de campo (bombas), se utiliza un porcentaje de su valor estimado (p.e., 1% para edificios y 2% para la maquinaria agrícola, vehículos y equipo de campo).
- Columna D.** Corresponde a la cantidad de producto (p.e., número de quintales de semilla o sacos de fertilizante). En el caso del silo verdeador, la cantidad se refiere a la superficie. Por el ejemplo presentado, este tiene una extensión de 24 m², con una vida útil de ocho años.
- Columna E.** Contiene los valores de los componentes listados en la columna A, calculados a través de multiplicar la columna C (precio unitario) por la columna D (cantidad).
- Columna F.** Contiene los valores de los componentes en la columna E, adicionados por categorías (mano de obra, insumos, etc.) para la parcela. Por ejemplo, la suma de costo de los tres tipos de fertilizantes usados en la parcela es \$630.
- Columna G.** Esta columna convierte la información en la columna D en base de una hectárea dividiendo los valores de la misma entre 2.0 hectáreas.
- Columna H.** Esta columna convierte la información en la columna E, en base a una hectárea, dividiendo los valores de la misma entre 2.0 hectáreas.
- Columna I.** Esta columna convierte la información en la columna F, en base hectárea, dividiendo los valores de la misma entre 2.0 hectáreas.
- Columna J.** Contiene el porcentaje del costo total de producción para cada tipo de componente (p.e., mano de obra, insumos y materiales). Esto se calcula dividiendo un subtotal en la columna I, entre el valor total de la columna I.

Los tipos de análisis que pueden efectuarse con la información en el sistema de contabilidad de costos son variados y dependen de la clase de problemas identificados por el productor y de los recursos disponibles para resolverlos. Análisis comunmente realizados incluyen:

- **Eficiencia mejorada de la mano de obra:** Una oportunidad de mejorar el sistema de producción es a través de la rentabilidad de mano de obra.
- **Planeamiento mejorado:** Los datos obtenidos del sistema de contabilidad permiten a los productores hacer proyecciones más precisas y así establecer metas más reales.
- **Contabilidad mejorada para la utilización de los insumos de producción:** Existe un menor desperdicio y se lleva a cabo un uso más efectivo de fertilizantes y otros insumos.
- **Cambio de tecnología:** Se puede conocer como los cambios tecnológicos pueden cambiar la rentabilidad. Existen alternativas tecnológicas, como el uso de trampas para insectos dañinos, que si bien no pueden mejorar los rendimientos del cultivo mejoran la rentabilidad debido a su contribución a la reducción de costos. El uso de semilla de calidad, en cambio, incrementa los costos de producción, pero a la vez se espera un incremento en los rendimientos y rentabilidad. Como resultado, tales cambios tecnológicos deben ser monitoreados con la contabilidad de costos.

Cuadro 51. Ejemplo de costos de producción de papa comercial en Carchi

Lote: ECA Santa Martha

Superficie = 2.0 has

Variedad: FRPAPA

Año = 2001

Rubros A	Unidad B	Por lote				Por hectárea			
		Precio US\$/unid. C	cantidad D	US\$ E	Total US\$ F	cantidad por ha G	US\$ por ha H	Total US\$ / ha I	Porcentaje del total J
MANO DE OBRA					658			329	12.97%
Jom. Trampas	Día-hbre	2.00	2.00	4		1.00	2		
Jom. Surcada	Día-hbre	2.00	32.00	64		16.00	32		
Jom. siembra, fert, tap	Día-hbre	2.00	12.00	24		6.00	12		
Jom. retape, fert	Día-hbre	2.00	32.00	64		16.00	32		
Jom. deshierba	Día-hbre	2.00	25.00	50		12.50	25		
Jom. Medi aporque	Día-hbre	2.00	30.00	60		15.00	30		
Jom. aporque	Día-hbre	2.00	36.00	72		18.00	36		
Jom. Controles (5)	Día-hbre	2.00	40.00	80		20.00	40		
Jom. Cosecha	Día-hbre	2.00	120.00	240		60.00	120		
INSUMOS Y MATERIALES									
Semilla					1400			700	27.59%
Calidad 3	quintal	20.00	70.00	1400		35.00	700		
Fertilizantes					630			315	12.41%
18-46-0	saco 50kg	13.00	30.00	390		15.00	195		
8-20-20	saco 50kg	12.00	15.00	180		7.50	90		
Fertisamag	saco 50kg	12.00	5.00	60					

Cuadro 51. (cont)

		Por lote				Por hectárea			
Rubros A	Unidad B	Precio US\$/unid. C	cantidad D	US\$ E	Total US\$ F	cantidad por ha G	US\$ por ha H	Total US\$ / ha I	Porcentaje del total J
Plaguicidas					642			321	12.66%
Furadan 4F	Lt	16.80	2.00	34		1.00	17		
Curacron	Lt	16.48	2.00	33		1.00	16		
Monitor	Lt	12.80	2.00	26		1.00	13		
Estimufol	Kg	5.88	24.00	141		12.00	71		
Dithane	kg	4.20	30.00	126		15.00	63		
Curzate	Kg	12.40	15.00	186		7.50	93		
Cosan	Kg	2.00	20.00	40		10.00	20		
Nutrimon	Kg	3.2	16.00	51					
Fijador	Lt	2.80	2.00	6		1.00	3		
Otros					326			163	6.43%
Costales	unidad	0.40	800	320		400.00	160		
Carton trampas	unidad	0.40	16	6		8.00	3		
Gastos de movilización						50		25	0.99%
Transp.insumos	Vajes	5.00	10	50		5.00	25		
Equipo de campo	(depreciación)				13			6	0.25%
Palas y varios	unidad	8	0.33	3		0.17	1		
Bomba de fumigar	Manual	120	0.08	10		0.04	5		
construcciones	(depreciación)				30			15	0.59%
Silo verdeador	m ²	10	3.00	30		1.50	15		

Cuadro 51. (cont.)

Rubros A	Unidad B	Por lote				Por hectárea			
		Precio US\$/Unid. C	cantidad D	US\$ E	Total US\$ F	cantidad por ha G	US\$ por ha H	Total US\$ / ha I	Porcentaje del total J
Alquiler de maquinaria					200			100	3.94%
Arado (2)	Labor	100.00	1.00	100		0.50	50		
Rastrada (2)	Labor	100.00	1.00	100		0.50	50		
Tierra	ha	80.00	2.00	160	160	1.00	80	80	3.15%
Mantenimiento, construcción y equipos					5			2.40	0.09%
Construcciones	% valor	2.40	0.01	2.4		0.01	1.2		
Equipos	% valor	1.20	0.02	2.4		0.01	1.2		
Gastos administrativos					262			131	5.17%
	% costo	37.49	0.07	262		0.04	131		
Costos de capital variable					703			362	13.84%
(para 9 meses)	% anual	3907	0.18	703		0.09	362		
COSTO TOTAL	dólares				5080			2540	100.00%
COSTOS FIJOS	dólares			1173					
COSTOS VARIABLES	dólares			3907					

Cuadro 51. (cont)

Beneficios	Por lote				Por hectárea		
	Precio US\$/unid.	Rendimiento		BB	qq	BB	% total
		%	qq				
Beneficio bruto (BB)							
Categoría							
Gruesa	10.00	75.00%	600	6000	300	3000	
Segunda	6.00	14.25%	114	684	57	342	
Semilla	6.00	7.13%	57	342	29	171	
Ouchi	3.00	3.63%	29	87	15	44	
Total		100.00%	800	7113	400	3557	
Beneficios netos (BN)			2033			1017	
Retorno a la inversión							40.03%
Costo 1 quintal (US\$)						6.35 S./qq	

