

EL CULTIVO DE LA PAPA EN ECUADOR



Manuel Pumisacho y Stephen Sherwood
Editores



El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) es una institución ecuatoriana encargada de generar, validar y transferir tecnologías apropiadas orientadas al incremento de la producción y la productividad de los sistemas de producción medianos y grandes. Propiada al uso adecuado de los recursos de suelos, hídricos y agroambientales 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 Iturialde, Jorge Gómez, Emma Martínez

Diseño y Diagramación

José Jiménez

Ilustraciones

Luis Zumárraga

Fotografías

CIP e INIAP

PRIMERA EDICIÓN

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

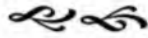
Incluimos al final una bibliografía de los estudios realizados sobre el cultivo en el país. Las fuentes están organizadas de acuerdo con el diseño del libro; se puede encontrar la mayoría de estas referencias en las bibliotecas del INIAP y CIP, en la Estación Experimental Santa Catalina.

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 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.

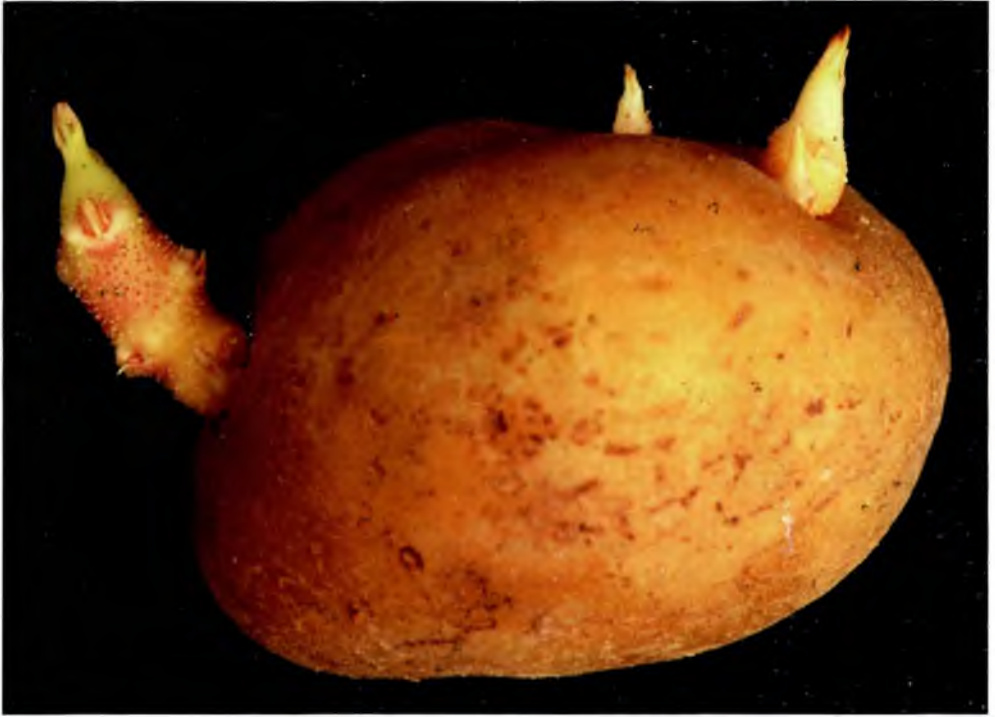
Fisiología y manejo de la papa

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



Tubérculo con brotación múltiple



Tubérculos en diferentes estados fisiológicos

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.

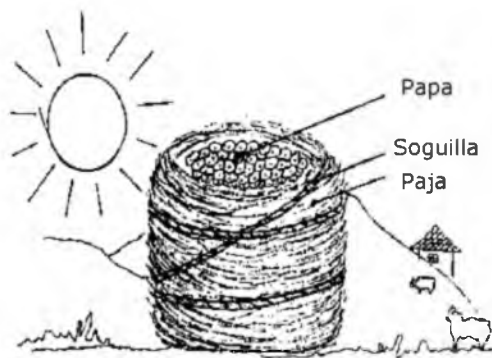
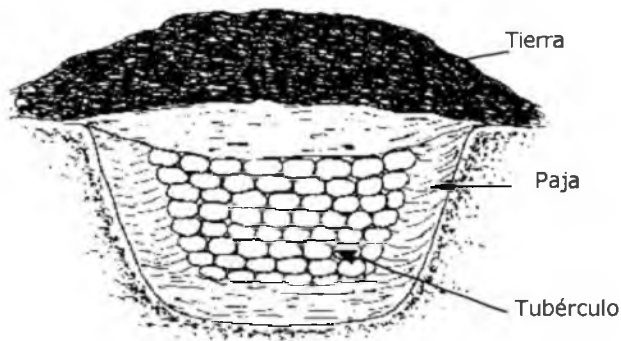
Almacenamiento

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 contruidos 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.



INIAP - Estación Experimental Santa Catalina