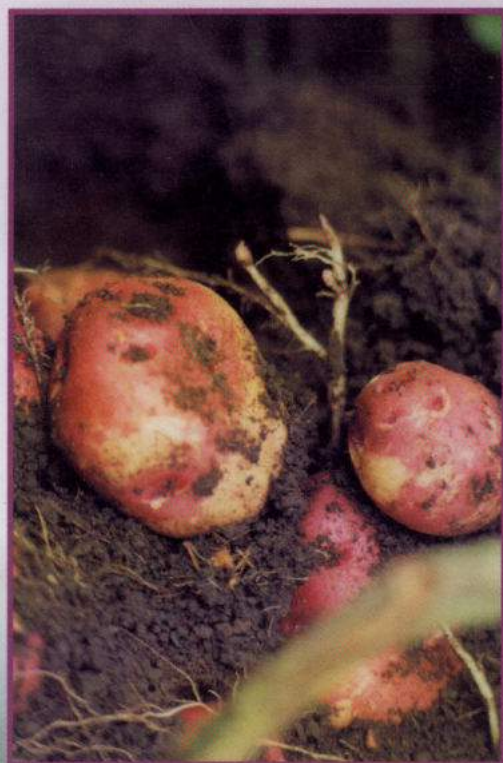




Manejo integrado del cultivo de la papa

MANUAL TÉCNICO



COMPILADORES

**Carlos Alberto Herrera Heredia
Luis Humberto Fierro Guzmán
José Dilmer Moreno Mendoza**



Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

REGIONAL UNO

MANEJO INTEGRADO DEL CULTIVO DE LA PAPA

Manual Técnico

COMPILADORES

*Carlos Alberto Herrera Heredia
Luis Humberto Fierro Guzmán
José Dílmer Moreno Mendoza*

Tibaitatá, noviembre del año 2000

© PUBLICACIÓN CORPOICA

Personal Directivo

DIRECTOR REGIONAL

Carlos Alberto Herrera Heredia

Carlos Alberto Herrera Heredia

Director Regional Uno

AUTORES

José Dilmer Moreno Mendoza
Guillermo Hernando Carvajal Rojas
Carlos Alberto Abaunza González
Luz Mireya Pinzón Perdomo
Baltazar Coronel Ortiz
Raúl Iván Valbuena Benavides
Pedro José Corzo Carrillo
Luis Levi Barrera Barrera
Álvaro Tamayo
Eduardo M. Espitia Malagón
Juan Manuel Arrieta Herrera
José Luis Zapata Pareja
Carmen Yojana Morales
Hugo Reinel García Bernal
Gonzalo Alfredo Rodríguez Borray
Fernando Cardozo Puentes
José del Carmen Carranza Ruiz

Henry Leopoldo Barrero Barrero

*Subdirector Administrativo y Financiero
Regional Uno*

Guillermo Alfredo Paredes Zambrano

Coordinador Planeación Regional Uno

Gustavo Maldonado Ferrucho

Coordinador Programa de Investigación Agrícola

Beatriz Franco López

*Coordinadora Programa Regional
Transferencia de Tecnología*

Guillermo Hernando Carvajal Rojas

Coordinador Programa Sistemas de Producción

Luis Felipe de la Torre Duque

Coordinador Programa de Investigación Pecuaria

Luis Levi Barrera Barrera

Coordinador Creced Hunza Tunja

José Vicente Acuña Villanueva

*Coordinador Creced Valles de Ubaté y
Chiquinquirá*

Rafael Eduardo Aragón Sierra

Coordinador Creced Sugamuxi-Tundama. Duitama

Fabio José Sierra Torres

*Coordinador Creced Provincia de Oriente y Guavió.
Cáqueza*

Luis Carlos Albarracín Calderón

*Coordinador Creced Gualivá y Provincia del
Tequendama. La Mesa*

Pedro César Prada Lucena

*Coordinador Creced Provincia del Sumapaz.
Fusagasugá*

COMPILADORES

Carlos Alberto Herrera Heredia
Luis Humberto Fierro Guzmán
José Dilmer Moreno Mendoza

DIGITALIZACIÓN

Esperanza Barbosa Santana
Ana Lilia Ortiz Cuervo
Wilma Teresa Sánchez Rojas

FOTOGRAFÍAS

De los autores del Manual

TIRAJE

1000 Ejemplares

CONVENIO

CORPOICA -Ministerio de Agricultura y
Desarrollo Rural

PRODUCCIÓN EDITORIAL

Edición, diagramación, armada,
fotomecánica, impresión y encuadernación

 **PRODUMEDIOS**
Productos editoriales y audiovisuales

Tel: 288 5338 Bogotá, DC.

AGRADECIMIENTOS

La Dirección Regional Uno de Corpoica, los compiladores y los autores de este manual expresan su agradecimiento a todas las personas y entidades que hicieron posible su publicación, especialmente al doctor Álvaro Francisco Uribe Calad, por su permanente apoyo al Plan Estratégico de Papa, al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, que por intermedio del Plan Nacional de Semilla y su comité facilitador, aprobó parte de los recursos para su financiación.

A quienes revisaron los artículos y contribuyeron a su mejoramiento: doctores Pedro Porras y Eméramo López de Fedepapa; doctor Luis Humberto Fierro Guzmán, doctora Beatriz Franco, doctor Jorge Luis Alonso del Programa Transferencia de Tecnología de la Regional Uno, doctor Pedro Rodríguez Quijano del Programa Nacional de Transferencia de Tecnología, doctor Aristóbulo López, doctora Alba Marina Cotes del Programa Nacional Manejo Integrado de Plagas, doctor Andrés Laignelet del Programa Nacional Biotecnología Vegetal, doctora Margarita Ramírez, doctora Clemencia Gómez, doctor Guillermo Rondón del Programa Nacional de Recursos Biofísicos, a los profesionales del nivel regional y local, doctor Luis Alberto Peña de la Regional 5, doctora Martha Londoño de la Regional 4 y doctor José Vicente Acuña de la Regional Uno.

Este agradecimiento también se hace extensivo a todas aquellas personas y entidades que trabajaron en forma desinteresada en la elaboración de este manual.

PRESENTACIÓN

Para la Regional Uno de Corpoica (Cundinamarca y Boyacá) constituye un gran logro poner al servicio de profesionales, técnicos y productores este manual sobre su principal sistema de producción: la papa.

Durante más de dos años de participación en el acuerdo de competitividad de este sistema, así como en el Consejo Nacional de la Papa, donde participan los diferentes actores con responsabilidad en el mejoramiento de la competitividad y sostenibilidad de este importante sistema de producción, se detectaron vacíos en la asesoría y la asistencia técnica en este cultivo. Hoy, profesionales, técnicos y productores pueden encontrar en el *Manual técnico para el manejo integrado del cultivo de la papa*, soluciones a muchos de sus problemas. En él se tratan temas relacionados con aspectos agroecológicos y ecofisiológicos de este cultivo, y se sientan las bases para su ubicación, crecimiento y desarrollo y sobre los factores que influyen en el mismo. Más allá de generalizar prácticas, este manual rescata el manejo del cultivo a nivel regional.

El manual presenta una descripción muy completa de las principales variedades de papa en Colombia, y se complementa con los sistemas de producción de semilla, contribuyendo así a los objetivos del Plan Nacional de Semilla. Especial atención se le da al tema establecimiento y manejo integrado del cultivo, especialmente en lo que se refiere a plagas, malezas y enfermedades, buscando establecer y consolidar una cultura más preventiva que curativa.

El manual también profundiza en los temas de cosecha y poscosecha, con estudios recientes de pérdidas y almacenamiento del tubérculo.

El documento también cuenta con un capítulo sobre orientaciones metodológicas para el análisis económico del cultivo, en el cual, además de presentar tablas sobre costeo, señala la metodología para construir las



y hace un resumen de algunas alternativas para mejorar la rentabilidad de este sistema de producción.

Finalmente, es importante resaltar cómo la puesta en marcha del Plan de Investigación para Aumentar la Sostenibilidad y Competitividad de los Sistemas de Producción de Papa en Colombia, facilitó esta publicación al articular los profesionales de los diferentes niveles corporativos: nacional, regional y local, con los de otras entidades relacionadas con este cultivo.

Estoy convencido de que este manual contribuirá a lograr los objetivos y metas propuestas en el Programa de Oferta Agropecuaria, PROAGRO, que orienta el doctor Rodrigo Villalba Mosquera, ministro de Agricultura y Desarrollo Rural, así como las que se han aprobado en los acuerdos de competitividad sectorial y el exportador de la papa orientados desde la Presidencia de la República.

Carlos Alberto Herrera Heredia
Director Regional Uno - Corpoica

CONTENIDO

Aspectos generales del cultivo de la papa y sus sistemas de producción en Colombia	19
INTRODUCCIÓN	19
ASPECTOS GENERALES DEL CULTIVO DE LA PAPA	20
Usos	20
Zonas de producción	20
Recursos para la producción	21
Costos de producción	23
Relación precio unitario/costo unitario	23
El productor	24
Comercialización	25
CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	25
Región de Cundinamarca y Boyacá	26
Región de Nariño	33
Región de Antioquia	35
PROBLEMÁTICA	38
BIBLIOGRAFÍA	38
Aspectos ecofisiológicos básicos sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de la papa	39
INTRODUCCIÓN	39
CRECIMIENTO	40
Análisis de crecimiento	40
DESARROLLO	41
Etapas fenológicas	42
FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA PAPA	46
BIBLIOGRAFÍA	50
Variedades de papa cultivadas en Colombia	51
INTRODUCCIÓN	51
PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIEDADES MÁS SEMBRADAS EN COLOMBIA	51
Variedades mejoradas	51
Variedades nativas o regionales	61



PRINCIPALES ZONAS DONDE SE CULTIVAN LAS VARIEDADES	
DE PAPA EN COLOMBIA	66
CUNDINAMARCA Y BOYACÁ	66
NARIÑO	66
ANTIOQUIA	68
SANTANDERES	68
OTRAS REGIONES	68
VARIEDADES PARA PROCESAMIENTO	69
Diacol Capiro	69
ICA Única	69
Diacol Monserrate	69
ICA Zipa	69
RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFÍA	71
Semilla de papa	72
MÉTODOS PARA LA SELECCIÓN DE SEMILLA DE PAPA EN CAMPO	72
SELECCIÓN MASAL	72
SELECCIÓN CLONAL	74
Procedimiento	74
MÉTODO DE MULTIPLICACIÓN DE SEMILLA DE PAPA	76
Uso de Brotes	76
Siembra de brotes en el campo	77
Manejo del cultivo	77
PRODUCCIÓN DE SEMILLA CERTIFICADA DE PAPA POR MÉTODO	
BIOTECNOLÓGICO	78
Obtención de plántulas por cultivo de meristemos	78
Siembra de plántulas	78
Obtención de esquejes	78
Enraizamiento	79
Siembra de esquejes	79
Cosecha de tuberculillos	79
Siembra de tuberculillos en campo para la producción de semilla básica	79
MANEJO DEL CULTIVO	80
Selección y preparación del lote	80
Cosecha y clasificación	81
MANEJO POSCOSECHA	81
Clasificación	82
Tratamiento de semilla	82
Almacenamiento de semilla	82
CATEGORÍAS DE SEMILLA	83
CARACTERÍSTICAS DE UNA BUENA SEMILLA	84
VENTAJAS Y BENEFICIOS DEL USO DE UNA SEMILLA DE ALTA CALIDAD	84
BIBLIOGRAFÍA CITADA	85
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	85

Establecimiento del cultivo	87
INTRODUCCIÓN	87
SELECCIÓN DEL LOTE	87
PREPARACIÓN DEL SUELO PARA LA SIEMBRA	88
SURCADO, SIEMBRA Y DISTANCIAS RECOMENDADAS	89
REQUERIMIENTO DE SEMILLA	91
FERTILIZACIÓN DE LA PAPA	93
ASPECTOS GENERALES DE MANEJO DE SUELOS	93
ACIDEZ Y ENCALAMIENTO DE LOS SUELOS PAPEROS	93
SISTEMA RADICAL DE LA PAPA Y SU RELACIÓN CON LA FERTILIZACIÓN	95
NUTRIENTES ESENCIALES PARA EL CULTIVO DE LA PAPA	96
EL NITRÓGENO Y SU MANEJO	96
EL FÓSFORO Y SU MANEJO	97
EL POTASIO Y SU MANEJO	99
LOS ELEMENTOS SECUNDARIOS Y SU MANEJO	100
LOS MICRONUTRIENTES Y SU MANEJO	101
REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA PAPA	103
LA RECOMENDACIÓN DE FERTILIZANTES	104
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA Y RECOMENDADA	109
Manejo integrado de plagas	111
INTRODUCCIÓN	111
POLILLA GUATEMALTECA	112
GUSANO BLANCO	117
CHISAS	122
BIBLIOGRAFÍA	128
Manejo integrado de las enfermedades de la papa	130
ENFERMEDADES MÁS COMUNES DE LA PAPA EN NUESTRO MEDIO	130
ENFERMEDADES CAUSADAS POR BACTERIAS	130
Pudrición Blanda	130
Moco o Dormidera	131
Sarna común	133
ENFERMEDADES CAUSADAS POR HONGOS	134
Enfermedades de la raíz	134
Floña	134
Torbo, martaja, tocineta o macana	134
Costra negra o rizoctoniasis	135
Verticiliosis o marchitez por Verticillium	135
Enfermedades del follaje o de las hojas	136
Gota, gotera, rancha o lancha	136
Tizón temprano o mancha negra de la hoja	137
Cenicilla, Oidiosis	137
ENFERMEDADES OCASIONADAS POR VIRUS	138
Enrollamiento, enrollado	138



Mosaico rugoso	138
Mosaico latente o mosaico suave	139
Amarillamiento de venas de la papa	139
BIBLIOGRAFÍA	141

Manejo integrado de malezas en el cultivo de la papa 142

INTRODUCCIÓN	142
IMPORTANCIA BIOLÓGICA Y ECONÓMICA DE LAS MALEZAS	143
Clasificación y características sobresalientes de las malezas	143
Impacto de las malezas en el medio agrícola	144
RELACIÓN DE COMPETENCIA ENTRE LAS MALEZAS Y LA PAPA	145
Factores que afectan a la competencia	146
Factores que regulan el tamaño de las poblaciones de malezas	147
Malezas frecuentes en papa	147
ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL DE MALEZAS EN PAPA	149
Planificación y ejecución de programas de manejo de malezas	150
Prácticas agronómicas que inciden en la dinámica de poblaciones y el manejo de malezas en papa	151
BIBLIOGRAFÍA	158

Análisis de las pérdidas de papa durante la cosecha 160

INTRODUCCIÓN	160
ANTECEDENTES	160
ANÁLISIS DE LAS PÉRDIDAS DURANTE LA COSECHA	161
Identificación y cuantificación de los daños de papa	163
RESULTADOS DEL ESTUDIO	164
CONCLUSIONES	168
RECOMENDACIONES	168
BIBLIOGRAFÍA	169

Almacenamiento de papa para consumo directo e industrial ... 170

INTRODUCCIÓN	170
ASPECTOS TÉCNICOS DEL ALMACENAMIENTO	171
Fisiología de la papa en poscosecha	171
Condiciones de la papa que se va a almacenar	173
Condiciones ambientales del almacén	173
TIPOS DE ALMACENAMIENTO	174
Silos con ventilación natural	174
Silos con ventilación forzada	175
Bodegas refrigeradas	177
CONSIDERACIONES FINALES	177
BIBLIOGRAFÍA	178

Orientaciones metodológicas para el análisis económico del cultivo de la papa	180
INTRODUCCIÓN	180
ASPECTOS METODOLÓGICOS PARA EL ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CULTIVO DE LA PAPA	180
CONCEPTOS BÁSICOS PARA EL ANÁLISIS ECONÓMICO	181
COSTOS DE PRODUCCIÓN Y COSTOS DE TRANSACCIÓN	182
COSTOS DE PRODUCCIÓN Y COSTOS DE OPORTUNIDAD	182
Costo de oportunidad de la mano de obra	182
Costo de oportunidad del capital	183
Costo de oportunidad de la tierra	183
ANÁLISIS DE PRECIOS	183
Análisis de tendencia, variaciones estacionales y variaciones cíclicas	184
ESQUEMA PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN DE COSTOS	184
ESTRUCTURAS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN	186
Análisis de la estructura costos de producción de papa para consumo	188
Análisis de la estructura de costos de producción de semilla certificada de papa	188
PRECIOS DE LA PAPA	191
ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE LA PAPA	191
Indicadores financieros	191
Ejemplo ilustrativo	193
ALTERNATIVAS PARA MEJORAR RENTABILIDAD DE LA PAPA	194
BIBLIOGRAFÍA	195