BIBLIOGRAFÍA

GENERAL

- CIP. 1997. *Producción de tubérculos-semilla de papa: manual de capacitación*. Lima, Perú.
- CIP. 1993. *El agroecosistema Andino: problemas, limitaciones, perspectivas*. Análisis del Taller Internacional sobre el Agroecosistema Andino, Lima. 356p.
- Field, L. 1984. *Pisos ecológicos y organización productiva en los Andes de poca humedad: Cotopaxi y Chimborazo*. Centro Andino de Acción Popular, Quito.
- Frolick L.M., S. Sherwood, A. Hemphil y E. Guevara, 2000. *Eco-papas: through potato conservation towards agroecology*. Institute for Low External Input Agriculture. December, pp. 44-45.
- FUNDAGRO. 1991. *Aspectos tecnológicos del cultivo de papa en el Ecuador*. Serie Técnica N° 4. Centro Editorial de la Fundación Simón Bolívar, Quito, Ecuador, 260 p.
- FUNDAGRO. 1991. *El Manejo del Cultivo de Papa*. Boletín divulgativo No 5, junio.
- Herrera, M., M. Carpio, y G. Chávez. 1999. *Estudio sobre el subsector de la papa en el Ecuador*. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
- Hibon, A., M. Vivar y H. Andrade. 1995. *El sistema de cultivo de la papa en la provincia de Cotopaxi: Condiciones de producción, prácticas de los agricultores y necesidades de investigación*. INIAP/PNRT/Forpapa. Fondo Ecuatoriano Popularum Progreso. Quito, Ecuador.
- Hibon, A., M. Vivar, and H. Andrade. 1995, *Condiciones de producción, prácticas de los agricultores y necesidades de investigación y transferencia de tecnología en el cultivo de la papa en la provincia de Cotopaxi, Ecuador*. 2 ed. Quito, Ecuador: INIAP FORTIPAPA.
- Horton D., y H. Faso. 1985. *Potato Atlas*. Lima-Perú.
- INIAP/PNRT/FORTIPAPA. 1998. Sondeo sobre el cultivo de la papa en la provincia de Carchi: Análisis de la información secundaria del sistema de producción y actualización del diagnóstico del cultivo de papa. INIAP, Quito, Ecuador, 53 pp.
- Kaarhus, R. 1993. "Conceptualización de los problemas de medioambiente en el Ecuador". En: CEPLAES: *Latinoamérica agraria hacia el siglo XXI*. Quito, Ecuador.
- Lips, J. 1998. "Geografía de la sierra Ecuatoriana". En: R. Hofstede, J. Lips y W. Jongasma. *Geografía, ecología y forestación de la sierra alta del Ecuador*. Ediciones Abya-Yala, Quito, Ecuador, p.13-34.
- Metcalf, D.S., y D.M. Elkins. 1987. *Producción de cosechas: fundamentos y prácticas*. Traducido por María Teresa Martínez Utrilla. Editorial LIMUSA, México, p. 703-719.

- Muñoz, F. y L. Cruz. 1984. *Manual del cultivo de papa*. Boletín Técnico N° 5. INIAP. Estación Experimental Santa Catalina. Quito, Ecuador, 44, pp.
- Pourrut. 1983. *Los climas del Ecuador: fundamentos explicativos*. Documentos de Investigación N° 4. Centro Ecuatoriano de Información Geográfica y ORSTOM.
- Pumisacho, M y S. Sherwood (eds.). 2000. *Herramientas de aprendizaje para facilitadores: manejo integrado del cultivo de papa*. INIAP-CIP-IIRR-FAO. 188 p.
- Ramírez, P., F. Izquierdo, y O. Paladines. 1996. *Producción y utilización de pastizales en cinco zonas agroecológicas del Ecuador*. MAG-GTZ-REPAAN. Centauro, Quito, Ecuador.
- Scott, G.J., R. Best, M. Rosegrant, y M. Bokanga. 2000. *Roots and tubers in the global food system: Vision statement to the years 2020*. CIP-CIAT-IFPRI-IITA-IPGRI.
- White, S. y F. Maldonado. 1991. "The use and conservation of natural resources in the Andes of Southern Ecuador". In: *Mountain Research and Development*. 11 (1): 37-55
- Winter, P., P. Espinosa, y C. Crissman. 1998. *Manejo de los recursos en los Andes ecuatorianos*. CIP. Editorial Abya-Yala, Quito.

BOTÁNICA Y MEJORAMIENTO GENÉTICO

- Aguilera Tapia, M.Y., y C.P. Guacho Salazar. 1998. *Estudio de seis clones promisorios de papa con características agroindustriales requeridas por Frito-Lay*. Ingeniera Agroindustrial, Carrera de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.
- Alarcón García, J.E. 1997. *Caracterización taxonómica de la colección ecuatoriana de papa subgrupo precoces*. Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Albornoz, G. y C. Ortuño. 1968. *Santa Catalina: una variedad de papa para el centro de la sierra ecuatoriana*. Boletín Divulgativo N° 9. INIAP, Quito, Ecuador.
- Andrade, H., N. Lara, M. Sola y R. Morales. 1995. *INIAP Fripapa 99: Variedad semitardía, con aptitud para procesamiento en forma de hojuelas (chips)*. Plegable Divulgativo N° 153. INIAP, Estación Santa Catalina. Quito.
- Andrade, H. y M. Sola. 1995. *INIAP Santa Isabela: Variedad semitardía, con buena calidad culinaria y tolerante al nematodo del quiste*. Plegable Divulgativo N° 154. INIAP, Estación Santa Catalina, Quito.
- Andrade, H. y M. Sola. 1995. INIAP Margarita: Variedad precoz, con buena calidad culinaria, altamente resistente a lancha y alto rendimiento. Plegable Divulgativo N° 155, INIAP, Estación Santa Catalina, Quito.
- Andrade, H., y X. Cuesta. 1996. Se ejecutó un plan de mejoramiento y se amplió el uso de la Colección Ecuatoriana de Papa (CEP). *El papel del usuario en la*

- selección y liberación de variedades de papa en el Ecuador*. Quito, Ecuador: INIAP/PNRT-Papa/Proyecto FOR11PAPA.
- Andrade, H., N. Lara, M. Sola y R. Morales. 1995. *INIAP Rosita: Variedad semitardía, con buena calidad culinaria, altamente resistente a lanchar y alto rendimiento*. Plegable Divulgativo N° 156, INIAP, Estación Santa Catalina, Quito.
- Benavides Orbe, L. A. 1995. Variación en los parámetros de crecimiento en ocho variedades de papa (*Solanum tuberosum*), Cutuglahua, Pichincha. Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Cevallos, A. 1996. Se dispone de un sistema sostenible de producción, multiplicación y distribución de semilla de calidad para pequeños y medianos agricultores. *Producir semilla prebásica en invernadero*. Quito, Ecuador: INIAP/PNRT-Papa/Proyecto FORTIPAPA.
- Escobar Solano, W. N. 1997. Caracterización morfológica, agronómica y bioquímica de la colección ecuatoriana de papa subgrupo tardías. Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Ingeniería Agronómica, Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda, Ecuador.
- Garcés, N. 1978. *Descripción varietal de las principales papas comerciales ecuatorianas*. Memoria del primer curso internacional sobre producción de semilla de papa. INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Quito.
- Geisseler, D. 1998. *Producción informal de tubérculo-semilla de papa de calidad en la provincia de Chimborazo, Ecuador*. Sección Agricultura Internacional, Schweizerische Ingenieurschule für Landwirtschaft, Zollikofen, Suiza.
- Huaman, Z. 1980. *Botánica sistemática y morfológica de la papa*. Boletín de Información Técnica N° 6. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 20 p.
- INIAP/PNRT-papa. 1998. *Catálogo de variedades cultivadas en el Ecuador*. Proyecto FORTIPAPA. Quito-Ecuador.
- Laydra, E. 1996. Se dispone de un sistema sostenible de producción, multiplicación y distribución de semilla de calidad para pequeños y medianos agricultores. *Evaluación agronómica de la producción de semilla de papa (Solanum tuberosum), a partir de brotes transplantados en camas protegidas y en campo abierto en la provincia de Chimborazo*. Quito, Ecuador: INIAP/PNRT-Papa/Proyecto FORTIPAPA.
- MAG. 1979. *Codificación de la ley reglamento de semillas del Ecuador*. Dirección General de Desarrollo Agrícola, Departamento de Certificación de Semillas. Quito, 76 pp.
- Murillo, V. 1980. María: variedad de papa para la zona central de la sierra ecuatoriana. *Boletín Divulgativo N° 132*. INIAP, Estación Santa Catalina, Quito.
- Muñoz, F. y V. Murillo. 1982. *INIAP-Gabriela: Una variedad de papa de alto rendimiento*. Boletín Divulgativo N° 124. INIAP, Estación Santa Catalina, Quito.
- Muñoz, F. e I. Reinoso. 1983. *INIAP Esperanza: nueva variedad de papa de alto rendimiento para el norte del país*. Boletín Divulgativo N° 132. INIAP, Estación Santa Catalina, Quito.

- Pino, G., y F. Merino. 1996. Se dispone de un sistema sostenible de producción, multiplicación y distribución de semilla de calidad para pequeños y medianos agricultores. *Producción de semilla de calidad (SC) con núcleos de pequeños semilleros en Chimborazo, 1995-1996*. Quito, Ecuador: INIAP/PNRT-Papa/Proyecto FORTIPAPA.
- Sinchi, J. 1996. Se dispone de un sistema sostenible de producción, multiplicación y distribución de semilla de calidad para pequeños y medianos agricultores. *Producción de SB, SB2, SC1, con núcleos semilleros*. Quito, Ecuador: INIAP/PNRT-Papa/Proyecto FORTIPAPA.
- Sinchi, J. 1996. Se ejecutó un plan de mejoramiento y se amplió el uso de la Colección Ecuatoriana de Papa (CEP). *Evaluaciones agroclimáticas y complementarias de rendimiento y calidad. Selección participativa en Cañar, multiplicación de semilla en el laboratorio EESC*. Quito, Ecuador: INIAP/PNRT-Papa/Proyecto FORTIPAPA.
- Sinchi, J. 1996. Se ejecutó un plan de mejoramiento y se amplió el uso de la Colección Ecuatoriana de Papa (CEP). *Purificación varietal de semilla de papa Bolona con la participación de los agricultores*. Quito, Ecuador: INIAP/PNRT-Papa/Proyecto FORTIPAPA.
- Sinchi, J., y N. Tenesaca. 1996. Se dispone de un sistema sostenible de producción, multiplicación y distribución de semilla de calidad para pequeños y medianos agricultores. *Conoce la eficiencia del invernadero rústico en la producción de tubérculos-semilla*. Quito, Ecuador: INIAP/PNRT-Papa/Proyecto FORTIPAPA.
- Vásquez, W. 1996. Se amplió y mejoró la capacidad de producción de tubérculos-semilla de categoría básica orientados a pequeños agricultores. *Registro y monitoreo de costos de producción de tubérculos-semilla de categoría básica*. Quito, Ecuador: INIAP/PNRT-Papa/Proyecto FORTIPAPA.
- Vera Cañarte, A. V. 1997. Efecto de la radiación gamma en dos variedades de papa *Solanum tuberosum* L. Cutuglahua-Pichincha. Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Vivar, M., J. Corrales, y C. Asaquivay. 1996. Se ha realizado la transferencia de nuevas tecnologías, generadas y comprobadas con investigación participativa en papa a extensionistas de OGs y ONGs. *Evaluación agroeconómica comparativa de tres fuentes de semilla: Agricultor, bodega y básica en la provincia del Cotopaxi*. Quito, Ecuador: INIAP/PNRT-Papa/Proyecto FORTIPAPA.

MANEJO AGRONÓMICO

- Barrera, B.L.L. 1994. "La fertilidad de los suelos de clima frío y la fertilización de cultivos". En: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. *Fertilidad de suelos: diagnóstico y control*. Santa Fe de Bogotá, Colombia, p. 419-467.
- Byers, A.C. 1990. *Erosion processes in tropical watersheds: A preliminary assessment*

- of measurement methods, action strategies, and information availability in the Dominican Republic, Ecuador, and Honduras. Development Strategies for Fragile Lands.* United States Agency for International Development, Washington, DC.
- Chaverria, C. 1997. *Avances de la investigación en labranza de conservación.* Libro técnico N° 1. Centro Nacional de Investigaciones para Producción Sostenible, INIFAP, México, 288 p.
- De Noni, G. y G. Trujillo, 1986. "La erosión actual y potencial en Ecuador: localización, manifestaciones y causas". En CEDIG: *La erosión en el Ecuador.* Documentos de Investigación N°. 6. Quito, pp.1-14.
- Figueroa, S. B. 1992. *Análisis de los sistemas de labranza en Méjico.* Memorias del XVI congreso nacional de la ciencia del suelo. Oaxaca, Méjico.
- García, R. B. y L.C. Pantoja. 1993. *Fertilización y manejo de suelos en el cultivo de papa en el Departamento de Nariño.* ICA, Subgerencia de Investigación Regional N° 5, San Juan de Pasto, Nariño, Colombia.
- Hunter, A.H. 1973. *Procedimiento analítico del suelo usando la solución extractora modificada de NaHCO₃.* Serie ISFEI. Universidad del Estado de Carolina del Norte, Raleigh, NC, EE.UU.
- Instituto Colombiano Agropecuario. 1992. *Fertilización en diversos cultivos.* Manual de asistencia Técnica N° 25. Quinta aproximación. Tibaitatá, Colombia.
- Kooistra, L. y E. Meyles, 1997. *A novel method to describe spatial soil variability: A case study for a potato-pasture area in the northern Andes of Ecuador.* Laboratory of soil Science and Geology, Wageningen Agricultural University, Países Bajos, 65p.
- Matute González, I. G. 1999. Respuesta de minitubérculos de la papa Jubaleña prebásica a la aplicación de fertilizantes orgánicos y minerales en invernaderos rústicos. Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Ingeniería Agronómica, Universidad de Cuenca, Cuenca.
- Perez, S. y J. Velasquez. 1997. *Avances de la investigación en labranza de conservación.* Libro Técnico N° 1. Centro Nacional de Investigación para Producción Sostenible, INIFAP, México. 288 p.
- Phillips, S. y H. Young. 1992. *Agricultura sin laboreo: labranza cero.* Editorial Hemisferio Sur, Montevideo, Uruguay. 223 p.
- Potash and Phosphate Institute, 1997. *Manual internacional de fertilidad de suelos.* Quito.
- Rodríguez, R.M. 1985. *Preparación del suelo y labores en el cultivo de papa.* Instituto Colombiano Agropecuario, Pasto, Colombia. 13 p.
- Sherwood, S.G. 1998. *Wachu rozado: Vestigio del pasado, oportunidad para el futuro.* Reporte sobre cultivos de cobertura y abonos verdes para el Centro International de Información sobre Cultivos de Cobertura y Rockefeller Foundation. 8 pp.
- Sotalin, G, F. López, J. Vargas, O. Arboleda, F. Armas, J. Calero y P. Gandara. 1984. *Mapa de uso actual del suelo y formaciones vegetales.* Programa Nacional de Regionalización Agraria, MAG-ORSTOM, Quito.
- Tate, R.L. 1987. *Soil organic matter: biological and ecological effects.* John Wiley, Nueva York, EE.UU.