TABLAS

Aspectos generales del cultivo de la papa y sus sistemas de producción en Colombia

Tabla 1. Superficie de papa cosechada durante las tres últimas décadas	20
Tabla 2. Superficie, producción y rendimientos del cultivo de la papa por departamento entre los años 1987 a 1999	23
Tabla 3. Participación regional (%) en el área y la producción nacional de papa y rendimientos medios alcanzados para el período 1987-1999	22
Tabla 4. Clasificación de los productores de papa por capacidad productiva	25
Tabla 5. Características sobresalientes de los sistemas de producción de papa en las tres regiones productoras más importantes de Colombia	26
Tabla 6. Problemática del cultivo de la papa por áreas temáticas en Colombia. Año 2000	36

Aspectos ecofisiológicos básicos sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de la papa

Tabla 1. Estados fenológicos de desarrollo para cuatro variedades de papa	44
---	----

Variedades de papa cultivadas en Colombia

Tabla 1. Características de las variedades más sembradas en Colombia (resumen)	63
Tabla 2. Variedades de papa cultivadas en Colombia de acuerdo con las zonas agroecológicas de cultivo	67

Establecimiento del cultivo

Tabla 1. Cantidad de semilla en función de la distancia de siembra y el tamaño de la semilla (peso promedio de 40 gramos por tubérculo)	92
Tabla 2. Cantidad de semilla en función de la distancia de siembra y el tamaño de la semilla (peso promedio de 80 gramos por tubérculo)	92
Tabla 3. Cantidad de semilla en función de la distancia de siembra y el tamaño de la semilla (peso promedio de 120 gramos por tubérculo)	92
Tabla 4. Principales materiales de encalamiento y su poder de neutralización de la acidez	94
Tabla 5. Fuentes de azufre más comunes	100



Tabla 6. Niveles críticos generales de micronutrientes en el suelo para el cultivo de la papa	103
Tabla 7. Cantidades de nutrientes removidos por el cultivo de la papa	102
Tabla 8. Guía general para la fertilización de la papa en el departamento de Antioquia	107
Tabla 9. Recomendaciones de fertilizantes en el cultivo de papa, en el departamento de Nariño con base en análisis de suelos. Quinta aproximación (1992)	109
Tabla 10. Recomendaciones de nutrientes para el cultivo de papa en el altiplano cundiboyacense y otras regiones de Colombia. Recomendaciones de nutrientes, Quinta aproximación (ICA 1992)	109

Manejo integrado de plagas

Tabla 1. Duración en días del ciclo de vida de la polilla guatemalteca <i>Tecia solanivora</i> Povolny, en condiciones de laboratorio	112
Tabla 2. Duración en días del ciclo de vida del gusano blanco <i>Premnotrypes vorax</i> (Hustache), en diferentes localidades de Colombia	118
Tabla 3. Duración en días del ciclo de vida de <i>Ancognata scarabeoides</i> y <i>Phyllophaga obsoleta</i> Blanchard, en condiciones de laboratorio	122

Manejo integrado de malezas en el cultivo de la papa

Tabla 1. Malezas de mayor frecuencia en cultivos de papa y sus características	148
Tabla 2. Principales herbicidas utilizados en papa. Dosis y épocas de aplicación	158

Análisis de las pérdidas de papa durante la cosecha

Tabla 1. Municipios muestreados	163
Tabla 2. Clasificación y cuantificación de las pérdidas de las tres variedades	164
Tabla 3. Cuantificación de daños y pérdidas durante la cosecha de papa Criolla, Capiro y Parda Pastusa	167

Orientaciones metodológicas para el análisis económico del cultivo de la papa

Tabla 1. Modelo de estructura de costos del sistema de producción de papa. 1999	187
Tabla 2. Estructura de costos de producción y rentabilidad del sistema comercial de papa. Septiembre 1999	189
Tabla 3. Participación porcentual de los diferentes componentes de costos de producción por ha de semilla certificada de papa por departamento. 2000	191
Tabla 4. Precios mayoristas mensuales de la papa en Corabastos. Bogotá. Colombia	193
Tabla 5. Rentabilidad del sistema de producción de papa	192

GRÁFICAS Y FIGURAS

Aspectos generales del cultivo de la papa y sus sistemas de producción en Colombia

Figura 1. Distribución porcentual de la producción por departamento. 1987-1999.	21
Figura 2. Subregión de los Departamentos de Cundinamarca y Boyáca.	26
Figura 3. Subregión del Departamento de Nariño.	33

Aspectos ecofisiológicos básicos sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de la papa

Figura 1. Estados fenológicos: a. Brotación del tubérculo; b. Brotación a nivel del suelo; c. Estolonización; d. Floración; e. Tuberización; f. Fructificación y g. Senescencia.	45
---	----

Variedades de papa cultivadas en Colombia

Figura 1. Parda pastusa: a. Flores y b. Hojas.	52
Figura 2. Diacol Capiro: a. Flores, b. Folíolo, c. Planta y d. Tubérculos.	53
Figura 3. ICA Nariño: a. Flores, b. Planta, c. Folíolo y d. Tubérculos.	54
Figura 4. Diacol Monserrate: a. Flores, b. Planta, c. Folíolo y d. Tubérculos.	55
Figura 5. - ICA Morita: a. Flores y b. Planta.	56
Figura 6. ICA Morita: a. Tubérculos y b. Folíolos.	57

Semilla de papa

Figura 1. Selección masal.	73
Figura 2. Selección clonal.	75
Figura 3. Uso de brotes.	76
Figura 4. Producción de semilla certificada de papa por método biotecnológico.	80

Establecimiento del cultivo

Figura 1. El arado de discos voltear el suelo. Puede aflorar el subsuelo.	90
Figura 2. El rotovator pulveriza el suelo.	90
Figura 3. Fertilizantes simples en banda al fondo del surco. Al fondo siembra tubérculos-semilla.	91
Figura 4. Sistema radical de parda pastusa al momento del aporque con estolones y tubérculos en formación. Arriba superficie superior del caballón.	95



Figura 5. primer plano pobre desarrollo por deficiencia de P; al fondo se aplicó una dosis media de P.	98
Figura 6. Clorosis intervenal por deficiencia de Mg en un suelo orgánico.	101
Figura 7. Quebradura de tallos por deficiencia de B.	102
Figura 8. Fitotoxicidad de B por aplicación de una alta concentración.	102

Manejo integrado de plagas

Figura 1. Ciclo biológico de la polilla guatemalteca: a. Huevos, b. Larvas, c. Pupas y d. Adultos.	112
Figura 2. Daño de la polilla guatemalteca.	114
Figura 3. a. Cajuelas de madera y b. Silo rústico con luz difusa para almacenamiento de papa para semilla.	115
Figura 4. Trampa con feromona para capturar adultos de <i>Tecia solanivora</i>	116
Figura 5. Ciclo biológico del gusano blanco: a. Huevos, b. Larvas, c. Pupas y d. Adultos.	118
Figura 6. Adulto alimentándose de la hoja, la cual presenta el daño característico con forma de semiluna.	118
Figura 7. Daño causado por gusano blanco.	119
Figura 8. Trampa de paso para la captura de adultos de gusano blanco.	121
Figura 9. Características del ráster y de la abertura anal, útiles en la identificación de géneros en larvas de chisa en el campo.	122
Figura 10. Escala para evaluar el daño de la chisa.	124
Figura 11. Crecimiento de <i>Metarhizium anisopliae</i> sobre "chisa" en condiciones naturales.	126
Figura 12. Crecimiento de <i>Bacillus popilliae</i> (enfermedad lechosa) sobre "chisa" en condiciones naturales.	126
Figura 13. Nemátodos y parasitoides, enemigos naturales de la "chisa".	127
Figura 14. Crecimiento de <i>Beauveria bassiana</i> sobre adulto de "chisa".	127

Manejo integrado de las enfermedades de la papa

Figura 1. Planta y tubérculo afectado por el Moco.	132
Figura 2. Flujo bacterial.	132
Figura 3. Síntomas de gota en el follaje.	136
Figura 4. Síntomas de amarillamiento de venas de la papa.	140

Manejo integrado de malezas en el cultivo de la papa

Figura 1. Ciclo esquemático de una población de malezas anuales.	144
Figura 2. Cultivo con alta competencia de malezas en épocas tempranas.	147
Figura 3. Época crítica de competencia de malezas en papa.	147
Figura 4. Cultivo de papa con franjas de especies arvenses, las cuales pueden servir de trampas o focos de infestación de insectos plagas.	152
Figura 5. Desyerbas oportunas en el manejo de malezas.	152
Figura 6. Desyerba y aporque mecánico de malezas en el cultivo de la papa.	154
Figura 7. Cultivo de papa listo para la cosecha y con altas poblaciones de malezas.	155
Figura 8. Cosecha de papa en lotes libres de malezas.	155

Figura 9. Estado del cultivo aplicación de 60 días de herbicidas en preemergencia, con su aporque definitivo. 157

Análisis de las pérdidas de papa durante la cosecha

Figura 1. Municipios seleccionados para el muestreo. 162
Figura 2. Distribución aproximada de las áreas de muestreo en un lote. 163
Figura 3. Causantes de daño por plagas: a. Chisa y b. Trozador. 164
Figura 4. Causantes de daño mecánico: a. Azadones y b. Máquina cosechadora. 165

Orientaciones metodológicas para el análisis económico del cultivo de la papa

Figura 1. Secuencia de las actividades de toma y análisis de información. 185

BIBLIOTECA ASTOR LENOX TILDEN
DE COLOMBIA

Aspectos generales del cultivo de la papa y sus sistemas de producción en Colombia

Guillermo Hernando Carvajal Rojas¹
Carlos Alberto Abaunza González²
Baltazar Coronel Ortíz³
Luz Mireya Pinzón Perdomo⁴

INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se pretende dar una visión muy general sobre la situación de la producción de este cultivo en el país y sobre las principales características de los sistemas de producción en las tres principales subregiones del país. Se basa en una revisión de documentos intra y extrainstitucionales; dentro de los primeros se destacan los producidos como resultado de diferentes ejercicios de caracterización de las Regionales de CORPOICA y, por supuesto, del *Plan de investigación para aumentar la sostenibilidad y competitividad de los sistemas de producción de papa en Colombia*; de los segundos, cabe destacar los documentos *Competitividad de la producción de papa* (1995) y *Acuerdo marco de competitividad de la cadena agroalimentaria de la papa*, ambos producidos por el IICA y el Ministerio de Agricultura.

Así mismo, esta sección se constituyó en un esfuerzo de diferentes profesionales y técnicos de las Regionales, quienes procuraron actualizar hasta donde fue posible la información aquí presentada. Sin lugar a dudas, lo que se presenta a continuación es una síntesis de los datos disponibles en el marco de los propósitos del manual; información adicional puede ser consultada en las diferentes Regionales de CORPOICA.

1 Estadístico, Coordinador Programa Regional Sistemas de Producción. CORPOICA. C.I. Tibaitatá.
2 Agrólogo, Programa Regional Sistemas de Producción. CORPOICA. C.I. Tibaitatá.
3 Auxiliar de Técnico. Creced Bacatá.
4 Economista, Programa Regional de Sistemas de Producción. CORPOICA. C.I. Tibaitatá.
5 El capítulo es producto de la compilación de varios estudios.
Coautores: José Luis Zapata. C.I. La Selva, Regional 4. Antioquia; Luis Alberto Peña. C.I. Obonuco, Regional 5, Pasto; Bayardo Yepes. C.I. Obonuco, Regional 5. Pasto.



ASPECTOS GENERALES DEL CULTIVO DE LA PAPA

El cultivo de la papa se destaca en la actividad agropecuaria nacional por los aspectos directamente relacionados con su explotación y por la variada cantidad de actividades que se generan en torno a este producto. En forma indirecta, es un gran promotor de otros sectores de la economía como el transporte, la industria procesadora de derivados de la papa, las firmas productoras y distribuidoras de agroquímicos, la producción de empaques, el estímulo de actividades que incrementan valor al producto como lavado y selección, y otras actividades conexas.

Para el año 1999, de 1'576.325 hectáreas ocupadas en cultivos transitorios, al cultivo de la papa le correspondió el 10.7%. Está ubicado principalmente en la zona fría andina, y es el eje de la mayoría de sus sistemas de producción. En las tres últimas décadas, la superficie de papa respecto a cultivos transitorios ha tenido un ligero aumento (Tabla 1).

Alrededor de 90 mil familias se encuentran vinculadas con la explotación directa de este cultivo, mientras que la demanda por jornales puede ascender a unos 20 millones al año. Es uno de los cultivos de mayor demanda de agroquímicos en el país, con un alto requerimiento de servicios de transporte para el producto y sus insumos, y con gran incidencia de su precio sobre el índice de inflación.

Usos

La papa es un producto de consumo masivo para la población colombiana, especialmente en la dieta de los estratos de menores ingresos. En general se ha estimado que el consumo de papa en el país se encuentra hoy alrededor de los 71 kg/persona/año. Su producción total disponible se destina básicamente a dos usos: el consumo en fresco (80 a 92%) y la industria.

Los estudios sobre la evolución del cultivo en el país señalan como promotores del incremento de las áreas sembradas, el aumento de la demanda de la industria por materia prima para la elaboración de formas procesadas, dado el creciente uso de productos precocidos y otras formas elaboradas y el cambio en los hábitos de consumo de la población.

La revista *Papa* (1995), menciona la existencia de 30 plantas procesadoras en el país, las cuales han aumentado su capacidad, mientras se sabe de otras emergentes a nivel doméstico, motivadas por el estímulo de una demanda en constante crecimiento.

Zonas de producción

Las zonas productoras en Colombia se encuentran distribuidas en 14 departamentos, entre los cuales se destacan Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia, cuyos aportes suman alrededor de

Tabla 1. Superficie de papa cosechada durante las tres últimas décadas

Década	Superficie papa (Ha/década)	Variación respecto a la década anterior (%)	Superficie transitorios (Ha/década)	Relación papa a transitorios (%)
70	1.110.000		18.375.000	6,0
80	1.581.800	42,5	20.036.749	7,9
90	1.680.604	6,2	19.175.019	8,9

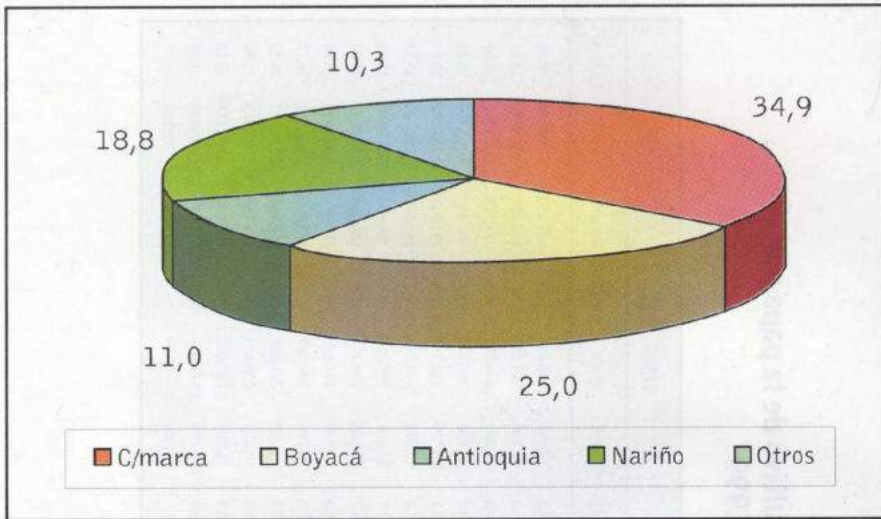


Figura 1. Distribución porcentual de la producción por departamento. 1987-1999.

90% de la producción nacional anual (Figura 1). El 10% restante se produce en forma dispersa en los Santanderes, Tolima, Viejo Caldas y algunas zonas del Valle del Cauca, el Putumayo y el Huila.

Durante el período de 1984 a 1999 la mayor área cultivada estaba en los departamentos de Cundinamarca (34.1%), Boyacá (24.7%), Nariño (19.1%) y Antioquia (11.1%) (Tabla 2). Si bien la tendencia observada para la producción está estrechamente relacionada con el comportamiento de las áreas, los mejores rendimientos logrados han conducido a mayores volúmenes de producción en Antioquia, Cundinamarca y Nariño, en comparación con Boyacá, donde se nota una reducción de los rendimientos.