- Tisdale, S. L., W.L. Nelson, J.E. Beaton y J.L. Havlin. 1993. *Soil fertility and fertilizers*. 5a ed. Nueva York, EE.UU.
- Tiscareño, M., M. Gallardo y M. Velázquez. 1997. *Avances de la investigación en labranza de conservación*. Libro Técnico N° 1. Centro Nacional de Investigación para Producción Sostenible, INIFAP, México. 288 p.
- Valverde F., J. Córdova y R. Parra. 1998. *Fertilización del cultivo de papa*. INIAP, Quito. 42 p.
- Veen, M. 1999. The development of land use and land management and their effects upon soils in processes of mechanical erosion and compaction: A case study for a potato-production area in the northern Andes of Ecuador. M.Sc. Thesis. Wageningen Agricultural University, 66 pp.
- Violic, A.D. 1998. "Labranza convencional y labranza de conservación: definición de conceptos". En: H. Barreto, R. Raab, A. Tasistro, A.D. Violic (eds). *Labranza de conservación en maíz*, CIMMYT, México. p. 5-11.

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

- Adela, F. 1982. *Principios de prevención control y erradicación de malezas. Primer curso teórico práctico de control de malezas*. INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Quito. 200 p.
- Alvear O., J. P., y M. I. Chacón P. 1998. Manejo y desarrollo eficiente de fungicidas en el control del tizón tardío de la papa. Ingeniero Agropecuario, Instituto Agropecuario Superior Andino, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador.
- Arango, B. 1988. *Manejo de agroquímicos en el cultivo de la papa*. Dupont, Colombia.
- Ashton, F. y A. Crafts, 1981. *Mode of action of herbicidas*. John Wile and Sons, Nueva York, EE.UU. 525 pp.
- Benalcázar Valladares, L. G. 1998. Utilización de bacterias y hongos de la filósfera como control biológico de la lanchara de la papa (*Phytophthora infestans*). Ingeniero Agropecuario, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador.
- Benzing, A. y H. Goetz. 1995. *Control biológico de plagas y enfermedades de los cultivos en Ecuador: una recopilación de experiencias, estudios y recomendaciones*. Escuelas Radiofónicas Populares del Ecuador. Riobamba, Chimborazo.
- Cañizares, C.A. y G.A. Forbes. 1995. "Foliage resistance to *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary in the Ecuadorian national collection of *Solanum phureja* ssp. *phureja* Juz. & Buk". *Potato Research* 38: 3-10.
- Cardenas, J. 1987. *Manual de control de malezas en papa. Manual N° 9*. INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Quito. 44 p.
- Chaboussou, F. 1997. *La teoría de la trofobiosis*. Fundación GAIA y CAE Ipe, traducción IDMA, Lima, Perú.
- Chacón Acosta, M. G. 1995. Detección de genes mayores en especies silvestres, variedades nativas, mejoradas y dihaploides de papa y evaluación de la

- resistencia en el campo de especies silvestres a *Phytophthora infestans*. Licenciada en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Chacón, G., A. Taipe, P. Oyarzún, y G. A. Forbes. 2001. *Evaluation of fungicides for control of late blight in two potato cultivars in the highlands of Ecuador*. Fungicide and Nematicide Trials 54.
- Chacón, G., y G. Forbes. 2000. "Evaluation of the resistance to *Phytophthora infestans* of two Ecuadorian potato cultivars irradiated with gamma rays". *Fitopatología* 35 (4): 237-241.
- Clavijo Ponce, N. L. 1999. Validación del modelo de simulación del sistema DSSAT en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en las condiciones del cantón Montúfar, Provincia del Carchi. Ingeniero Agrónomo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba.
- Colon, L. 1994. Resistance to *Phytophthora infestans* in *Solanum tuberosum* and wild *Solanum* species. Doctorate, Wageningen Agricultural University, Wageningen, Países Bajos.
- Cole, D., S. Sherwood, C. Chrisman, V. Barrera, y P. Espinosa. 2002. *Pesticides and health in highland Ecuadorian potato production: assessing impacts and developing responses*. International Journal for Occupational and Environmental Health: Special Series on Integrated Pest Management 8 (3).
- Crissman, C.C., D.C. Cole, S. Sherwood, P. Espinosa A., y D. Yanggen. 2002. Potato production and pesticide use in Ecuador: linking impact assessment research and rural development intervention for greater eco-system health. Documento presentado en la Conferencia Internacional sobre Evaluación de Impacto. San José, Costa Rica. 4-7 febrero. 31 pp.
- Crissman, C., J.M. Antle y S.M. Capalbo. 1998. *Economic, environmental and health tradeoffs in agriculture: pesticides and the sustainability of Andean potato production*. Kluwer Academic Publishers. 281 pp.
- Crissman, C.C. y P. Espinosa (eds). 2002. *Impactos del uso de plaguicidas en la producción, salud y medioambiente en Carchi: un compendio de investigaciones y respuestas multidisciplinarias*. Quito, Ecuador; CIP.
- Ducrot, C.E.H. 1993. Pesticide externalities in Andean potato production: Integrated production and biophysical models of groundwater contamination. M.Sc. thesis, Departamento de Economía Agrícola, Universidad de Cornell, Ithaca, Nueva York, EE.UU. 143 pp.
- Eguiguren, R. y M. Défaz. 1992. *Principales fitonemátodos en el Ecuador: su descripción, biología y combate*. Manual No 21. INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Quito.
- Erselius, L. J., M. E. Vega-Sánchez y G. A. Forbes. 2000. "Stability in the Population of *Phytophthora infestans* Attacking Tomato in Ecuador is Demonstrated by Cellulose Acetate Assessment of Glucose-6-Phosphate Isomerase". *Plant Disease* 84:325-327.

- Erselius, L. J., y G. A. Forbes. 1999. Phytophthora infestans in the Andes: unraveling the mysteries. Paper read at Late Blight: A Threat to Global Food Security, March 16-19, 1999, at Quito, Ecuador.
- Erselius, L. J., H. R. Hohl, M. E. Ordoñez, F. Jarrin, A. Velasco, M. P. Ramon, y G. A. Forbes. 1999. *Genetic diversity among isolates of Phytophthora infestans from various hosts in Ecuador*. In Impact on a Changing World. Program Report 1997-1998. Lima, Perú: CIP.
- Erselius, L. J., M. E. Ordoñez, P. Ramón, P. Oyarzún, and G. A. Forbes. 1998. Phytophthora infestans in Ecuador: evidence for population segregation on different hosts. Paper read at 7th International Congress of Plant Pathology, 9 - 16 August, 1998., at Edinburgh, Scotland.
- Erselius, L. J., M. E. Vega-Sánchez, A. M. Rodríguez, O. Bastidas, H. R. Hohl, P. S. Ojiambo, J. Mukalazi, T. Vermeulen, W. E. Fry, y G. A. Forbes. 1999. *Host specificity of Phytophthora infestans on tomato and potato in Uganda and Kenya*. In Impact on a Changing World. Program Report 1997-1998. Lima, Perú, CIP.
- Escobar Viscarra, M. X. 1994. Estudio de la población de Phytophthora infestans en las provincias de Carchi, Chimborazo y Loja-Ecuador. Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- FEDEPAPA. 1997. *Vademecum del cultivo de la papa*. Federación Colombiana de Productores de Papa.
- Fankhauser, C. 1996. Se dispone de un sistema sostenible de producción, multiplicación y distribución de semilla de calidad para pequeños y medianos agricultores. *Estudio de las enfermedades al origen de la degeneración de la semilla en campos de agricultores*. Quito, Ecuador: INIAP/PNRT-Papa/Proyecto FORTIPAPA.
- Forbes, G. A. 2000. La Ecología del Tizón tardío en Papa y las implicaciones para su Manejo. Presentado en el Taller sobre agricultura ecológicamente apropiada, Quito, Ecuador.
- Forbes, G. A. 2001. Aplicación de fungicidas en base a umbrales de precipitación - un ejemplo del papel de la simulación de enfermedades de plantas en el manejo del tizón tardío de la papa. Paper read at Complementing Resistance to Late Blight in the Andes, 13-16 February 2001, at Cochabamba, Bolivia.
- Forbes, G. A. 2001. Late blight in Latin America, Africa and Asia. Paper read at Potato Plant Health into the New Millennium, April 22-26, 2001, at St. Augustine, Fl.
- Forbes, G. A. 2001. Phytophthora infestans, (late blight of potato) the upcoming phytopathological problem? Paper read at General Assembly of the International Organization of Biocontrol (WPRS), at Locarno, Italy.
- Forbes, G. A. 2001. Resistencia a los fungicidas: teoría y práctica. Paper read at Complementing Resistance to Late Blight in the Andes, 13-16 February 2001, at Cochabamba, Bolivia.
- Forbes, G. A. 1998. El uso de RFLPs en el estudio de poblaciones de Phytophthora infestans. Paper read at Genética y Biología molecular en la Investigación Básica y Aplicada, at Quito, Ecuador.

- Forbes, G. A., and J. T. Korva 1994. "The effect of using a Horsfall-Barratt scale on precision and accuracy of visual estimation of potato late blight severity in the field". *Plant Pathology* 43 :675-682.
- Forbes, G. A., y M. C. Jarvis. 1994. Host resistance for management of potato late blight. In *Advances in Potato Pest Biology and Management*, edited by G. Zehnder, R. Jansson and K. V. Raman. St. Paul, Minnesota: American Phytopathological Society.
- Forbes, G. A., H. Mayton, y W. E. Fry. 1996. *Effect of temperature on the efficacy of cymoxanil for control of potato late blight*. *Phytopathology* 86 (11 (Supplement)): S121-S122.
- Forbes, G. A., M. G. Chacón, M. V. Taipe, y R. J. Hijmans. 2001. Simulating potato late blight in the highland tropics. In *Scientist and Farmer: Partners in Research for the 21st Century*. Program Report 1999-2000, edited by International Potato Center. Lima, Perú, CIP.
- Forbes, G. A., O. Trillos, L. Turkensteen y O. Hidalgo. 1993. "Field inoculation of potatoes with *Phytophthora infestans* and its effect on the efficiency of selection for quantitative resistance in the plants". *Fitopatología* 28 (2):117-120.
- Forbes, G. A., R. J. Hijmans, y R. J. Nelson. 1998. Potato blight: a world problem. Paper read at 7th International Congress of Plant Pathology, 9-16 August, at Edinburgh, Scotland.
- Forbes, G. A., X. C. Escobar, C. C. Ayala, J. Revelo, M. E. Ordoñez, B. A. Fry, K. Doucett, y W. E. Fry. 1997. "Population genetic structure of *Phytophthora infestans* in Ecuador". *Phytopathology* 87 (4):375-380.
- Forbes, G.A. 1997. Integrated Control of Potato Late Blight in the Highland Tropics. Paper read at Taller sobre Manejo Integrado del Tizón Tardío (MITT) de la Papa en la Ecoregión Andina, Abril 7-11, 1997, at Quito.
- Forbes, G.A., y M. J. Jeger. 1987. "Factors affecting the estimation of disease intensity in simulated plant structures". *Journal of Plant Diseases and Protection* 94 (2):113-120.
- Franco, J., and A. Matos. 1990. Evaluación de resistencia de la papa al nemátodo del quiste *Globodera pallida*. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa.
- Gallegos, P. 1996. Se generaron técnicas de manejo integrado para las principales plagas y enfermedades del cultivo papa. *Control integrado de gusano blanco de la papa, *Premnotrypes vorax*, mediante el manejo de la población de adultos y el control químico en Cotopaxi*. Quito, Ecuador: INIAP/PNRT-Papa/Proyecto FORTIPAPA.
- Gallegos, P. 1996. Se generaron técnicas de manejo integrado para las principales plagas y enfermedades del cultivo de papa. *Control integrado de gusano blanco, *Premnotrypes vorax*, en el cultivo de papa, mediante manejo de la población de adultos y control químico*. Validación. Cahuañi Alto, Chimborazo. Quito, Ecuador: INIAP/PNRT-Papa/Proyecto FORTIPAPA.
- Gallegos, P. 1996. Se generaron técnicas de manejo integrado para las principales plagas y enfermedades del cultivo de papa. *Control integrado de gusano blanco, *Premnotrypes vorax*, en el cultivo de la papa*. Transferencia, Chimborazo. Quito, Ecuador: INIAP/PNRT-Papa/Proyecto FORTIPAPA.