Las posibles causas que han afectado los rendimientos y la producción en Boyacá, de acuerdo con Rodríguez (1996), son la mayor incidencia de problemas fitosanitarios y la degradación del suelo por el uso de prácticas de cultivo poco adecuadas y la poca variabilidad en el área dedicada a la siembra de papa.

De acuerdo con las estadísticas presentadas, las diferencias socioculturales de las regiones y en concordancia con el documento de competitividad de la papa (1995), para el presente capítulo se ha organizado el análisis considerando las tres principales regiones productoras de papa de Colombia: Cundinamarca y Boyacá, Antioquia y Nariño.

La subregión más importante por área y producción corresponde a Cundinamarca y Boyacá, con alrededor de 60% del total nacional. Le sigue en importancia la subregión conformada por los departamentos de Cauca, Nariño y Valle del Cauca, seguidos por Antioquia y Chocó y finalmente Norte de Santander y Santander. Sin embargo, por rendimiento la lista está encabezada por Antioquia y Chocó (Tabla 3).

Recursos para la producción

Los recursos capital, tierra y mano de obra muestran serias limitaciones de cantidad, calidad, oportunidad y sostenibilidad, situación ésta que se agrava ante la limitada capacidad de gestión de un muy alto porcentaje de cultivadores de papa.



Tabla 2. Superficie, producción y rendimientos del cultivo de la papa por departamento entre los años 1987 a 1999

AÑO	CUNDINAMARCA			BOYACÁ			NARIÑO			ANTIOQUIA			OTROS			TOTAL			
	Superficie	Producc.	Rendim.	Superf.	Producc.	Rendim.	Superf.	Producc.	Rendim.	Superf.	Producc.	Rendim.	Superf.	Producc.	Rendim.	Superf.	Producc.	Rendim.	
1987	53,500	771,765	14.4	40,800	540,880	13.3	29,000	435,000	15.0	16,400	264,120	16.1	17,550	230,840	13.2	157,250	2,242,605	14.26	
1988	59,900	935,300	15.6	41,700	568,700	13.6	31,500	476,300	15.1	16,900	278,400	16.5	20,100	261,100	13.0	170,100	2,519,800	14.81	
1989	60,400	970,900	16.1	37,500	535,400	14.3	34,500	549,500	15.9	18,600	314,600	16.9	21,500	326,300	15.2	172,500	2,696,700	15.63	
1990	54,400	855,700	15.7	37,800	491,000	13.0	26,400	447,000	16.9	18,600	310,100	16.7	24,150	340,600	14.9	161,350	2,464,400	15.27	
1991	49,230	795,725	16.2	43,790	610,800	13.9	23,640	409,738	17.3	14,183	241,718	17.0	20,570	313,967	15.3	151,413	2,371,948	15.67	
1992	45,342	796,586	17.6	44,698	586,586	13.1	24,068	393,656	16.4	14,582	230,177	15.8	17,878	274,395	15.3	146,568	2,281,400	15.57	
1993	49,956	787,529	15.8	55,310	771,156	13.9	42,395	709,641	16.7	17,268	301,175	17.4	20,151	290,807	14.4	185,080	2,866,328	15.45	
1994	50,540	806,689	16.0	46,461	694,257	14.9	45,769	802,273	17.5	20,440	341,211	16.7	21,188	294,201	13.9	184,398	2,938,631	15.94	
1995	59,201	1,026,407	17.3	52,760	815,892	15.5	29,376	465,505	15.8	19,181	336,497	17.5	17,964	247,638	13.8	178,482	2,891,939	16.20	
1996	57,270	981,895	17.1	54,793	832,606	15.2	27,546	439,500	16.0	17,346	304,839	17.6	16,748	242,187	14.5	173,703	2,801,027	16.13	
1997	61,683	1,126,225	18.3	47,287	711,745	15.1	27,319	407,392	14.9	15,826	270,528	17.1	9,942	201,107	13.7	166,765	2,771,997	16.30	
1998	61,459	1,014,824	16.5	45,220	663,665	14.7	27,531	403,827	14.7	15,940	256,293	16.1	14,610	208,604	14.3	164,760	2,547,213	15.46	
1999	62,559	1,019,738	16.3	44,015	676,054	15.4	28,606	433,279	15.1	16,725	307,525	18.4	16,183	269,090	16.6	168,088	2,705,413	16.10	
TOTAL	725,440	11,889,283	16.4	592,134	8,498,741	14.4	397,650	6,372,631	16.0	221,991	3,756,910	16.9	238,134	3,520,836	14.8	2,175,349	34,038,401	15.6	
PARTICIPAC.	33.02	34.93		27.31	24.97		18.39	18.72		10.23	11.04		11.06	10.34				100.00	

Tabla 3. Participación regional (%) en el área y la producción nacional de papa y rendimientos medios alcanzados para el período 1987-1999

Regional	Departamentos	Producción	Área	Rendimiento
Uno	Cundinamarca y Boyacá	59.9	60.4	15,3
Cinco	Nariño y Cauca	20.8	20.2	16,8
Cuatro	Antioquia	11.0	10.2	16,1
Siete	Santander y Norte de Santander	4.6	4.6	17,9
Nueve	Caldas, Risaralda y Quindío	2.1	2.6	12
Seís	Huila y Tolima	1.1	1.4	12,4
Base del cálculo		34,038,401 ton	2,180,456ha	

Fuente: Programa Regional Sistemas de Producción y Revista *Fedepapa*. 1998.

La capacidad financiera de los productores es muy limitada, especialmente de los medianos y pequeños, y la posibilidad de acceder a recursos de crédito está condicionada por la importancia del cultivo de papa en su sistema de producción, la disponibilidad de recursos propios, las condiciones del mercado de capitales, las posibilidades de acceso a alternativas financieras extrabancarias y a las expectativas de precios de la papa en el mercado (Rodríguez, 1995).

En consecuencia, el acceso de los productores a recursos de crédito los limitan cada vez más, lo cual se refleja en la reducción del área financiada para el cultivo de la papa. Para inicios de 1975 se sembraban con utilización de crédito aproximadamente 45 mil hectáreas, en tanto que para el primer semestre de 1993, esta cifra no alcanza las 30 mil hectáreas, lo que equivale a una tasa de crecimiento de -0.9% semestral.

Costos de producción

Los costos de producción en papa son diferentes, tanto por zona productora como por tipo de productor. En general, 37% de los costos de producción corresponden al uso de agroquímicos, distribuidos así: fertilizantes 25%, insecticidas 7% y funguicidas 5% (Corpoica, 1998). La mano de obra representa 28% de los costos totales, con la recolección y el control de malezas como las más relevantes.

Para los productores clasificados como pequeños, los costos son menores que el promedio nacional, salvo en el caso de Antioquia, donde posiblemente debido a las condiciones climáticas en su mayor parte marginales para la producción de papa y por la dependencia de adquisición de semilla de zonas distantes, se le incrementan los costos de producción. Los productores medianos se encuentran alrededor del promedio para todo el país y para el caso de las grandes explotaciones, todas superan al costo de referencia, estando relativamente cercanos a este valor los productores de Nariño y Santanderes. Una mayor discusión al respecto se encuentra en un capítulo posterior del presente manual.

Relación precio unitario/costo unitario

Los agricultores pequeños y parte de los medianos toman decisiones de participar en la producción de papa independientemente del precio esperado del tubérculo; ellos siempre dedican parte de su predio para este cultivo y solo lo varían dependiendo de las expectativas del mercado, pero



producen al menos lo suficiente para garantizar el autoconsumo, la utilización de la mano de obra familiar y la semilla reservada de la cosecha anterior (1995).

En condiciones de arrendatarios y grandes productores, el objetivo es optimizar el ingreso neto, valiéndose de su capacidad negociadora, los vínculos directos con los mayoristas, la disponibilidad de información de servicios de crédito, la tecnología y el comportamiento de precios (Rodríguez, 1985 Rodríguez, 1986, Fedepapa, 1981, citados por Rodríguez, 1995).

El cálculo de la relación precio unitario/costo unitario permite disponer de elementos para conocer la rentabilidad económica de la producción de papa. En promedio, para todo tipo de productor la rentabilidad ha tenido valores negativos, valores de indiferencia (y otros de alto nivel). Si el análisis anterior se realiza por tipo de productor, la situación es muy similar. La rentabilidad es menor para los productores pequeños que para los medianos y la de éstos es equivalente a la de los grandes (Tabla 4).

El productor

Entre los cultivadores de papa existe diferenciación social y heterogeneidad productiva. Diferentes autores han clasificado los productores de papa teniendo en cuenta criterios tales como cantidad de semilla sembrada, relaciones con el mercado, nivel tecnológico y la extensión cultivada, entre otros.

Esos criterios con frecuencia arrojan como resultado una clasificación en tres grupos: pequeños, medianos y grandes. Sin embargo, independiente del criterio que prime en la clasificación, estos se utilizan en forma complementaria, al momento de caracterizar un tipo de productor en particular.

Por ejemplo, en el estudio adelantado por Franco y Fierro para Cundinamarca y Boyacá, se utilizó como criterio para identificar pequeños productores, la tenencia y el tamaño del predio. Usando estas dos variables se encontró que 82,5% de las fincas explotadas por productores pequeños son propiedad de quienes las explotan, y 70,8% de los predios tienen una extensión inferior a 6 fanegadas.

Tabla 4. Clasificación de los productores de papa por capacidad productiva

Capacidad productiva	Pequeño	Mediano	Grande
Cantidad de productores	91.5%	7.2%	
Tamaño de parcela cultivada	< 3 hectáreas	3 - 10 ha.	> 10 ha.
Forma de producción	Poco tecnificada y las siembras se hacen de acuerdo con las condiciones climáticas.	Algunas posibilidades técnicas, pero también depende del comportamiento climático.	Buenas condiciones técnicas y produce en forma escalonada
Capacidad financiera	Baja	Baja	Suficiente
Agentes que participan en la comercialización.	Acopiadores, transportadores	Productor	
Destino de la producción.	Mercados locales y regionales.	Mercados locales, regionales, mayoristas, exportación, industria	
Capacidad de negociación	Baja		Excelente, (posee información, contactos comerciales), determina las condiciones de compra.

Otros autores han agrupado variables de diverso tipo (económicas, sociales, físicas) para una mejor diferenciación de los productores. Este podría ser el caso del trabajo hecho por Fedepapa, en el que se han clasificado los productores por la capacidad productiva, como se indica en la Tabla 4.

Comercialización

El consumo aparente de papa per cápita alcanza en promedio nacional más o menos 60 kg/hab/año, lo que lo ubica como un producto de suma importancia en la canasta familiar de los colombianos. El consumo en fresco es el mayor destino de la producción.

Se estima que cerca de 14% de la producción nacional de papa se destina al procesamiento para la producción de papa frita, hojuelas, papa a la francesa y otros transformados. Esta demanda tiende a incrementarse en forma significativa, por los cambios en los hábitos de consumo, en los que se aprecia la tendencia a las comidas rápidas. Aproximadamente 25% de la producción en fresco se destina a la exportación a Venezuela.

La comercialización se realiza en gran parte por intermedio del canal productor-acopiadoras-transportadores-mayoristas-minoristas-consumidor y se hace en su mayoría en los mercados locales. Aunque la industria procesadora ha empezado a realizar abastecimiento directo a través de los sistemas de integración vertical dentro de la cadena de producción.

El mercado terminal de Bogotá (Corabastos) y el de Villapinzón constituyen los más importantes puntos de comercialización de papa para la zona productora central (Cundinamarca y Boyacá), y algunos otros departamentos productores (Corpoica, 1999).

En este proceso, los productores pequeños y medianos se encuentran en desventaja debido a múltiples factores, entre los que se destacan su baja capacidad de negociación en el mercado debido a su posición individualista, tanto en la producción como en la comercialización, el desconocimiento de las reglas de juego del mercado de la papa y el ambiente hostil al que se enfrenta al momento de ofrecer su producción. La escasa información y el limitado acceso a la misma y la falta de conocimiento financiero de la actividad productiva por parte del agricultor, son tal vez las circunstancias más limitantes en el proceso de comercialización de este producto.

CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Geográficamente, las unidades de producción donde se encuentran las explotaciones de papa están dispersas en las zonas frías y en menor porcentaje en el páramo bajo de la región andina del país, bajo una variada gama de condiciones biofísicas. En correspondencia con la heterogeneidad ambiental se encuentra una amplia variedad de condiciones sociales y económicas de quienes practican esta actividad, lo cual explica la diversidad de connotaciones en las que se expresan las actividades que realizan los productores, dependiendo de la zona en la que se produce.

Se hizo un estudio que tuvo como base el documento de competitividad del IICA, basado en el grado de tecnificación y tipo de productor; esta información, que fue de consenso, se complementó con ejercicios regionales basados en diferentes metodologías como la anterior, los sondeos y las encuestas. En los casos en que los resultados se organizaron por arreglo de cultivo con eje papa, se intentó generalizar hasta donde fue posible.

Los resultados se presentan para cada una de las regiones productoras de mayor importancia en el país; de acuerdo con el criterio usado, se pueden presentar simultáneamente varios sistemas de producción en el mismo municipio, lo cual hace difícil su representación espacial. Los resultados de la caracterización se relacionan en las Tablas 5 y 6, y se resumen a continuación; fueron obtenidos durante ejercicios de priorización desarrollados por los Creced (Centros Regionales de Capacitación, Extensión y Difusión de Tecnología) en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Nariño.

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA



Región de Cundinamarca y Boyacá

Se consideraron tres tipologías de producción: grandes y medianos productores tecnificados de la Sabana de Bogotá y valles cundiboyacenses; pequeños y medianos productores semitecnificados de zonas altas y de laderas; pequeños productores con tecnología tradicional de zonas de ladera y valles cundiboyacenses (Tabla 5, Figura 2).

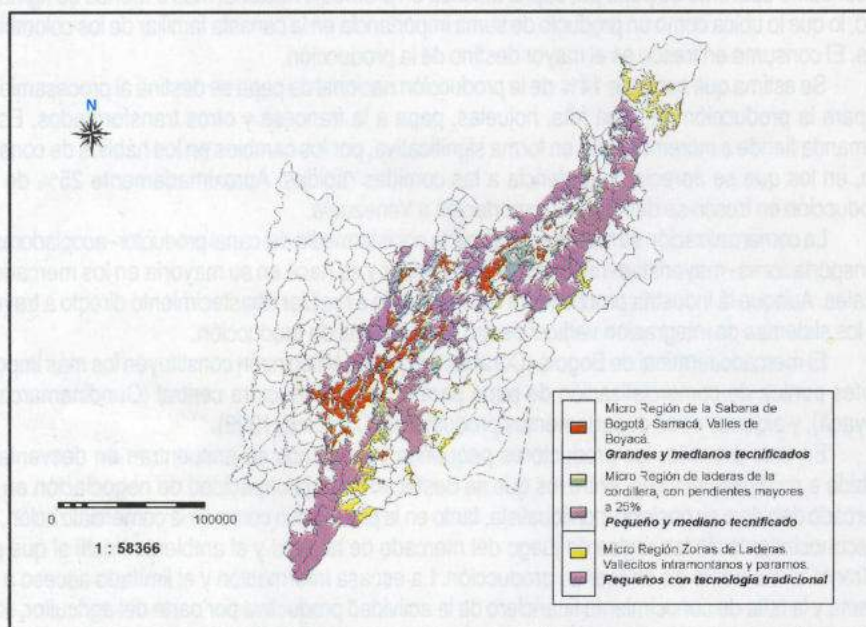


Figura 2. Subregión de los Departamentos de Cundinamarca y Boyacá.

Grandes y medianos productores tecnificados de la Sabana de Bogotá y valles cundiboyacenses

Esta zona se encuentra en los valles de los ríos Bogotá, Samacá y alto Chicamocha, en alturas comprendidas entre los 2500 y 2600 msnm, con una precipitación promedio que oscila entre 700 y 1000 mm al año, que la ubica en la provincia subhúmeda, con tendencia histórica a disminuir.

El promedio anual de temperatura es de 14°C. La humedad relativa máxima diaria alcanza 70 a 100% y la mínima 40% a 80%, excepto en los meses de febrero y marzo, cuando está entre 20 y 70%; los vientos superficiales que vienen del sureste son poco fuertes en abril y mayo, fuertes de junio a septiembre y más fuertes en septiembre.