- Gallegos, P., G. Avalos, y C. Castillo. 1997. *El gusano blanco de la papa (Premnotrypes vorax) en el Ecuador: Comportamiento y control*. Quito, Ecuador: INIAP.
- Garzón Villalba, C.D. 1998. Supresión de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en suelos de seis localidades de la sierra ecuatoriana. Licenciada en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Garzon, C. D., y G. A. Forbes. 1999. Suppression of *Phytophthora infestans* in six Ecuadorian Soils. Paper read at Late Blight: A Threat to Global Food Security, March 16-19, 1999, at Quito, Ecuador.
- Garzón, C.D., P.J. Oyarzún, D. León, I. Andrade, y G. A. Forbes. 2002. "Incidence of potato tuber blight caused by *Phytophthora infestans* in Ecuador". *Phytopathology*.
- Gabela, F. 1982. *Principios de prevención, control y erradicación de malezas*. Primer Curso Teórico Práctico de Control de Malezas. INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Quito.
- García, Jaime E. 1998. "El mito del manejo seguro de los plagicidas en los países en desarrollo - (De la A a la Z)". *Revista Acta Académica*, Universidad Autónoma de Centro América, Número 23, pp 76-81.
- Gerlach, M. 1999. *Investigation on correlation of host specificity and INF1 elicitor production of P. infestans on tomato and potato and four Ecuadorian wild species*. Quito, Ecuador: Centro Internacional de la Papa (CIP).
- Haro, M. 1997 *Inventario Tecnológico de manejo de malezas en algunos cultivos de la sierra ecuatoriana: datos de evaluación periodo 1977- 1993*. INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Quito. 126 p.
- Hernández, L. y R. Parra. 1993. *Guía Técnica para el control químico de malezas en los principales cultivos de la sierra ecuatoriana*. Boletín Técnico N°. 70 INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Quito.
- Herrera, D. y W. Vargas. 1998. *Seguridad y salud en la floricultura*. Corporación para el Desarrollo de la Producción y el Medio Ambiente Laboral, IFA. Quito. 47 p.
- Hibon, A. M. Vivar y H. Andrade. 1995. *El sistema de cultivo de la papa en la provincia de Cotopaxi: condiciones de producción, prácticas de los agricultores, necesidades de investigación y transferencia de tecnología*. INIAP/PNRT-Papa, FORTIPAPA, MAG-Cotopaxi y FEPP-Latacunga. Quito, Ecuador. 43p.
- Hidalgo Proaño, N. E. 1999. Evaluación de los componentes de la resistencia horizontal a *Phytophthora infestans* en 21 progenitores de papa. Ingeniero Agrónomo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba.
- Hooker, W J. (ed.). 1980. *Compendio de enfermedades de la papa*. Traducido al español por Teresa Ames de Icochea. CIP, Lima, Perú.
- INIAP. 1974. *Evaluación de fungicidas para el control de la lanchara (Phytophthora infestans) de la papa. Informe anual*. Departamento de Fitopatología, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Quito.
- INIAP, 1987. Manual de Control de Malezas en Papa,

- Jaramillo Velasteguí, R. E. 1997. Evaluación de dos metodologías de selección de germoplasma de papa libre de genes mayores a *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- King A. y J.L. Saunders. 1984. *Las plagas invertebradas de los cultivos anuales alimenticios de América Central*. Departamento de Producción Vegetal, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- Klingman, G. y F. Ashton. 1982. *Weed science principles and practices*. Second edition. A Wiley Interscience Publication, Nueva York, EE.UU. 449 pp.
- Melgarejo, J. 1983. *Modo de acción de los fungicidas*. Boletín Técnico. DuPont de Colombia.
- Mera Orcés, V. 1996. Primeros eventos de pre-infección de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary a *Solanum phureja* Juz. & Buk.: Importancia de la resistencia de la planta. Licenciada en Ciencia Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Morales Carrera, H.R. 1994. Relación entre la epidemia de *Phytophthora infestans* y la producción en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*). Pichincha, Ecuador. Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Moscoso Locke, G. E. 1993. Determinación de la frecuencia de genes R, para resistencia a *Phytophthora infestans*, en familias avanzadas de papa (*Solanum tuberosum*). Cutuglahua, Pichincha. Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Murray, D.L. y P.L. Taylor. 2000. "Claim no easy victories: Evaluating the pesticide industry's global safe use campaign". *World Development*. Vol. 28 (10), pp. 1735-1749.
- Oliva-Pérez, y R. F. 2001. Compatibilidad sexual entre aislados de *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary y caracterización de la progenie F1. Licenciado en Ciencias Biológicas, Departamento de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Ordóñez Maldonado, M. E. 1993. Identificación de efectos residuales de genes mayores de resistencia a *Phytophthora infestans* en patata (*Solanum tuberosum*). Licenciada en Ciencias Biológicas, Departamento de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Ordóñez, M. E., G. A. Forbes y B. T. Trognitz. 1997. "Resistance to late blight in potato. A putative gene that suppresses R genes and is elicited by specific isolates". *Euphytica* 95 (2):167-172.
- Ordóñez, M. E., G. A. Forbes, and B. Trognitz. 1998. Relationship between ineffective R-genes and expansion rate of lesions on potato leaves, caused by *Phytophthora infestans*. *Plant Pathology* 47 (2):130-136.
- Ordóñez, M. E., H. R. Hohl, A. Velasco, M. P. Ramon, P. J. Oyarzún, C. D. Smart, W. E. Fry, G. A. Forbes, and L. J. Erselius. 2000. "A novel A2 population of *Phytophthora*, similar to *P. infestans*, attacks wild *Solanum* species in Ecuador". *Phytopathology* 90:197-200.

- Ortiz, O. G. Thiele y G. A. Forbes. 2001. Conocimiento y prácticas del agricultor con relación al uso de fungicidas en el control del tizón tardío en los Andes. Paper read at Complementing Resistance to Late Blight in the Andes, 13-16 February 2001, at Cochabamba, Bolivia.
- Oyarzún, P. J., A. Pozo, M. E. Ordoñez, K. Doucett, and G. A. Forbes. 1998. Host specificity of *Phytophthora infestans* on tomato and potato in Ecuador. *Phytopathology* 88 (3):265-271.
- Oyarzún, P. J., D. León y G. A. Forbes. 2001. Prospección e importancia de patógenos de suelo en papas en el Ecuador. Paper read at IV Simposio Internacional del Desarrollo Sustentable en los Andes: La Estrategia Andina para el Siglo XXI, 26-23 November, at Mérida, Venezuela.
- Oyarzún, P. J., J. A. Taípe y G. A. Forbes. 2001. *Phytophthora infestans* su actividad y particularidades en el Ecuador. Paper read at Complementing Resistance to Late Blight in the Andes, 13-16 February 2001, at Cochabamba, Bolivia.
- Oyarzún, P.J., M.E. Ordoñez, G.A. Forbes, and W. E. Fry. 1997. "First report of *Phytophthora infestans* A2 mating type in Ecuador". *Plant Disease* 81 (3):311.
- Palti, J. 1981. *Cultural practices and infectious crop diseases*. Springer-Verlag. Berlin 1981.
- Paucar, B. 1999. Efecto del manejo químico y mecánico de malezas en papa (*Solanum tuberosum*), haba (*Vicia faba*), cebada (*Hordeum vulgare*) y respuesta de la arveja (*Pisum sativum*) a la labranza mínima. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ingeniería Agronómica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Paz y Miño Muirragui, M. I. 1998. El significado de hospederos alternativos de *Phytophthora infestans* y su consecuencia en relación al manejo del tizón tardío en papa. Licenciada en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Pérez E., E. Paredes y R. García. 1996. *Manejo integrado de malezas*. Curso Internacional de Sanidad Vegetal. INISAV-MINAG, La Habana, Cuba, 26 p.
- Pérez Cárdenas, S. A. 1999. Predicción del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en papa (*Solanum tuberosum*) y su control con mínima aplicación de fungicida. Provincia de Pichincha. Master en Energía y Medio Ambiente, Dirección de Postgrado, Escuela Politécnica el Ejército, Quito, Ecuador.
- Piamonte-Peña, R. y P. Flores-Escudero. 2000. *Biofertilizante líquido enriquecido*. Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente, Lima, Perú.
- Pichisaca, N. 1996. Se generaron técnicas de manejo integrado para las principales plagas y enfermedades del cultivo papa. *Control integrado de gusano blanca de la papa, Premnotrypes vorax, mediante el manejo de la población de adultos y control químico, eliminación de adultos*. Quito, Ecuador: INIAP/PNRT-Papa/Proyecto FORTIPAPA.
- Pozo Bonilla, A. N. 1999. Comparación entre poblaciones de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en tomate *Lycopersicon esculentum* y papa *Solanum*