La mayor parte de esta zona corresponde a paisajes aluviales de origen fluvio lacustre, caracterizadas por relieves de topografía plana a ligeramente ondulada, con suelos derivados de cenizas volcánicas, moderadamente profundos a profundos, bien drenados, ricos en materia orgánica y con pH ácido. En estas zonas la precipitación promedio anual es menor que la evapotranspiración, por lo que hay necesidad de adicionar riego en alguna épocas del año, práctica ésta que es llevada a cabo por 20% de los productores.

Tabla 5. Características sobresalientes de los sistemas de producción de papa en las tres regiones productoras más importantes de Colombia

Cundinamarca			
Sistema - Características	Grande y mediano tecnificado	Pequeño y mediano semitecnificado	Pequeño con tecnología tradicional
Topografía	Plana a ligeramente ondulada	Zonas altas de ladera	Zonas altas de ladera
Altitud	2.500 a 2.600 m.s.n.m.	2.700 a 3.500 msnm	2.800 a 3.000 msnm
Varietades utilizadas	R12 negra, Diacol Capiro, ICA Huila	Principalmente Parda Pastusa	"ICA Huila", tec. tradicional Parda Pastusa, Sabanera, Tuquerreña
Localización cultivos	Sabana de Bogotá, Samacá y valles de Boyacá.	Laderas de las cordilleras, con pendientes superiores a 25%	Zona de laderas, valles páramos
Área sembrada	De 5 a 30 ha o más	De 1 a 5 hectáreas	Menos de 1 ha
Uso de riego	Al rededor de 20% lo usa, especialmente en la Sabana de Bogotá y Samacá.	No usan	No usan
Densidad de siembra	12 a 15 cargas/ha.	12 cargas/ha	8 a 10 cargas/ha
Utiliza sistema de monitoreo de plagas y enfermedades	Pocos agricultores lo usan, no es modal.	No	No
Previene o cura plagas y enfermedades	Principalmente preventivo, excesivo uso de plaguicidas	Preventivo/ curativo	Curativo
Número de cosechas al año	Siembran casi todos los meses, especialmente los que tienen riego	2 cosechas	2 cosechas
Fertilización (cantidad/ha)	1.5 a 2.0 t/ha	2 a 2.5 t/ha	1.5 t/ha
Rendimiento (t/ha)	26 a 30 t/ha	20 a 22 t/ha	15 a 20 t/ha
Mercado interno (nacional)	Corabastos e industria	Corabastos	Mercado municipal
Mercado externo (exportación)	Principalmente para Venezuela, intervienen comerciantes exportadores	No	No

(Sigue...)



Tabla 5. Continuación

Sistema - Características	Grande y mediano tecnificado	Pequeño y mediano semitecnificado	Pequeño con tecnología tradicional
Convenios comerciales	Algunos hacen convenio con industria	No	No
Produce su propia semilla	Sí, multiplica semilla certificada	Intercambia semillas	Dejan del cultivo anterior - intercambian
Uso de semilla certificada	Cada dos a tres cosechas	Esporádicamente	Nunca
Mano de obra (Sistema de contratación)	Bajo la modalidad de contrato	Contrato y jornal	Jornal y mano devuelta
Preparación del terreno (Forma)	Mecanizado	Mecanizado	Mecanizado y bueyes
Asistencia técnica	Particular, semipermanente, en aspectos sanitarios	Particular y estatal esporádicamente	Estatal, esporádicamente
Gestión administrativa	Uso parcial	Parcial	Inexistente
Recursos financieros (Propios o crédito)	Recursos propios y crédito	Recursos propios en sociedad	Recursos propios
Residente o ausentista	Ausentista, delega muchas funciones de campo en un administrador.	Directa y /o contratada	Directa
Nariño			
Topografía	Plana a suavemente onduladas	Áreas onduladas y ladera pendiente media	Zonas altas húmedas y quebrada, valles y paramos
Altitud	2.700 a 2.800 msnm	2.700 a 3.000 msnm	3.000 msnm
Variedades utilizadas	Parda Pastusa, ICA-Nariño	Parda Pastusa	Potosí, Puerres Guachual y Riobobo.
Localización cultivos	Túquerres, Ipiales, Pupiales, Aladana y Pasto.	Además, Sapueyes, Cumbal, Guachuca, Contadero y Guaimatán	30% del total lo cultivan los pequeños agricultores
Área sembrada de 18 a 20 mil/ha	10% del total lo cultivan los grandes	60% del total lo cultivan los medianos	
Uso de riego	No se usa sistema de riego en ningún caso		

(Sigue...)

Tabla 5. Continuación

Sistema - Características	Grande y mediano tecnificado	Pequeño y mediano semitecnificado	Pequeño con tecnología tradicional
Densidad de siembra	15 a 20 cargas/ha	15 a 20 cargas/ha	15 a 20 cargas/ha
Utiliza sistema de monitoreo de plagas y enfermedades	No	NO	NO
Previene o cura plagas y enfermedades	Aplican permanentemente	Aplican permanentemente	Curativo
Número de cosechas al año	Permanentes, aunque hay dos cosechas grandes	Dos	Dos permanentes
Fertilización (cantidad/ha)	3 t/ha.	2 t/ha.	1 - 1.5 t/ha
Rendimiento (t/ha)	30 a 35 t/ha	22-25 t/ha	18 t/ha
Mercado interno (nacional)	60% mercados regionales(Cali, Eje Cafetero, Caquetá, Putumayo)	Mercado local y regional	Mercado local
Mercado externo (exportación)	No	No	No
Convenios comerciales	No existe ningún tipo de convenio	Preventivo - sistema de calendario	Preventivo - sistema de calendario
Produce su propia semilla	Si - intercambio	Si- intercambio	Si- intercambio
Uso de semilla certificada	0.4% utiliza	No	No
Mano de obra (sistema de contratación)	Contratación	Intercambio	Familiar
Preparación del terreno (forma)	Mecanizado	Bueyes	Manual
Asistencia técnica	No	No	No
Gestión administrativa	No	No	No
Recursos financieros (propios o crédito)	Propios	Propios	Propios
Residente o ausentista	Ausentista, delega en un administrador	Residente	Residente

(Sigue...)



Tabla 5. Continuación

Antioquia			
Sistema - Características	Grande y mediano tecnificado	Pequeño y mediano semitecnificado	Pequeño con tecnología tradicional
Topografía	Ligeramente ondulada a ondulada	Ondulado a pendiente	Ondulado a pendiente fuertemente pendiente
Altitud	2.500 a 2.800 msnm	2.500 a 2.800 msnm	2.100 a 2.800 msnm
Varietades utilizadas	Diacol Capiro, ICA Puracé	Diacol Capiro, ICA Nevada	Diacol Capiro, ICA Nevada, Criolla
Localización cultivos	Norte de Antioquia (Sta. Rosa de Osos, San Pedro, Entreríos)	Oriente antioqueño (La Unión, Sonsón), Norte de Antioquia	Oriente caucano, Nordeste, Suroeste antioqueño
Área sembrada	Más de 10 ha	Entre 3 y 10 ha	Menos de 3 ha
Uso de riego	10% en Sta. Rosa de Osos	No utilizado	No utilizado
Densidad de siembra	30 bultos de 50 kg	30 bultos de 50 kg	30 bultos de 50 kg
Utiliza sistema de monitoreo de plagas y enfermedades	Revisan el cultivo periódicamente	Revisan el cultivo periódicamente	Revisan el cultivo periódicamente
Previene o cura plagas y enfermedades	Usa control preventivo, aplicación indiscriminada de pesticidas	Usa control preventivo, aplicación indiscriminada de pesticidas	Usa control preventivo, aplicación indiscriminada de pesticidas
Número de cosechas al año	Siembran todas las semanas del año	Casi siembran cada manguante	Dividen el campo en varios lotes y lo siembran cada que sale una cosecha
Fertilización (cantidad/ha)	1.5 a 2.0 t/ha químico	1.5 t/ha químico	Menos de 1 t/ha químico
Rendimiento (t/ha)	30 a 50 t/ha	25 a 35 t/ha	15 a 25 t/ha
Mercado interno (nacional)	Central mayorista de Antioquia	Central mayorista de Antioquia y centros de acopio	Centros de acopio (cabecera municipal)
Mercado externo (exportación)	No	No	No
Convenio comerciales	Unos pocos tienen convenio con la industria	No	No

(Sigue...)

Tabla 5. Continuación

Sistema - Características	Grande y mediano tecnificado	Pequeño y mediano semitecnificado	Pequeño con tecnología tradicional
Producen su propia semilla	Usa semilla proveniente de certificada	Emplea semilla proveniente de certificada o mejorada	Escoge la semilla del cultivo anterior y compra semilla mejorada
Uso de semilla certificada	La usa rutinariamente	Casi siempre	Cada determinado tiempo cambia la semilla por mejorada
Mano de obra (sistema de contratación)	Aparcería o sociedad	Compañía o sociedad	Mano de obra familiar
Preparación del terreno (forma)	Mecanizado	Mecanizado	Mecanizado o pica y replica con azadón
Asistencia técnica	A veces particular	A veces particular y de las Umata	Solamente Umata
Gestión administrativa	Parcial	Parcial	No
Recursos financieros (propios o crédito)	Propios y crédito	Propios y en sociedad	Propios y en sociedad
Residente o ausentista	Delega funciones al aparcero	Directa	Directa
Otras			



La densidad de siembra es de 12 a 15 cargas/ha, de las variedades R12 negra, Diacol Capiro e ICA-Huila; el origen de la semilla es por multiplicación de semilla certificada y cada dos a tres cosechas se compra semilla certificada.

En cuanto a las labores culturales, la preparación del terreno se hace en forma mecanizada, con fertilizantes entre 1.5 y 2.0 t/ha de NPK 10-30-10, el control de plagas es de tipo preventivo con uso excesivo de plaguicidas y mano de obra bajo la modalidad de contrato, que delega en un administrador muchas de las funciones de campo.

En estas zonas, el uso continuo y en muchos casos excesivo de implementos para las diferentes labores de preparación genera problemas de compactación de los suelos en la base del horizonte A; disminuye la capacidad de retención de humedad en la zona de nutrición radical, favorece la erosión, en la medida que al obstaculizarse el drenaje interno del suelo por la presencia de capas compactadas, se facilita la escorrentía y se aceleran los procesos erosivos.

El destino del producto es Corabastos y algunos productores tienen convenio con la industria y hacia el exterior, principalmente a Venezuela.

Pequeños y medianos productores semitecnificados de zonas altas y de laderas

Esta zona se ubica entre 2800 y 3000 msnm y se caracteriza por un paisaje montañoso de relieve fuertemente quebrado con pendientes dominantes de 25 a 50%. Los suelos son de superficiales a moderadamente profundos, ricos en materia orgánica de baja fertilidad y en una gran extensión derivados de cenizas volcánicas, materiales, que le dan buenas características físicas.

Sus sistemas de producción, que combinan papa y pastos, se encuentran fundamentalmente en los límites del piso térmico frío con el piso térmico muy frío en altitudes superiores a los 2800 msnm. El sistema se caracteriza por la siembra de uno o dos ciclos de papa, seguidos por el establecimiento de pastos naturales, los cuales son utilizados por un período de dos a tres años.

A pesar de tener una pendiente mayor a 25%, la preparación se hace con maquinaria; se usa la variedad Parda Pastusa. Los agricultores producen su propia semilla o la intercambian con los productores de la zona. El uso de la semilla certificada es muy esporádico.

La densidad de siembra no sobrepasa las 12 cargas por ha, con rendimiento de 20 a 22 t/ha y por cada una de las dos cosechas al año. El mercadeo se hace en Corabastos y por lo general no se tienen vínculos con la industria.

En cuanto a la fertilización, se hace con fertilizante químico 10-30-10 (2 a 2.5 t/ha); el control de plagas y enfermedades es preventivo y curativo, la mano de obra utilizada para las diferentes labores se contrata bajo la modalidad de contrato por labor y/o jornal y la administración puede ser directa o contratada.

Pequeños productores con tecnología tradicional de zonas de ladera y valles cundiboyacenses

Se localizan en zonas marginales para la producción de papa, en laderas que se encuentran entre los 2800 y 3500 msnm de la cordillera, en zonas con pendientes superiores a 25%, localmente influenciados por cenizas volcánicas.

La preparación del suelo se hace con maquinaria o con bueyes; se usa las variedades Parda Pastusa, ICA-Huila, Sabanera y Tuquerreña; para la semilla, dejan tubérculos del cultivo anterior o la intercambian. No usan semilla certificada.

La densidad de siembra es de 8 a 10 cargas/ha, con rendimiento de 15 a 20 t/ha y por cada una de las dos cosechas del año. El mercadeo se hace en la plaza del municipio.

En cuanto al sistema de contratación para las labores de fertilización (1.5 t/ha de 10-30-10) y del control curativo, se usa la modalidad de jornal y mano devuelta; la administración es directa y utiliza sus propios recursos.

Región de Nariño

Se consideraron tres tipologías de producción, que representan más de 80% del departamento: grandes y medianos productores tecnificados; pequeños productores con tecnología tradicional (Tabla 5, Figura 3).

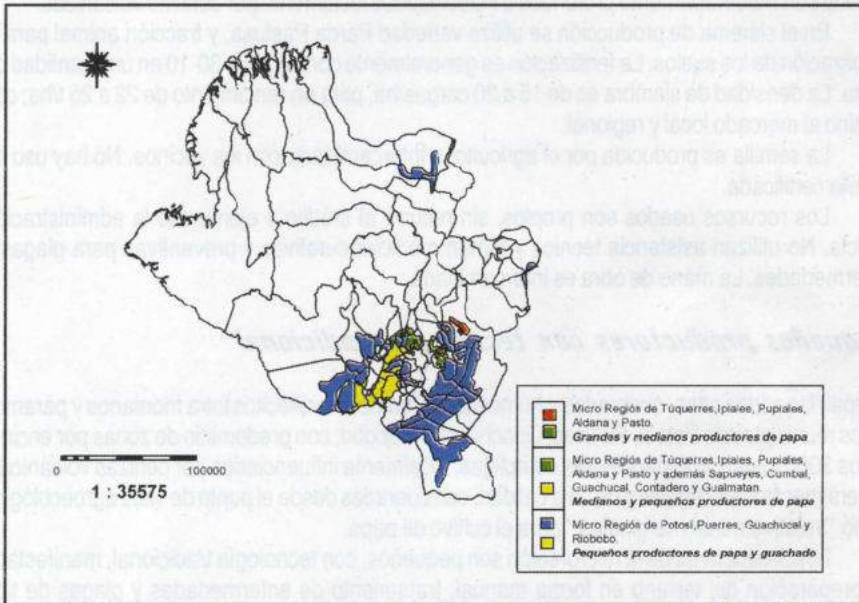


Figura 3. Subregión del Departamento de Nariño.

Grandes y medianos productores tecnificados

Ubicados principalmente en el occidente de la Cordillera Centro Oriental y en el sureste de la Cordillera Occidental; en las altiplanicies de Ipiales y Túquerres y los valles de Atriz y Chachagüí (municipios Túquerres, Ipiales, Pupiales, Aldana y Pasto). El cultivo está establecido en alturas que van de los 2700 a los 2800 msnm, en áreas planas o suavemente onduladas de zonas agroecológicas Fa y Fb, principalmente.

Las variedades sembradas son Parda Pastusa e ICA-Nariño. No se utiliza riego y la densidad de siembra es 15 a 20 cargas/ha para un rendimiento de 30 a 35 t/ha. La semilla es producida, y solamente 0.4% de los productores usa semilla certificada.

La preparación del terreno es mecanizada. La aplicación de productos químicos es permanente, tanto curativa como preventiva y fertilización de 3 t/ha de un compuesto triple, generalmente NPK 10-30-10. La mano de obra es contratada y los recursos utilizados son propios y no usa el crédito, como tampoco asistencia técnica.



El mercadeo, 60% se hace en mercados regionales (Cali y Eje Cafetero); no hay exportaciones y no existen convenios con la industria.

La gestión administrativa más avanzada en este sector recae en un mayordomo, ya que el dueño es ausentista.

Pequeños y medianos productores semitecnificados

Se localizan en las áreas onduladas y de pendientes medias de los municipios de Túquerres, Ipiales, Pupiales, Aldana, Pasto, Sapueyes, Cumbal, Guachucal, Contadero y Gualmatán, en áreas entre los 2700 y 3400 msnm. Algunos suelos formados a partir de materiales ígneos, por lo general son moderadamente profundos e influenciados localmente por cenizas volcánicas.

En el sistema de producción se utiliza variedad Parda Pastusa, y tracción animal para la preparación de los suelos. La fertilización es generalmente con NPK 10-30-10 en una cantidad de 2 t/ha. La densidad de siembra es de 15 a 20 cargas/ha, para un rendimiento de 22 a 25 t/ha; con destino al mercado local y regional.

La semilla es producida por el agricultor o intercambiada con los vecinos. No hay uso de semilla certificada.

Los recursos usados son propios, sin recurrir al crédito y ejerciendo la administración directa. No utilizan asistencia técnica y toman medidas curativas y preventivas para plagas y enfermedades. La mano de obra es intercambiada.

Pequeños productores con tecnología tradicional

Ocupan las zonas altas, quebradas y húmedas, así como los vallecitos intra montanos y páramos de los municipios de Potosí, Puerres, Guachucal y Riobobo, con predominio de zonas por encima de los 3000 msnm, con pendientes complejas, localmente influenciados por cenizas volcánicas, generalmente superficiales y de baja calidad, consideradas desde el punto de vista agroecológico como "relativamente marginales" para el cultivo de papa.

Los productores de la microregión son pequeños, con tecnología tradicional, manifestada en preparación del terreno en forma manual, tratamiento de enfermedades y plagas de tipo curativo y dos cosechas al año, permanentes.

La fertilización se hace con un producto químico utilizando entre 1 y 1.5 t/ha. La obtención de semilla se hace por intercambio con los productores. La densidad de siembra es de 15 a 20 cargas/ha con rendimiento de 18 t/ha. El producto se destina al mercado local.

La gestión administrativa la hace el productor, con sus recursos económicos, sin acceso a crédito, y la mano de obra es familiar

En la zona andina del departamento de Nariño se siembran aproximadamente 20 mil hectáreas de papa, que ocupan cerca de 4 millones de jornales año (Yepes, 2000). Del cultivo se benefician 20 mil familias de agricultores de economía campesina, comerciantes y transportadores.

La papa se siembra generalmente después de pastos; en ese caso se prepara el suelo con tracción animal (arado de vertedera) y con tracción mecánica (arado de disco), prácticas que aceleran los procesos de deterioro de los suelos.

Afortunadamente 30% de los agricultores paperos de Nariño y del norte del Ecuador, adelantan como labor de preparación del suelo lo que tradicionalmente se conoce como guachado.

Guachado viene del quichua *waku* que quiere decir surco; es una práctica precolombina de labranza reducida, que consiste en la construcción de surcos con pedazos de potrero (cespedón) cortados y pauchados o doblados. Para mayor comprensión, a continuación se detallan los pasos más importantes que se dan para construir el guachado.

Características del sistema de Guachado

Se inicia en lotes que se encuentren en potrero por espacio de dos años o más, y en ellos se procede a dar un sobrepastoreo con ganado bovino o caballar.

Los trabajadores provistos de herramientas, como palas con cute y/o azadones, previamente afiladas, cortan el potrero en cespedones de aproximadamente 30 x 30 centímetros, los doblan hacia un lado y luego hacen lo mismo del lado opuesto, pegan los filos de los cespedones cortados y construyen el surco, es decir que el cespedón cortado cae sobre el potrero que ha sido movido; la calle corresponde al espacio de donde se sacó el cespedón para cada surco. Entre surco y surco hay una distancia que va de 1.00 a 1.40 m.

Seguidamente viene la siembra; con un golpe de pala o azadón, en el punto de unión de los espedones, se hacen un corte y una ranura de 15 cm de largo por 10 cm de ancho y 15 cm de profundidad, que se forma al llevar la pala hacia el operario, allí se depositan la semilla y el fertilizante, al sacar la pala se tapa la semilla. En otras zonas, con las mismas herramientas, en el punto de unión de los espedones se hace un hueco pequeño donde se deposita la semilla y se tapa; esta operación se repite según la distancia de siembra, la longitud del surco y el área de terreno a sembrar.

Esta práctica se hace en zonas agroecológicas Pc, Pa, Fa y Fb, zonas con pendientes mayores al 50%, con presencia de alta humedad en el suelo.

Región de Antioquia

Al igual que en Nariño se distinguen tres tipologías, las cuales se resumen en la Tabla 5 y se espacializan en la Figura 4.

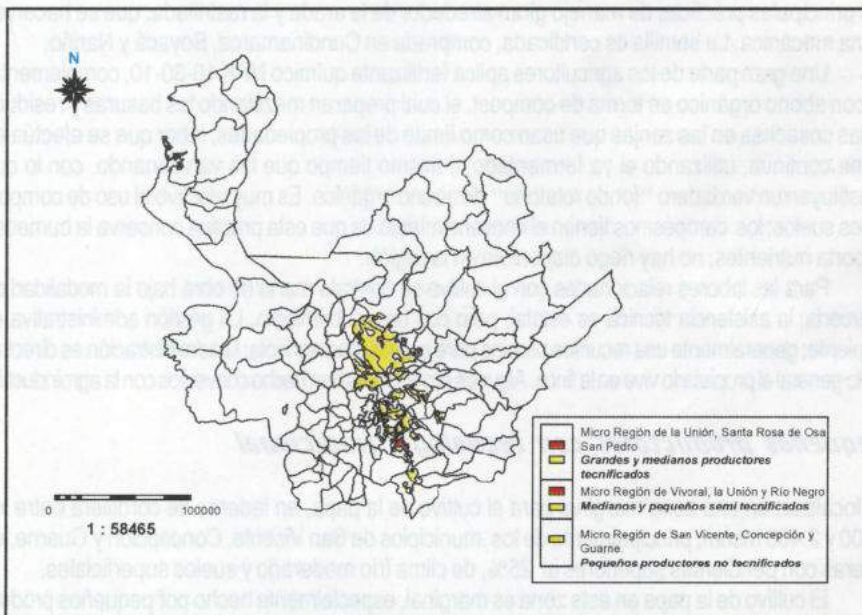


Figura 4. Subregión del Departamento de Antioquia



Grandes y medianos productores tecnificados

Corresponde a las zonas planas y onduladas de los municipios de La Unión, Santa Rosa de Osos y San Pedro, con pendientes inferiores al 25%, alrededor de los 2700 msnm. Los suelos se han formado a partir de cenizas volcánicas, son moderadamente profundos y están limitados por su baja fertilidad y alta fijación de fósforo.

El sistema de producción se localiza en las zonas planas o ligeramente ondulada, con áreas sembradas mayores a 10 ha; algunos usan riego. Las variedades más utilizadas son la Diacol Capiro, Ica Puracé y Criolla; se siembra dos veces al año y se utiliza una fertilización química de 1500 kg/ha de NPK 10-30-10, para una producción de 16.6 tn/ha que es comercializada en el nivel local y en el Valle del Cauca.

El control de plagas y enfermedades es preventivo; usan semilla certificada proveniente de Cundinamarca, Boyacá y Nariño. La preparación del terreno es mecanizada, la mano de obra se contrata bajo la modalidad de aparcería.

La producción no participa en el mercado externo, si bien algunos productores han hecho convenios con empresas procesadoras.

Medianos y pequeños productores semitecnificados

El área se ubica en los municipios de Carmen de Viboral, La Unión y Rionegro, en suelos de colinas altas. Está ocupada principalmente por pastos y, en orden descendente, por papa, maíz, cultivos hortícolas (repollo, arracacha, lechuga) flores, fique, algunos frutales, bosques artificiales y algunos vestigios de bosques naturales.

Los suelos tiene la ventaja de su friabilidad y soltura, facilitando altamente el laboreo. Se consideran de fertilidad baja e influenciados por cenizas volcánicas y con alta fijación de fósforo. Las principales prácticas de manejo giran alrededor de la arada y la rastrillada, que se hacen en forma mecánica. La semilla es certificada, comprada en Cundinamarca, Boyacá y Nariño.

Una gran parte de los agricultores aplica fertilizante químico NPK 10-30-10, complementado con abono orgánico en forma de compost, el cual preparan mezclando las basuras y residuos de las cosechas en las zanjas que usan como límite de las propiedades, labor que se efectúa en forma continua, utilizando el ya fermentado al mismo tiempo que las van llenando, con lo que constituyen un verdadero "fondo rotatorio" de abono orgánico. Es muy efectivo el uso de compost en los suelos; los campesinos tienen el convencimiento de que esta práctica conserva la humedad y aporta nutrientes; no hay riego disponible en la región.

Para las labores relacionadas con el cultivo se contrata mano de obra bajo la modalidad de aparcería; la asistencia técnica es estatal, pero con bajo cubrimiento. La gestión administrativa es incipiente; generalmente usa recursos propios para su actividad agrícola; la administración es directa y por lo general el propietario vive en la finca. Algunos productores han hecho convenios con la agroindustria.

Pequeños productores con tecnología tradicional

Se localizan en una zona marginal para el cultivo de la papa, en laderas de cordillera entre los 2.100 y 2.400 msnm, principalmente de los municipios de San Vicente, Concepción y Guarne, en laderas con pendientes superiores al 25%, de clima frío moderado y suelos superficiales.

El cultivo de la papa en esta zona es marginal, especialmente hecho por pequeños productores que utilizan técnicas poco apropiadas y no competitivas; la preparación del terreno se hace por lo común manualmente, con la mano de obra familiar o pagando jornales esporádicamente. Siembran bajos volúmenes de semilla, proveniente de la misma finca; no usan riego.

Tabla 6. Problemática del cultivo de la papa por áreas temáticas en Colombia. Año 2000

Area temática	Problemática	Oferta tecnológica
RECURSOS GENÉTICOS Y MEJORA-MIENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de semilla de baja calidad. - Falta de variedades tolerantes a gota. - Variedades de bajo rendimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de semilla certificada. - Uso de variedades tolerantes a gota
MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	<ul style="list-style-type: none"> - Presencia de plagas y enfermedades, como gusa-no blanco, polilla guatemalteca y gota. 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitación en manejo integrado de plagas y enfermedades.
MANEJO AGRONÓMICO	<ul style="list-style-type: none"> - Baja rotación - Sobrefertilización 	<ul style="list-style-type: none"> - Prácticas de rotación de cultivos - Fuentes y dosis de fertilizantes
POSCOSECHA	<ul style="list-style-type: none"> - Inadecuado manejo del producto al ser cosechado. - Alta dependencia de intermediarios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitación en labores de poscosecha, como clasificación, selección, conservación, empaque y almacenamiento de semilla y papa en fresco.
SOCIOECONOMÍA	<ul style="list-style-type: none"> - Baja disponibilidad de mano de obra. - Inadecuados canales de comercialización. - Altos costos de insumos. - Inestabilidad en los precios. - Problemas de orden público. - Falta de infraestructura para la comercialización. 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitación en herramientas de gestión socioempresarial.
AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> - Deforestación por ampliación de la frontera agrícola. - Uso irracional de agroquímicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitación en implementación de sistemas agroforestales. - Motivaciones para el uso racional de agroquí-micos.
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA	<ul style="list-style-type: none"> - Divulgación de recomendaciones tecnológicas - Falta de capacitación a los usuarios - Falta de sistemas de información - Deficiente asistencia técnica 	<ul style="list-style-type: none"> - Boletines y cartillas internas y externas. - Eventos tecnológicos internos y externos - Publicaciones Fedepapa - Red de Papa

Fuente: Diagnóstico Unidades Locales de CORPOICA, Boyacá, Cundinamarca y Nariño. Año 2000.



El control de plagas y enfermedades es preventivo curativo; la fertilización es combinada entre química NPK (10-30-10) y orgánica (compost y estiércol descompuesto); el rendimiento promedio está entre 12 y 15 toneladas por hectárea; las variedades que más utilizan son la Diacolo Capiro, Tuquerreña y la Criolla.

La asistencia técnica es estatal y esporádica por parte de las Umata, no hacen ningún tipo de gestión administrativa, la producción se comercializa en el mercado local. Este tipo de productor no tiene convenios con empresas, por los bajos volúmenes que siembra y produce. Sus cultivos son de una hectárea, en promedio.

PROBLEMÁTICA

En la Tabla 6 se presenta la problemática del cultivo de la papa, por áreas temáticas, como resultado de consolidar la información proveniente de un ejercicio de priorización que desarrollaron los Creced (Centros Regionales de Capacitación, Extensión y Difusión de Tecnología) ubicados en el área de influencia de Corpoica en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Nariño, frente a la oferta tecnológica disponible.

BIBLIOGRAFÍA

- CORPOICA. S.f. *Plan de Investigación para aumentar la sostenibilidad y competitividad de los sistemas de producción de papa en Colombia*. Bogotá.
- FEDERACIÓN COLOMBIANA DE PRODUCTORES DE PAPA, FEDEPAPA. 1995. *Revista Papa* No. 13, abril de 1995. Bogotá. Págs 6 y 8.
- INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA IICA, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA, CORPOICA. 1995. *Competitividad de la producción de papa*. Santa Fe de Bogotá.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL- IICA. 1999. *Acuerdo de competitividad de la cadena agroalimentaria de la papa*. Colección documentos IICA. Serie competitividad 14. Santa Fe de Bogotá.
- RODRÍGUEZ Q., P. A. 1985. *Algunos aspectos económicos en el cultivo de la papa en Colombia*. Tibaitatá.
- RODRÍGUEZ Q., P. A. 1986. *Estudio agropeconómico del cultivo de la papa en el distrito de Tunja*. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Tibaitatá. Mosquera, Colombia.
- RODRÍGUEZ, P. 1996. *La papa y el desarrollo económico en Colombia*. Centro Internacional de la Papa. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. Bogotá, Colombia.
- YEPES CH., BAYARDO. 2000. *Comunicación personal*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. C.I. Obonuco, Pasto.

Aspectos ecofisiológicos básicos sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de la papa

Ivan Valbuena B.¹

INTRODUCCIÓN

El análisis del crecimiento es de gran utilidad tanto en la investigación agronómica como en la asistencia técnica, debido a que ha sido utilizado como una herramienta viable para la realización de estudios básicos en diferentes especies. Con esta técnica se puede medir la deficiencia de nutrientes en la planta; por ejemplo, el déficit de nitrógeno, que afecta el crecimiento vegetativo y se traduce en una disminución del peso seco de la planta (biomasa total) y del aparato fotosintético (área foliar). En cultivos asociados, el análisis del crecimiento permite evaluar el aprovechamiento de la energía solar, debido a que el sombreado impuesto por alguna de las especies en la asociación influye sobre los parámetros de crecimiento, especialmente en la Tasa de Crecimiento Relativo (TCR), en la Tasa de Asimilación Neta (TAN) y en la Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC). Con el análisis del crecimiento también se pueden estudiar los componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento, debido a una correlación positiva con respecto al peso seco total de la planta y al área foliar; con el análisis de crecimiento vegetal se puede evaluar, además, el daño de insectos-plagas, con el fin de estimar el impacto de éstos sobre la acumulación de biomasa de los cultivos (Ballesteros, 1997).

El análisis de crecimiento permite evaluar los cambios que ocurren durante el crecimiento del cultivo, medir la asignación de materia seca, estimar la eficiencia de la planta y de sus órganos y evaluar respuestas frente a cambios en el ambiente. El análisis de crecimiento es adecuado, además, para estudios de producción de materia seca en relación con diferencias varietales, prácticas agronómicas, densidad de siembra, fertilización, riego y aporque y el estudio de factores ambientales en condiciones controladas. Factores que son básicos para mejorar la competitividad y la sostenibilidad en el cultivo.

¹ Ingeniero Agrónomo MSc. Programa Nacional Recursos Genéticos y Biotecnología Vegetal, Corpoica. E-mail : ivalbuena @corpoica.org.co.



CRECIMIENTO

El crecimiento vegetal se puede definir como un aumento irreversible del tamaño y el peso seco de las plantas (altura, área foliar, diámetro, número de células y cantidad de protoplasma) o los cambios que ocurren en una planta o población de plantas a través del tiempo, fenómeno que va acompañado de un aumento en la complejidad estructural metabólica del organismo (diferenciación celular, número de hojas). Las plantas crecen por procesos de división y alargamiento celular y por incorporación de materia y energía del ambiente (fotosíntesis, absorción de agua y de iones), y metabolización subsiguiente, que se traduce en multiplicación y diferenciación celular. La diferenciación (cambios en la forma), se refiere a los cambios cualitativos que ocurren en la formación de células, tejidos y órganos, mientras el término crecimiento (aumento en tamaño) es aplicado a los aspectos cuantitativos del desarrollo (Salisbury and Ross, 1972; Hunt, 1990; Ballesteros, 1997).