- tuberosum en el Ecuador. Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Pucha Cuji, J. A. 1999. Dinámica poblacional de Aphididae (Homoptera) y su incidencia en la transmisión de los virus PLRV y PVY en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). Ingeniero Agrónomo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
- Quiñones, M. C. 1997. *Improvement of genetic variability for resistance to Phytophthora infestans in potato*. Quito: Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica.
- Ramón Yerovi, P. 1997. Evaluación del nivel de resistencia horizontal del follaje en progenies híbridas de la papa al tizón tardío (*Phytophthora infestans* Mont. de Bary). Licenciada en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Reigart, J. y J. Roberts. 1999. *Reconocimiento y manejo de los envenamientos por plaguicidas*. Quinta edición. Agencia para la Protección del Ambiente, EE.UU. 245 pp.
- Revelo, et al 1995. *Caracterización de variedades comerciales de papa al ataque de Phytophthora infestans: Tipo de resistencia y relación entre la epidemia, el ambiente y el rendimiento*. INIAP, PNRT-Papa, FORTIPAPA. Santa Catalina, Quito, Ecuador. 9 p.
- Revelo, J. 1996. Se generaron técnicas de manejo integrado para las principales plagas y enfermedades del cultivo de papa. Evaluar la resistencia horizontal a lancha en entradas de *Solanum phureja* de la Colección Ecuatoriana de Papa. Quito, Ecuador: INIAP/PNRT-Papa/Proyecto FORTIPAPA.
- Revelo, et al 1997. *Memorias del curso manejo integrado de las principales plagas y enfermedades del cultivo de papa*. INIAP-CIP-BID, Quito, Ecuador. 100p.
- Rodríguez Bucheli, A. M. 1999. Caracterización de la colección internacional de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary con marcadores moleculares. Cutuglahua-Pichincha. Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Rodríguez Bucheli, A. M. Caracterización de la colección internacional de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary con marcadores moleculares. Cutuglahua-Pichincha. *Revista de Difusión Científica Rumipamba*.
- Sherwood, S.G., R. Nelson, G. Thiele y O. Ortiz. 2000. *Farmer field schools in potato: a new platform for participatory training and research in the Andes*. Institute for Low External Input Agriculture. December. 6 pp.
- Sherwood, S.G., D.C. Cole. y M. Paredes. 2001. "Reducción de riesgos asociados con los fungicidas: Técnicamente fácil, socialmente complejo". En: E.N. Fernández-Northcote (ed.), *Memoria del Taller Internacional sobre el complemento de resistencia en tizón tardío (Phytophthora infestans) en los Andes*. Febrero 13-16, Cochabamba, Bolivia. Global Initiative on Late Blight. CIP, Lima, Perú. 27 pp.

- Sherwood, S.G. 2001. *Potato IPM should focus on pesticide reduction*. Biocontrol News and Information. CABI. 22(4).
- Sherwood, S., C. Crissman y D. Cole. 2002. *Pesticide poisonings in the Northern Andes: A call for action*. Pesticide News. Pesticide Action Network. Spring edition. 10 pp.
- Taipe Bolaños, M. V. 1999. Estudio de los componentes de resistencia al tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en nueve variedades de papa *Solanum tuberosum*. Cutuglahua - Pichincha. Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Taipe Bolaños, M. V. 1999. Estudio de los componentes de resistencia al tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en nueve variedades de papa *Solanum tuberosum*. Cutuglahua-Pichincha. *Revista Runipamba*.
- Taipe Pumasunta, J. A. 1999. Estudio de la persistencia de fungicidas protectantes y sistémicos para el control de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en papa. Cutuglahua-Mejía. Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Thiele, G., R. Nelson, O. Ortiz y S. Sherwood. 2001. "Participatory research and training: Ten lessons from Farmer Field Schools in the Andes". *Currents. Swedish University of Agricultural Sciences*. 27 (December). 4-11.
- Trognitz, B., G. Forbes y B. Hardy. 1995. "Resistencia al tizón tardío a partir de especies silvestres". In *CIP Circular*. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa.
- Tuzun, S., Kúc, J. 1991. *Plant immunization: An alternative to pesticides for control of plant disease in the greenhouse and field*. In: The biological control of plant diseases. FFTC Book Series 42. ASPAC. Taiwan, China.
- Urbano Salazar, E. 1994. Efecto de niveles poblacionales en la eficiencia de selección para evaluar *Phytophthora infestans* en papa (*S. tuberosum*). Pichincha. Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Urbano, E., G. Forbes y M.E. Ordóñez. 1994. "Efecto del tamaño de parcela en la eficiencia de selección para resistencia a *Phytophthora infestans* en papa (*Solanum tuberosum*)". *Fitopatología* 29 (2):137-140.
- Vega Sánchez, M. 1999. Estudio de la especialización de la patogenicidad del linaje US-1 de *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary en papa y tomate con aislados africanos y andinos. Licenciado en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Von Lenteren, J.C., A.K. Minks y D.M.B. De Ponti. 1991. *Biological control and integrated crop protection: Towards environmentally safer agriculture*. Pudoc Scientific Publisher. Wageningen. 225 pp.
- Yáñez Altuna, J. M. 1998. Estudio epidemiológico e histológico de los primeros eventos de infección de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en *Solanum phureja* Juz. & Buk. (papa "chaucha"). Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Yáñez Navarrete, Z. E. 1999. Estudio de la fenología de cinco variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en dos épocas de siembra. Ingeniero Agrónomo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

POSCOSECHA

- Bazante, E. 1999. *Control de calidad en almacenamiento de granos y papa semilla*. En: FAO, Tecnologías de poscosecha en granos y papa. Módulo 1, Proyecto FAO-Poscosecha. Quito.
- Booth, R. H., R. L. Shaw y L. J. Harmsworth. 1986. *Almacenamiento de bajo costo para la papa*. 2da ed. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa.
- Booth, R y R. Shaw. 1986. *Principles of potato storage*, CIP, Lima, Perú.
- Bryan, J. 1989. *Ruptura del reposo en los tubérculos de papa*. Vol. Guía de Investigación CIP 16. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa.
- FAO. 1993. *Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha*. Manual de capacitación. Roma, Italia. 184 p.
- FAO. 1998. *Manual de capacitación sobre poscosecha*. Documento de Campo N°2. Proyecto GCP/EQU/065/NET. Quito.
- Mastrocola, N. 1999. *Tecnologías de poscosecha en granos y papa*. Módulo 1. Proyecto FAO Poscosecha. Quito.
- Naranjo, H. 1986. *Fisiología de la semilla de papa*. Memoria del VI curso sobre tecnología del cultivo de papa. INIAP-Programa Andino Cooperativo de Investigación en Papa, Cañar.
- Naranjo, H., Thomasson, E. Bazante y Carro. 1993. *Cómo construir y usar el semillero para papas*. Proyecto de poscosecha y mercadeo primario de cereales y papa. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Quito.
- Neira, R., e I. Reinoso. 1986. *Silo verdeador, método barato para almacenar semilla de papa*. Quito, Ecuador: INIAP/PRACIPA.
- Rüeggsegger, M. 1997. *El silo verdeador para almacenar semilla de papa en Ecuador. Una inversión sostenible y rentable?*, Colegio de Agricultura, Sección Agricultura Internacional, Schweizerische Ingenieurschule für Landwirtschaft, Zollikofen, Suiza.
- Sola, M. 1978. *Selección y almacenamiento de semilla de papa*. Memoria I Curso Internacional sobre Producción de Semilla de Papa. Quito, Ecuador.
- Schoemaker, A. 1998. *Manual de Capacitación*. Documento de Campo No. 2. Proyecto Poscosecha de Cereales y Papa FAO/GCP/EQU/065/NET.
- Van der Zaag. 1981. *Recolección y almacenado de papa*. Instituto Consultivo Holandés sobre la Papa. La Haya, Holanda. 26 p.