La planta crece debido a la existencia en su estructura de zonas de crecimiento o meristemáticas. Existen dos tipos de crecimiento: el primario se produce por acción de meristemas apicales y axilares, localizados en los ápices de la raíz y los tallos, los cuales se forman durante el desarrollo embrionario, mientras se origina la semilla y se denominan meristemas primarios, mientras que meristemas secundarios como el cambium vascular y el felógeno originan el crecimiento secundario. Los puntos de crecimiento en la planta de papa se ubican en los ápices de la yema vegetativa terminal, de las yemas axilares y ramas, de la punta del estolón y del brote del tubérculo. Los ápices están constituidos por un meristemo apical con una organización interna compuesta por la túnica y el cuerpo de regiones subyacentes de expansión y maduración.

Durante el ciclo de vida, la planta de papa tiene localizados estratégicamente sus puntos de crecimiento: tallos, estolones, tubérculos y brotes; todos son estructuras similares, pero sus respuestas en términos de formación de órganos y morfogenesis son diferentes, dependiendo del estímulo ambiental y el mensaje endógeno que recibe (Ballesteros, 1997; Li 1995).

Análisis de crecimiento

El análisis de crecimiento es una técnica que consiste en medir a intervalos de tiempo el área foliar y el peso seco de las plantas y sus órganos, para luego proceder a realizar cálculos que posibiliten cuantificar el crecimiento total por órgano, la eficiencia del área foliar y la distribución de asimilados entre los distintos órganos de la planta.

La cuantificación del crecimiento vegetal puede hacerse a nivel de planta completa o de órganos (raíz, tallo, hojas, tubérculos), mediante procedimientos destructivos y no destructivos: por ejemplo, la medición de la longitud y el diámetro de los tallos es un procedimiento no destructivo, mientras que las determinaciones del peso seco total o de los órganos de una planta implican muestreos destructivos sucesivos.

Las variables más comúnmente usadas para hacer el análisis de crecimiento vegetal son: peso seco total, peso seco por órganos y área foliar. El área foliar es el componente fisiológico más importante en el crecimiento y en los rendimientos de un cultivo, pues está asociado con los niveles de fotosíntesis.

El análisis de crecimiento comprende dos tipos de medición: variables cuantificadas directamente en el campo (datos primarios: peso seco, área foliar) y los índices o tasas. Éstos son calculados a partir de los datos primarios, mediante las técnicas clásica y funcional. Es así como se han desarrollado dos metodologías básicas para el análisis del crecimiento vegetal: *el enfoque clásico*, basado en muestreos grandes y espaciados, el cálculo y la aplicación de los índices de crecimiento a partir de los datos promedios de la variación de la acumulación de materia seca y

área foliar durante un intervalo de tiempo; y *el enfoque funcional*, consistente en muestras pequeñas y frecuentes. Con base en el ajuste de una función matemática particular a los datos de crecimiento, se puede afirmar que el único requisito para su aplicación es encontrar una función que describa adecuadamente las relaciones peso seco total vs tiempo y área foliar vs tiempo; se debe ajustar una ecuación que desde el punto de vista estadístico y biológico describa adecuadamente las relaciones antes mencionadas. Esta nueva metodología basada en el ajuste y manipulación de funciones matemáticas fue desarrollada por Radford, (1967) y Hunt (1990).

Los modelos matemáticos se pueden clasificar a grandes rasgos en lineales y no lineales. Dentro de los lineales se encuentran modelos de regresión y entre los no lineales se señalan las expresiones polinomiales, las cuales no son deseables fisiológicamente porque contienen constantes sin significado biológico; entre las ecuaciones exponenciales se incluyen la curva logística, las ecuaciones de Richards y la Gompertz.

Para que el análisis de regresión sea válido estadísticamente se asume que los errores son independientes, que los promedios son iguales a cero, que los valores de crecimiento tienen una distribución normal en cada muestreo y que existe homogeneidad de varianzas en los diferentes muestreos.

Los principales parámetros de crecimiento son: Tasa de Unidad Foliar o Tasa de Asimilación Neta (TAN), que es una medida de la ganancia neta de materia seca de una comunidad de plantas relacionada con su área foliar; la TAN es el índice de eficiencia productiva de las plantas, calculada en relación con el área foliar total. Este índice constituye una medida de la actividad fotosintética neta de la planta. La TAN indica la capacidad de la planta para incrementar el peso en términos de superficie asimilatoria y de los procesos de regulación interna relacionados con el suplemento y la demanda de asimilados.

La Tasa de Crecimiento Relativo (TCR), expresa el crecimiento en términos de incremento de materia seca de la planta sobre peso seco existente por unidad de tiempo (Hunt 1990). Representa la capacidad de la planta para producir material nuevo; se ve afectada por diferencias en la tasa de asimilación neta, en la tasa respiratoria, en el grosor de la lámina foliar y en la distribución de los productos elaborados.

La Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC), es el índice de eficiencia productiva de la planta por unidad de terreno. Expresa la tasa de producción de materia seca de la comunidad de plantas por unidad de área cultivada por unidad de tiempo.

El Índice del Área Foliar (IAF), relaciona el área foliar del cultivo con el área de terreno sobre el cual se encuentra representado el número de capas de área foliar desplegada por el cultivo por unidad de área foliar cultivada, y permite determinar la aptitud de la planta para interceptar la radiación solar.

El Índice de Cosecha (IC), expresa la relación entre el peso seco de los tubérculos con el resto de la planta.

La Tasa de Asimilación Económica (TAE) es el índice que mide la productividad de la cosecha mediante la acumulación de la materia seca del tubérculo en función del área foliar y su tiempo de duración (Hunt, 1990).

DESARROLLO

El desarrollo vegetal es la secuencia de eventos morfogénicos que dan origen a todas las estructuras que caracterizan la forma de una planta adulta. La aparición del primordio de una nueva estructura recibe el nombre de evento. El intervalo entre dos eventos se denomina etapa. Basados en la serie de eventos del desarrollo se han construido escalas fenológicas para los cultivos. (Ballesteros, 1997).



Etapas fenológicas

Durante el período de crecimiento y desarrollo de la planta de papa se distinguen tres fases: la primera, se inicia con la brotación de los tubérculos durante el almacenamiento, continúa con la siembra del tubérculo-semilla y la emergencia de los brotes a nivel de la superficie del suelo y avanza hasta la expansión de las primeras hojas de los tallos principales, que son los que nacen directamente del tubérculo madre. La segunda, se inicia con el crecimiento de las ramificaciones de los tallos aéreos y de los órganos subterráneos (desarrollo del tubérculo) y termina cuando la planta alcanza su mayor área foliar; una producción bastante alta de metabolitos pasa a las ramificaciones axilares que disminuyen y se interrumpen casi por completo a medida que se incrementa la traslocación de estos a los tubérculos (llenado). La tercera fase corresponde a la maduración, y se extiende desde el máximo crecimiento del follaje hasta la senectud de tallos, de las raíces y el engrosamiento de los tubérculos (maduración) (Lujan, 1994), (Salter and Goode, 1967).

Para Rowe (1993), el crecimiento y desarrollo de la planta de papa se pueden diferenciar en cinco estados:

- ◆ *Crecimiento uno (crecimiento de los brotes)*: desarrollo de los brotes de los ojos del tubérculo-semilla, que emergen sobre la superficie del suelo, y comienza el desarrollo de raíces en la base de los brotes emergidos; las reservas de la semilla-tubérculo son la fuente de energía para el crecimiento durante este estado, pues la fotosíntesis, proceso por el cual la planta fabrica su alimento usando la energía solar, aún no comienza.
- ◆ *Crecimiento dos (crecimiento vegetativo)*: estado en el que las hojas, ramas y tallos se desarrollan sobre la superficie del suelo y los nudos de los brotes se alargan, y emergen las raíces y estolones, los cuales se extienden por debajo de la superficie del suelo; la planta obtiene algo de energía del tubérculo-semilla en la parte temprana de este estado de crecimiento, pero durante este período comienza la fotosíntesis y los procesos de producción de carbohidratos (fijación de carbono), como fuente de energía para futuro crecimiento y desarrollo; en este estado se forman todas las partes vegetativas de la planta y comienza la emergencia y crecimiento de las puntas de los estolones por debajo de la superficie del suelo, hasta cuando se inicia el desarrollo de los tubérculos.
- ◆ *Crecimiento tres (iniciación del tubérculo)*: en este estado de crecimiento se forman los tubérculos a partir de la punta (gancho) del estolón; la iniciación del tubérculo es controlada por reguladores hormonales de crecimiento, producidos por la planta; este estado tiene un período de duración de 10 a 14 días y en muchas variedades el final de este período generalmente coincide con una floración temprana, donde pocas flores se abren y son poco visibles. En general se cree que muchos de los tubérculos que tienen un tamaño de cosecha ideal se inician durante este período. Las variedades precoces o de maduración temprana usualmente inician su tuberización más temprano que las variedades tardías; los materiales de ciclo largo continúan la iniciación del tubérculo durante el estado de crecimiento cuatro.
El manejo del agua durante el estado de crecimiento tres es especialmente importante para ayudar al desarrollo del cultivo. De 80 a 90% de disponibilidad de agua en el suelo durante el comienzo del crecimiento del tubérculo y ensanchamiento del mismo, favorece un crecimiento rápido de la planta.
- ◆ *Crecimiento cuatro (llenado del tubérculo)*: las células del tubérculo se expanden con la acumulación de agua, nutrientes y carbohidratos. Durante esta fase de crecimiento, los tubérculos son órganos dominantes de depósito y movilización de nutrientes orgánicos dentro de la planta.
- ◆ *Crecimiento cinco (maduración)*: el follaje entra lentamente en el proceso de senescencia. Este cambia a color amarillo y las hojas se pierden, la fotosíntesis decrece gradualmente, la

tasa de crecimiento del tubérculo se hace más lenta y el follaje eventualmente muere. El contenido de materia seca de los tubérculos alcanza el máximo valor en este estado y la piel del tubérculo se endurece, aumentando su espesor.

En teoría, una planta de papa sana (libre de plagas y enfermedades), con todo su potencial genético y llevando a cabo todas sus funciones fisiológicas va a desarrollar estos cinco estados de crecimiento. Para ello es necesario que la planta de papa incluya una rápida emergencia de los brotes, desarrollo de estolones, raíces y sistema aéreo de la planta, eficiencia en el uso de nutrientes minerales y agua, tasas óptimas de fotosíntesis, uniformidad en el crecimiento y desarrollo de los tubérculos, y un máximo movimiento de los productos fotosintetizados hacia los tubérculos al final del período de crecimiento.

En Colombia, las investigaciones realizadas han permitido establecer la fenología y el crecimiento de variedades de papa bajo las condiciones del municipio de Umbita (Boyacá). Obando y Pulido (1987), determinaron la fenología de dos variedades de papa: ICA San Jorge y Parda Pastusa y registraron los siguientes estados de desarrollo: crecimiento radical, formación de estolones, presencia de botones florales, tuberización, apertura de flor, fructificación y caída total de flores. Las variedades presentaron diferencias en sus respectivas etapas fenológicas, especialmente en la floración y fructificación, debido a que la variedad Parda Pastusa inició estos procesos en forma más temprana que la ICA San Jorge.

Gaitán y González (1999), establecieron una escala fenológica numérica, de acuerdo con los estados de desarrollo (vegetativo de 0 a 4.9 y reproductivo de 5 a 9.1) para cuatro variedades de papa: ICA Zipa, ICA Morita, ICA Unica y Diacol Monserrate, los cuales se resumen en la Tabla 1.

Muñoz y Herrera (2000), evaluaron el desarrollo fenológico de la variedad Monserrate y cinco colectas (promisorias) de la Colección Central Colombiana de Papa, bajo las condiciones de la Sabana de Bogotá, en donde se identificaron dos etapas fenológicas: vegetativa y reproductiva. La primera, comprendida por los estados fenológicos: brotación del tubérculo-semilla, emergencia de brotes, desarrollo de estolones y tuberización. La segunda, floración, fructificación y senescencia (Figura 1).

De otra parte, Manrique (1989) estudió el efecto de la aplicación de riego sobre el crecimiento de papa en la variedad Keunnebec. La tasa de asimilación neta (TAN) presenta un decrecimiento drástico en parcelas no irrigadas, lo cual indica un factor de estrés de agua que afecta significativamente la toma de nutrientes. Pero bajo estas condiciones, la TAN presenta un incremento en su crecimiento a los 80 días después de la siembra, probablemente por el engrosamiento del tubérculo, como consecuencia de la pérdida del crecimiento de las hojas.

Así mismo, López y Alvarado (1976) analizaron el crecimiento de tres variedades de papa: Parda Pastusa, ICA Nariño y Yema de huevo, bajo los ambientes Pasto y Catambuco 2700 y 2900 msnm, respectivamente. La tasa de asimilación neta (TAN) fue relativamente alta en las primeras fases de desarrollo del cultivo en los tres materiales, pero fue disminuyendo a medida que aumentó la edad de las plantas, hasta alcanzar valores negativos en las semanas 14 y 17 después de la siembra. El máximo valor de la TAN se encontró en la variedad Parda Pastusa en la semana 22.

Al respecto, Moorby (1970) sugiere que los incrementos en la tasa de asimilación neta (TAN) al final del período vegetativo del cultivo no se deben a un factor dominante que controle la tasa fotosintética en papa, sino a la tasa de crecimiento del tubérculo.

Obando y Pulido en (1987), al evaluar dos edades fisiológicas de semilla-tubérculo sobre el crecimiento de las variedades Parda Pastusa e ICA San Jorge, encontraron una gran correlación entre los valores de la Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) y la (TAN), los cuales presentaron la misma tendencia a través del tiempo en los dos materiales. Sin embargo, la variedad Parda Pastusa presentó los máximos valores para los índices de crecimiento al comienzo y final del período vegetativo; este material también presentó un Índice de Área Foliar (IAF) alto, debido a una gran expansión de sus áreas asimilatorias.



Tabla 1. Estados fenológicos de desarrollo para cuatro variedades de papa

Escala	Estado	DDE	Variedades	Descripción
0	Brotación - emergencia	0	ZP, UN, MO, MS	Fin del reposo, brotes de 2 a 3 mm, se presenta la emergencia en campo de por lo menos 50% de las plantas
1	Desarrollo de hojas	37	ZP, UN, MO, MS	Las primeras hojas comienzan su despliegue a partir del tallo principal.
3	Desarrollo de ramas	23 30 37 51	MS ZP UN MO	Crecimiento longitudinal de los brotes
4.0	Desarrollo de tubérculos	30 37 44 51	UN ZP MO MS	Inicio de la tuberización
4.5		79 86	ZP, UN, MO MS	50% de llenado del tubérculo 100% llenado del tubérculo
4.8		100	MO	95% de los tubérculos están maduros; la piel no se desprende al frotarla
4.9		107 114 121	ZP, UN, MS ZP, MO, MS UN	
5	Aparición del órgano floral			Aparición de los primeros botones florales
5.5		30 37	UN, MO ZP, MS	Al menos 50% de la población en botón
6	Floración			Primeras flores abiertas
6.5		37 44 51	UN MO, MS ZP	Al menos 50% de la población en floración
7	Formación de frutos	79	UN, MO MS, ZP	Primeras bayas visibles
9	Senescencia			
9.1		86 100	ZP, MO, MS UN	Comienzo del amarillamiento de las hojas.
		114	ZP, MO, MS, UN	Hojas y tallos secos

(ZP) ICA Zipa.

(UN) ICA Única.

(MO) ICA Morita.

(MS) Diacol Monserrate.

(DDE) Días después de emergencia.

Fuente: Gaitán y González, 1999.

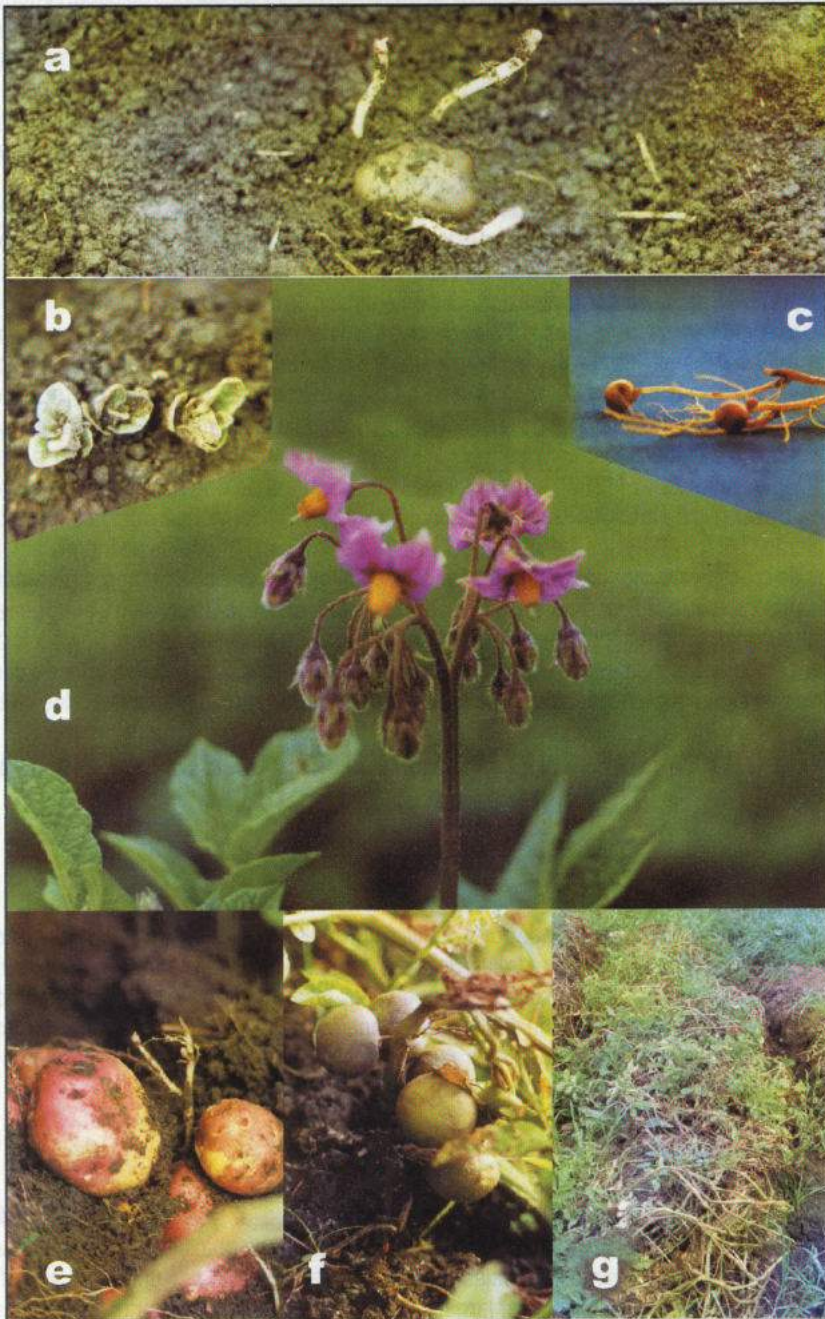


Figura 1. Estados fenológicos: a. Brotación del tubérculo; b. Brotación a nivel del suelo; c. Estolonización; d. Floración; e. Tuberización; f. Fructificación y g. Senescencia.

BIBLIOTECA AGRICOLA DE COLOMBIA



En el Centro de Investigación Tibaitatá se evaluaron cuatro variedades de papa: Argentina, Nariño, Puracé y Yema de huevo, de acuerdo con parámetros de crecimiento y se encontró que la tasa de asimilación neta presentó el mismo patrón de crecimiento en todos los materiales; manifestando valores altos al inicio del cultivo y la tendencia de disminuir a través del tiempo. Sin embargo, se presentaron algunas variaciones entre cultivares. Es así como la variedad Puracé registró los puntos máximos de la TAN a los 58 y 99 días después de la siembra con respecto a los otros materiales (Rodríguez y Torres, 1993).

Muñoz y Herrera (2000) también estudiaron el comportamiento de los índices de crecimiento (TAN) y (TCR) de acuerdo con los estados fenológicos en la variedad Monserrate en las condiciones del Centro de Investigación Tibaitatá, Corpoica, y encontraron que la Tasa de Asimilación Neta (TAN) presentó su máxima actividad en el estado de fructificación, la cual coincidió con el punto máximo de área foliar. A los 110 días después de la emergencia e inicio de la senescencia, la Tasa de Asimilación Neta (TAN) y la Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) presentaron valores negativos, debido a la pérdida de materia seca de estas estructuras. Es importante anotar que estos índices se recuperan al final de la senescencia, debido a la acumulación de materia seca almacenada en los tubérculos.

Gaitán y González (1999), en condiciones de la Sabana de Bogotá, evaluaron el crecimiento y desarrollo de las variedades ICA Zipa, ICA Única y Diacol Monserrate. Los índices de crecimiento (TAN) y (TCR) los calcularon por el método funcional (modelos polinomiales). Los índices de crecimiento mostraron una tendencia a disminuir a través del tiempo, presentando valores máximos al inicio del ciclo vegetativo, debido a una alta tasa de división y alargamiento celular así como al incremento en producción de biomasa. En las fases de floración e inicio de la tuberización estos índices se redujeron considerablemente, alcanzando valores de cero y negativos en algunos casos, debido a que el costo respiratorio fue más alto que el fotosintético.

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA PAPA

Fotosíntesis

Más de 90% del peso seco acumulado por la planta de papa es derivado de la fijación y asimilación de CO_2 y del proceso de fotosíntesis a través de la estructura del dosel. La papa tiene metabolismo fotosintético C_3 , el cual se caracteriza por presentar altas tasas de transpiración, fotorespiración detectable y punto de compensación de CO_2 alto. Numerosos factores influyen en la asimilación del carbono: estructura de la hoja, temperatura, intensidad de luz y tasas de crecimiento del tubérculo (Li, 1985; Salisbury and Ross, 1992).

Estructura de la hoja

La papa tiene estomas por ambos lados: arriba (adaxial) y abajo (abaxial), en la superficie de la hoja. La conductancia estomática generalmente es baja en la parte abaxial. Algunas variedades de papa tienen tasas fotosintéticas bajas, pero son compensadas por una gran superficie asimilatoria y la duración de área foliar larga; sin embargo, la tasa de fotosíntesis neta puede estar influenciada principalmente por la relación fuente-vertedero. Se ha demostrado que después de la tuberización, el CO_2 asimilado por las hojas de la papa se incrementa de dos a tres veces, acompañado del incremento de carbono que se mueve dentro de la planta, de las hojas hacia el tubérculo. La fotosíntesis declina a medida que avanza la maduración (senescencia)

en la hoja, encontrándose una correlación con el contenido de clorofilas, proteínas, nitrógeno y la actividad enzimática; la demanda de CO₂ declina y se incrementa la resistencia estomática y el peso específico de la hoja, con la edad de la planta. (Li, 1985; Ku, Edwards and Tanner, 1977).

Intensidad de luz y temperatura

La saturación del aparato fotosintético por efecto de luz es baja. La luz influye en la apertura estomática de plantas de papa; sin embargo, incrementos en conductancia estomática tienen una relación lineal con incrementos en irradianza. La temperatura también afecta el proceso fotosintético; las máximas tasas de fotosíntesis se encuentran en el rango de 15 a 25°C; con temperaturas superiores a este rango, la tasa de asimilación de CO₂ declina substancialmente. La conductancia estomática llega a un punto máximo a los 24°C. Los máximos valores de fotosíntesis en papa se registran entre 9:00 a.m. y 2:00 p.m. en condiciones de Colombia (Li, 1985; Salisbury and Ross, 1992; Buitrago, 1999).

Crecimiento del tubérculo

Existe evidencia de que la fotosíntesis neta (Tasa de Asimilación Neta), está controlada por la demanda y el tamaño del vertedero, en este caso el tubérculo. El crecimiento del tubérculo está relacionado con incrementos en la capacidad fotosintética de las hojas de la planta; sin embargo, al momento de la iniciación del tubérculo la tasa de fotosíntesis disminuye, pero hay un período máximo de fotosíntesis en la etapa de floración, que presenta una relación lineal con el llenado de los tubérculo; las tasas declinan después de la etapa de floración (Li, 1985).

(Buitrago, 1999) evaluó la fotosíntesis en genotipos de papa *Solanum* spp. Estos materiales presentaron diferencias en cuanto a su comportamiento fotosintético entre localidades: en San Jorge 3000 msnm y Marengo 2650 msnm se encontró que en las dos localidades las mayores tasas fotosintéticas se registraron en los estados fenológicos de floración y llenado del tubérculo, seguido por descenso de la actividad fotosintética al final del cultivo. Li, 1985, reportó que existen diferencias en cuanto a la asimilación de CO₂ y, por consiguiente, la actividad fotosintética entre 54 clones de papa.

Beukema and Vanderzaag, 1979, afirman que durante el crecimiento de la planta de papa se pueden distinguir tres periodos importantes: a) *pre-emergencia* y *emergencia*: la semilla-tubérculo desarrolla sus brotes antes de ser puesta en el suelo, la formación de raíces comienza inmediatamente después de la siembra y la emergencia de los brotes es acelerada. b) *Crecimiento del follaje*: después de la emergencia de los brotes, el follaje y las raíces se desarrollan simultáneamente. c) *Crecimiento del tubérculo*: Comienza lentamente después de la emergencia y continúa con una tasa constante por un período de tiempo largo. Durante alguna parte del período de crecimiento, el follaje y el crecimiento del tubérculo crecen simultáneamente, pero en una fase de crecimiento del tubérculo más avanzado hay una pérdida abundante del crecimiento del área foliar.

De acuerdo con el período vegetativo (ciclo corto o largo), las variedades presentan diferencias en cuanto a sus características de crecimiento: las variedades de ciclo corto (cuatro meses) se caracterizan por presentar un crecimiento moderado del follaje, el crecimiento del tubérculo comienza más temprano y la maduración es más rápida; dentro de este grupo se caracterizan las especies *chaucha* y *phureja* (yema de huevo) y la especie *tuberosum*. Las variedades de ciclo largo (cinco a ocho meses) tienen un periodo de crecimiento relativamente largo; estos materiales desarrollan mucho más su follaje, el crecimiento del tubérculo comienza más tarde, lo mismo con la maduración; las variedades de la especie *andigena* (Argentina, Salentina, Tucareña y Parda Pastusa) y *andigena x tuberosum* (Monserrate, Capiro, ICA Nariño) se agrupan en esta categoría (Hernández y Rodríguez, 1997).



Longitud del día

Influye considerablemente en el hábito de crecimiento de la papa; generalmente es considerado como uno de los principales factores que regulan la tuberización. El fotoperíodo influye sobre la síntesis de proteínas y almidón del tubérculo. Las hojas de papa tienen un componente crítico en la planta, para inducir respuestas fotomorfogénicas como crecimiento vegetativo corto, tuberización y floración. En general, las exposiciones de follaje a días cortos inducen la tuberización; las plantas muestran una formación temprana del tubérculo; los estolones son cortos. En exposiciones a días largos, las plantas inducen floración y formación de ramas laterales y la restricción en la tuberización o la producción de tubérculos es mucho más tarde. En realidad las variedades de spp. *Andigena*, procedentes de los Andes de América del Sur, absolutamente requieren de días cortos para la tuberización, comparado con variedades de spp. *Tuberosum*, las cuales requieren días largos (Li, 1985).

Temperatura

Tiene efectos morfogenéticos en el crecimiento y desarrollo de la planta; la temperatura influye en la formación del tubérculo, ya que existe una interacción entre esta variable ambiental y la longitud del día denominada termofotoperíodo. Los efectos de temperatura y fotoperíodo son cruciales al inicio del crecimiento temprano del tubérculo y la subsecuente participación de la materia seca; es así como el fotoperíodo largo retrasa el comienzo del crecimiento del tubérculo y, por consiguiente, el llenado del mismo, las tasas de crecimiento absoluta y relativa se reducen solamente con días largos, así como la tasa relativa de participación de asimilados a nivel del tubérculo. Las condiciones más favorables para la tuberización y crecimiento del tubérculo son días cortos y temperaturas nocturnas bajas (Van Dam, Kooman and Struik, 1996; Li, 1985).

Temperaturas entre 15 y 19°C son óptimas para iniciar el crecimiento del tubérculo; 17°C es un promedio de temperatura para una buena producción de papa. Bajo temperaturas altas (20 a 29°C), las plantas producen más follaje, se induce el desarrollo de tallos, pero las hojas son más pequeñas debido a la reducción en la expansión del área foliar, los niveles de almidón se reducen en las hojas, especialmente el acumulado en las hojas maduras, se incrementa el número de internudos y los estolones son más largos. Se retrasa el comienzo del crecimiento del tubérculo y se demora el inicio del llenado del mismo, ocasionando una disminución en la relación peso/seco; peso/fresco del tubérculo.

Las temperaturas altas también causan incrementos significativos en la distribución de asimilados en las hojas y un decrecimiento bastante alto de fotoasimilados a nivel de tubérculos, originando reducción en el suministro de carbohidratos, debido a que se limita la entrada de asimilados e inhibe directamente la conversión de azúcares a almidón; todo esto causa reducción en la participación de materia seca en los tubérculos, especialmente bajo condiciones de día largo. La comparación de régimen de temperaturas 30/12°C (día/noche) y 17/10°C bajo condiciones de días cortos, la proporción de peso vegetativo es 12 veces más alto con temperaturas altas, pero la producción de tubérculos es 19 veces más alta con temperaturas bajas. El tubérculo es el órgano más sensible al fotoperíodo y al régimen de temperatura; es así como, por ejemplo, con 32/22°C (día/noche) y 16 horas de régimen de fotoperíodo se inhibe completamente la formación del tubérculo en materiales de la subespecie *tuberosum*; la acumulación de materia seca y la participación de asimilados en plantas de papa son afectadas por el fotoperíodo, la temperatura y la interacción de estas dos variables ambientales (Van Dam, Kooman and Struik, 1996; Wolf, Morani and Rudich, 1990; Lafta and Lorenze, 1995).

Intensidad de luz

El inicio del crecimiento del tubérculo está influenciado por la duración de la luz diaria; por consiguiente, la intensidad de luz recibida durante ese período tendrá un marcado efecto sobre el crecimiento posterior de los tubérculos, ya que la intensidad lumínica es un factor importante en la síntesis de carbohidratos a través del proceso de la fotosíntesis. Se demostró que con bajas intensidades de luz generalmente se da decrecimiento de la fotosíntesis, reducción en la acumulación de biomasa, no hay producción de brotes axilares, elongación de tallos y se retarda el crecimiento del tubérculo. La proporción de asimilados que se traslocan a los tubérculos es muy baja, debido a los cambios que se originan en la distribución de fotoasimilados, favoreciendo la biomasa de la planta en hojas y tallos a expensas de los tubérculos; por consiguiente, se presenta una reducción en cuanto al tamaño, al peso seco de los tubérculos, el índice de cosecha y el peso seco de la planta (Gawronska and Awelle, 1989).

Reguladores de crecimiento

Los reguladores de crecimiento en la planta de papa son otro de los factores importantes que regulan la tuberización y el modelo de distribución de materia seca en la planta. La tuberización es inducida por el balance hormonal, donde básicamente intervienen las auxinas (ácido abscísico, ABA) y las giberelinas (ácido giberélico GA_3); este último tiene un efecto sobre la síntesis de proteínas en el tubérculo. Estudios tradicionales muestran que aplicaciones de ácido giberélico a la planta inhibe la tuberización o retarda el crecimiento del tubérculo, reduciendo adicionalmente la producción de tubérculos y estimulando el crecimiento secundario del follaje. En algunas variedades y especies de papa los fotoperiodos largos producen altos niveles de GA_3 , lo cual previene el crecimiento del tubérculo. Aplicaciones exógenas de ácido abscísico al follaje de plantas de papa estimulan la tuberización, pero el ABA no afecta el crecimiento inicial del tubérculo, el brote y el estolón. Las concentraciones de ABA se incrementan cuando las plantas se exponen a tuberizar en condiciones ambientales de días cortos y bajas temperaturas, así como un alto grado de concentraciones altas de nitrógeno en la planta (Lujan, 1991; Li, 1985).