SOCIOECONOMÍA

- Aaker, D. y G. Day. 1993. *Investigación de mercados*. Editorial McGraw Hill/Interamericana de México, S.A. México, D.F. 751 p.
- Abbott, J.C. 1987. *Mejora del mercadeo en el mundo en desarrollo*. Servicio de Mercadeo y Crédito de la FAO, Roma, Italia. 251p.
- Alvarado, L. 1991. *Factores que afectan la calidad de papa para procesamiento*. Centro de Investigación de Obonuco. Instituto Colombiano Agrícola, Pasto, Colombia. 244 p.

- Andrade, H. 1997. "Requerimientos cuantitativos para la industrialización de la papa". *Revista INIAP*. (9): 21-23.
- Banco Central del Ecuador. 1998. Departamento de Comercio Exterior. *Datos de importaciones y exportaciones de papa entre 1994-1997*. Quito.
- Creamer, G. 1997. *El Ecuador en el mercado mundial: el regionalismo abierto y la participación del Ecuador en el Grupo Andino, el Tratado de Libre Comercio de Norte América y la Cuenca del Pacífico*. Corporación Editora Nacional. Quito. 191 p.
- Espinosa, P. 1996. *Algunos aspectos sobre el consumo doméstico de papa en Quito, Guayaquil y Cuenca* Informe Anual. 75 p.
- Espinosa, P., y C. Crissman. 1997. *Raíces y tubérculos andinos: Consumo, aceptabilidad y procesamiento*. 1ra. ed. Quito, Ecuador: Centro Internacional de la Papa, Departamento de Ciencias Sociales.
- Espinosa, P., E. Villacrés, C. Bautista, y S. Espín. 1998. *El uso del análisis sensorial para medir la aceptación de clones promisorios de papa*. 1ra ed. Quito, Ecuador: Abya-Yala.
- Herrera, M. 1999. *Estudio del subsector de la papa en el Ecuador*. INIAP-PNRT-Papa. Quito, Ecuador. 140 p.
- IDEA. 1993. *Determinación de la ventaja comparativa de la producción de papa en el Ecuador: implicaciones para la asignación de recursos a la investigación a través de regiones*. Quito. 17p.
- INIAP/PNRT-Papa/Proyecto FORTIPAPA. 1995. *Preferencias de los consumidores rurales y urbanos en cuanto a variedades de papa, según calidad y precios*. Informe anual 1994. 60 p.
- INIAP/PNRT 1996. *Algunos aspectos sobre el consumo doméstico de papa en Quito, Guayaquil y Cuenca* Informe Anual 1995. 75 p.
- MAG-PRSA. 1993. *Situación, perspectivas y alternativas de la papa en Ecuador: 1991-1993*. Quito. p.19.
- Martínez, P. 1995. *Ecuador en la OMC: hacia una política de apoyo a la competitividad agropecuaria*. Edición IICA. Quito. 56 p.
- Montesdeoca, F. 1998. El mercado de la papa para la agroindustria tiene un crecimiento significativo demandando especialización y organización gremial de los productores. Postgrado en Administración de Negocios, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad Internacional S.E.K., Quito, Ecuador.
- Quishpe Sinailin, P. D. 2001. Evaluación económica a través del modelo del excedente económico de los cambios de la tecnología MIPE (Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades) en pequeños productores del Carchi para mejorar la productividad de la papa. Economista, Facultad de Ciencias Económicas, Escuela de Economía, Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Rodríguez, P. 1996. *La papa y el desarrollo económico en Colombia*. CIP, Lima, Perú. 114p.
- Scott, G. et. al (eds.). 1992. *Desarrollo de productos de raíces y tubérculos*. Volumen II-América Latina. Memorias del Taller sobre Procesamiento,

- Comercialización y Utilización de Raíces y Tubérculos en América Latina, 8-12 de abril, 1991. Villa Nueva, Guatemala. CIP. Lima. 173 p.
- Whitaker, M. et. al 1996. *Evaluación de las reformas políticas agrícolas en el Ecuador: estudio síntesis*. Volumen 1. IDEA. Quito. 159 p.
- Zeballos, H. 1997. *Aspectos económicos de la producción de papa en Bolivia*. CIP, Lima, Perú. 178p.
- Espinosa, P. y C. Crissman. 1997. *Raíces y tubérculos andinos: consumo, aceptabilidad y procesamiento*. Ediciones Abya-Yala Quito.
- Watts, B., M Ylimaki y L.E. Jeffery. 1992. *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Ottawa, Canadá.

Publicado por: INIAP y CIP

Derecho de Autor: 016670
ISBN-9978-92-183-4

Impreso en Quito-Ecuador 2002
Tiraje 1000 ejemplares

Esta obra debe citarse así:
Aumbach, M. y S. Sherwood
(eds), 2002. *El Cultivo de la
Papa en Ecuador*. INIAP y CIP,
Quito, Ecuador.

Foto portada: Alejandro Botaguer

INIAP

Estación Experimental Santa
Catalina
Panamá Vieja Sta. Catalina, 18
Telf: 2670-922 / 2670-364
CelBbe: 17-21-1977
E-mail: fpapa@fpapa.org.ec
Quito-Ecuador

CIP

Av. La Universidad 795
Apartado postal 15543, Lima 12,
Perú
E-mail: ci@cipar.org
www.cipar.org/cip
www.cipabito.org



Hace milenios, los agricultores andinos domesticaron la papa (*Solanum tuberosum* L.), que posteriormente se diseminó a todos los continentes. Actualmente, se cultiva en más de 18 millones de hectáreas. Con toda certeza, este cultivo andino ha llegado a ser de gran importancia mundial.

Ecuador es uno de los centros de diversidad genética de especies de papa silvestres y cultivadas. Se conocen más de 5.000 cultivares de papa, de los cuales la gran mayoría ya no se encuentra en el campo y está en vías de extinción.

En el último siglo, en el país, debido en gran parte a la demanda creciente de alimentos en las ciudades, sistemas de producción de papa basados en subsistencia se transformaron a sistemas dependientes de insumos externos y mercados de compra. Sin embargo, preocupados por las consecuencias ecológicas y sociales adversas, los agricultores e investigadores han comenzado a buscar alternativas para lograr un cultivo no solo más productivo sino también sostenible.

El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias y el Centro Internacional de la Papa se dedican a encontrar respuestas a la situación agrícola cambiante del país. *El Cultivo de la Papa en Ecuador* es el producto de dos años de talleres para integrar las experiencias de más de 30 expertos nacionales e internacionales. El texto presenta información actualizada en los diversos aspectos técnicos de este cultivo.

A través de sus capítulos, el libro cubre temas relacionados con la historia de la papa, su botánica, la siembra, el manejo en el campo, la cosecha y la comercialización. *El Cultivo de la Papa en Ecuador* puede ser de interés para productores, técnicos, estudiantes y otras personas preocupadas por el cultivo y la situación alimentaria general del país.

ISBN-9978-92-183-4