Agua

La deficiencia hídrica reduce el crecimiento del follaje y puede disminuir el porcentaje de materia seca de los tubérculos, debido al cierre estomático y la consiguiente disminución de la tasa fotosintética al restringirse el paso de CO_2 . Un suelo con un déficit de agua en la etapa de formación y llenado del tubérculo afecta drásticamente el rendimiento; por el contrario, los tubérculos provenientes de un suelo saturado de agua tienen un bajo porcentaje de materia seca. La deficiencia del nitrógeno causa reducción en la fotosíntesis, pero generalmente no limita el proceso; sin embargo, la disminución en la tasa fotosintética en hojas con niveles bajos de nitrógeno está asociada con incrementos en resistencia estomática. Los contenidos de clorofila (a+b) son bajos con deficiencias de este elemento. Excesivas dosis de nitrógeno favorecen el crecimiento aéreo de la planta, pero afectan sensiblemente la iniciación de la formación del tubérculo y detienen el crecimiento del mismo y el subsecuente crecimiento secundario; pero esto depende también de la edad y el tamaño del tubérculo (Lujan, 1994; Rodríguez y Torres, 1993; Li, 1985).



BIBLIOGRAFÍA

- BALLESTEROS, P. E. 1997. *Análisis del crecimiento en el frijol común* (Phaseolus vulgaris L.). Colegio de Posgraduados. Montecillo, México 71p.
- BEUKEMA, H. P. AND VAN DER ZAAG, D. E. 1979. *Ecophysiology of potato*. P.37-58 International Agricultural Centre. Potato improvement. Some factors and facts. Wageningen, the Netherlands.
- BUITRAGO, G. C. 1999. *Evaluación fotosintética de genotipos de papa Solanum spp tolerantes y no tolerantes a las bajas temperaturas*. Tesis MSc. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- GAITÁN, M. A. P.; GONZÁLEZ, M. M. P. 1999. *Análisis de crecimiento y desarrollo para cuatro variedades de papa Solanum tuberosum bajo condiciones de la Sabana de Bogotá*. Tesis de pregrado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 82p.
- GAWRONSKA, H; AND DWELLE, R. B. 1989. *Partitioning of photoasimilates by potato plants (Solanum tuberosum L.) as influenced by irradiance I. partitioning patterns in cultivar russet burbank grow under high and low irradiance*. American potato journal vol. 66 No. 4 p. 201-213.
- HERNÁNDEZ, C. E. RODRÍGUEZ, B. A. 1997. *Catálogo de variedades colombianas de papa*. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Primera edición, 37 p.
- HUNT, R. 1990. *Plant growth analysis*. P. 26-60. Academic Division of Published by the Unwin Hyman Ltda. Basic Growth Analysis. London.
- KU, S; EDWARDS, E. G AND TANNER, B. C. 1977. *Effects of light, carbon dioxide, and temperature on photosynthesis in potatoes (Solanum tuberosum)*. Annals of Botany Vol 64 p. 643-650.
- LAFTA, M. A.; AND LORENZE, H. J. 1995. *Effect of high temperature on plant growth and carbohydrate metabolism in potato*. Plant physiology. Vol. 109 No. 2 p.637-643.
- LI, H. P. 1985. *Environmental effects on growth and development of potato plants*. p. 482-500. In: Academic press, Inc. Potato physiology.
- LÓPEZ, G; ALVARADO, L. F. 1977. *Análisis de crecimiento de tres variedades de papa de diferentes ciclos de vida*. Revista Comalí IV: 4 p. 209-224.
- LUJÁN, L. 1991. *Morfología, estructura y fisiología de la planta de papa*. P. 23-29. Revista Papa No. 2. Septiembre.
- LUJÁN, L. 1994. *La ecología de la papa*. P. 4-16. Revista papa No. 12. Octubre.
- MANRIQUE, J. 1970. *The production, storage and translocation of carbohydrates in developing potato plants*. Annals of Botany Vol 34 No. 134 p.297-308.
- MOORBY, S. 1970. *The production, storage and translocation of carbohydrates in developing potato plants*. Vol 34 p.297-308.
- MUÑOZ, S. J.; HERRERA, A. M. 2000. *Análisis del crecimiento y desarrollo de cinco accesiones promisorias de papa Solanum tuberosum ssp andigena y la variedad Monserrate de la Colección Central Colombiana de Papa bajo las condiciones de la Sabana de Bogotá*. Tesis de pregrado. Facultad de Ciencias y Educación. Proyecto Curricular de Licenciatura en Biología. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Santa Fé de Bogotá. 146 p.
- OBANDO, B. O; PULIDO, M. A. 1987. *Evaluación de dos edades fisiológicas de semilla sexual de papa sobre los estados de crecimiento y desarrollo y el rendimiento comercial*. Tesis de pregrado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.E. 106 p.
- RADFORD, P. J. 1967. *Growth analysis formulae-their use and abuse*. Crop Science Vol. 7 No. 3 p.171-175.
- RODRÍGUEZ, M. Y TORRES C. 1993. *Estudio de los factores que determinan el patrón de precocidad de papa Solanum tuberosum*. Tesis de pregrado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- ROWE, C. R. 1993. *What is a healthy potato Plant?* P. 4-7. Edited by Randall. In: Potato Health Management. Department of plant pathology. Ohio State University Wooster.
- SALISBURY, F. B AND ROSS C. W. 1992. *Crecimiento*. En grupo editorial Iberoamericana S.A. Fisiología Vegetal. México D.F.
- SALTER, P. J., AND GOODE, J. E. 1967. *Crop responses to water at different stages of growth*. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Bucks, England. 246p.
- VAN DAM, J.; KOOMAN, P. L. AND STRUIK, P. C. 1996. *Effects of temperature and photoperiod on early growth and final number of tubers in potato (Solanum tuberosum L.)*. Potato Research Vol. 39 p. 51-62.
- WOLF, S; MARANI, A. AND RUDICH, J. 1990. *Effects of temperature and photoperiod on assimilate partitioning in potato plants*. Annals of botany vol. 66 p. 513-520.

26713

Variedades de papa cultivadas en Colombia

José Dílmer Moreno Mendoza ¹

INTRODUCCIÓN

Existe un amplio número de materiales mejorados en Colombia, ya que se han producido alrededor de 32 variedades durante los últimos 50 años. Se dispone, además, de variedades nativas (regionales) que se adaptan a los diversos pisos térmicos del país; todos estos materiales pertenecen a las especies cultivadas *Solanum tuberosum* spp. *andigena* o híbridos entre esta subespecie y *Solanum tuberosum* spp. *tuberosum*, mejor adaptados a los días neutros y a las temperaturas más frías de las alturas andinas colombianas. Así mismo, existen otras especies cultivadas como *Solanum phureja* y *Solanum chaucha*, comúnmente conocidas como papas criollas o papas amarillas.

De las variedades existentes, únicamente se ha generalizado el empleo de cuatro variedades de las llamadas "de año": Parda Pastusa, Diacol Capiro, ICA Puracé, ICA Nariño y la Yema de Huevo o papa criolla, situación que ha incrementado la presencia de enfermedades como la gota (*Phytophthora infestans*) y de plagas como el gusano blanco (*Premnotripes vorax*) y las polillas (*Pthorimea operculella*, *Tecia solanivora*).

A continuación se presentan todas aquellas características que pueden servir para un cultivo exitoso en diferentes condiciones ecológicas: características de la planta y del tubérculo; calidad culinaria y de procesamiento; reacción a enfermedades, y características agronómicas. En la tabla 1 se resumen sus características. Esta información será muy práctica para profesionales y cultivadores, ya que contribuirá a un mayor conocimiento y mejor manejo de ellas.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIETADES MÁS SEMBRADAS EN COLOMBIA

Variedades mejoradas

Parda Pastusa

- ◆ **Características de la planta:** Porte erecto, numerosos tallos gruesos de color verde claro, que forman un follaje abundante, de crecimiento relativamente lento, que cubre el surco

1 Ingeniero agrónomo PhD. Investigador Asociado. Programa Regional de Investigación Agrícola, Regional Uno, CORPOICA, C.I. Tibaitatá. E-mail: jdmoreno@corpoica.org.co; jmoreno@corpoica-regionaluno.org.



fácilmente. Folíolos primarios de tamaño mediano, color verde claro. Flores grandes de color rosado oscuro, lila o morado, con abundante fructificación. El sistema de raíces y estolones es largo y abundante. Produce un número relativamente alto de tubérculos por planta (Figura 1).

- ◆ **Características del tubérculo:** Forma redonda, ligeramente aplanada, tamaño mediano, piel gruesa, áspera y de color rosado claro, pulpa de color crema y ojos de profundidad media. Tuberización tardía; el engrosamiento de los tubérculos se produce en los últimos 40 a 50 días del ciclo del cultivo. Tiene un período de reposo aproximado de tres meses (15°C y 90% de humedad relativa). Resiste el manipuleo; conserva su calidad durante el almacenamiento prolongado. Presenta relativa tolerancia al verdeamiento y al transporte.
- ◆ **Calidad:** Su contenido de materia seca es de 22 a 23%, y el de azúcares reductores es de 0.25 mg/g de peso fresco. Es excelente para consumo en fresco, aunque los tubérculos se desintegran fácilmente al cocinarse. No es apta para papa frita.
- ◆ **Reacción a enfermedades:** Esta variedad es medianamente tolerante a gota (*Phytophthora infestans*), y a los virus PVX y PVY; susceptible a la roya (*Puccinia pittieriana*), al virus del enrollamiento de la hoja PLRV y a la rhizoctonias (*Rhizoctonia solani*). Es una variedad muy susceptible a roña (*Spongospora subterranea*).
- ◆ **Características agronómicas:** Su adaptación está comprendida entre los 2.000 y 3.500 metros de altitud, se adapta bien a los climas fríos y de páramo o sea a altitudes entre los 2.700 y 3.500 metros. Requiere de una buena precipitación y suelos fértiles, no muy laborados. Es una variedad tardía, tiene un ciclo de cultivo de 6 a 7 meses, dependiendo de la altitud donde se cultive. El rendimiento promedio, bajo condiciones normales de lluvia, es de 30 t/ha. El tamaño predominante de tubérculo es el de segunda (mediano).



Figura 1. Parda pastusa: a. Flores y b. Hojas.

Diacol Capiro



Figura 2. Diacol Capiro:
a. Flores, b. Foliolo, c. Planta y
d. Tubérculos.

- ◆ **Características de la planta:** Porte mediano, follaje relativamente escaso, crecimiento lento y de regular cobertura; tallos no muy gruesos, de color verde y púrpura. Foliolos primarios grandes, alargados, de color verde oscuro. Las hojas tienden a enrollarse en ciertas etapas del desarrollo. Las flores son de color rosado lila, con acúmenes blancos en la punta. Rara vez forman frutos (Figura 2).
- ◆ **Características del tubérculo:** Tuberización temprana, tubérculos numerosos de forma redonda, ligeramente aplanada, de tamaño grande. Piel color rojo, casi morado, ojos superficiales, pulpa color crema. Resistentes al transporte y al verdeamiento. El periodo de reposo es aproximadamente de 2 meses (15° C y 75% de humedad relativa). Presenta buena conservación en almacenamiento prolongado.
- ◆ **Calidad:** Presenta un contenido de materia seca entre 20 y 22% y promedio de concentración de azúcares reductores de 0.1 mg/g de peso fresco. Buena para el consumo en fresco y excelente para procesamiento de papa frita en hojuelas o *chips*, y en tiras o papa a la francesa.
- ◆ **Reacción a enfermedades:** Altamente susceptible a la gota (*Phytophthora infestans*) y oidiosis (*Erysiphe cichoracearum*), susceptible a la roña polvosa (*Spongospora subterranea*). Es tolerante a los virus PVX y PVY, a la marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) y a roya (*Puccinia pittieriana*).
- ◆ **Características agronómicas:** Se adapta a altitudes entre los 2.000 y 3.200 metros. El periodo vegetativo es de 4 meses y medio a 6 meses, según la altitud del lugar donde se cultive. Requiere de buena precipitación. El rendimiento comercial oscila entre 25 y 30 t/ha; el tamaño predominante de tubérculo es el de primera (grande).

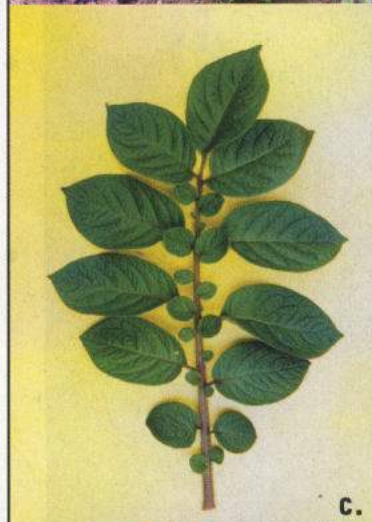




Figura 3. ICA Nariño: a. Flores, b. Planta, c. Foliolo y d. Tubérculos.

ICA Nariño

- ◆ **Características de la planta:** Porte bajo, follaje escaso, tallos delgados de color verde oscuro. Foliolos primarios de tamaño mediano, algo rugosos, de color verde oscuro. Flores escasas de color morado rojizo o lila. Frutos escasos (Figura 3).
- ◆ **Características del tubérculo:** Tuberización temprana; el llenado de los tubérculos se inicia poco después de la floración, aproximadamente a los 100 días. Produce pocos tubérculos por planta, grandes, de forma alargada u oblonga y plana, ojos de profundidad superficial a media, color de piel roja y lisa, pulpa color crema intenso. Resistentes al verdeamiento, al manipuleo y al transporte durante largas distancias; en almacenamiento prolongado conserva su buena calidad. Tiene un periodo de reposo aproximado de 2 a 2 meses y medio (15° C y 75% de humedad relativa). Bajo condiciones de estrés por agua, los tubérculos tienden a deformarse (muñequero) por crecimientos secundarios, debido a lo cual su calidad para procesamiento es inestable.
- ◆ **Calidad:** Tiene un contenido de materia seca entre 21 y 22%; el contenido de azúcares reductores es de 0.1 mg/g de peso fresco. Buena para consumo en fresco. Presenta muy buena calidad culinaria. Al cocinarse no se desintegra, por lo que es apetecida en los asaderos de pollos y restaurantes. Buena, igualmente, para procesamiento de papa frita en hojuelas y en tiras (papa a la francesa).
- ◆ **Reacción a enfermedades:** Es medianamente resistente a la gota (*Phytophthora infestans*), tolerante al virus PVX, susceptible a la roya (*Puccinia pittieriana*), al virus PLRV y a la rhizoctonias (*Rhizoctonia solani*). Tolerante a la sequía.



- ◆ **Características agronómicas:** Es de maduración intermedia. Tiene un ciclo de cultivo de 4 meses y medio a 5 meses, dependiendo de la altitud donde se siembre. Las zonas de cultivo se encuentran entre altitudes de 2.500 a 3.200 metros. El rendimiento promedio bajo condiciones normales de lluvia es de 28 a 30 t/ha. El tamaño predominante de tubérculo es el de primera (grande).



Figura 4. *Diacol Monserrate*:
a. Flores, b. Planta, c. Foliólo y
d. Tubérculos.

Diacol Monserrate

- ◆ **Características de la planta:** Presenta porte alto, tallos gruesos, erectos, poco ramificados, de color verde claro. Foliólos primarios angostos, de color verde claro. El follaje presenta regular cobertura. Las flores son de color lila, con acúmenes blancos y rara vez forman frutos. Las plantas presentan volcamiento prematuro (Figura 4).
- ◆ **Características del tubérculo:** Presenta tuberización temprana; tubérculos grandes, poco numerosos, sin protuberancias, de forma ovalada o redonda y algo aplanada. Piel color crema, con tintes rosados, susceptible al verdeamiento, profundidad de ojos superficial, la pulpa es de color crema. Tienen un periodo de reposo aproximadamente de tres meses (15°C y 75% de humedad relativa). Presenta resistencia al transporte y una excelente conservación en bodega oscura.
- ◆ **Calidad:** Tiene un porcentaje de materia seca de 23%, y de concentración de azúcares reductores menor de 0.1 mg/g de peso fresco. Regular para el consumo fresco, excelente para procesamiento de papa frita en hojuela (chips) y papa a la francesa (tiras o bastones).
- ◆ **Reacción a enfermedades:** Resistente a la gota (*Phytophthora infestans*) (Resistencia de campo. El número de aplicaciones normales se reduce a la mitad). Tolerante al virus del enrollamiento de la hoja PLRV y a heladas leves (-3°C por una hora). Susceptible a los virus PVX, PVY y a la rhizoctoniasis (*Rhizoctonia solani*). Tolerante a la roya (*Puccinia pittieriana*).
- ◆ **Características agronómicas:** Maduración relativamente temprana, con un periodo vegetativo de 5 a 5 meses y medio. Adaptable a zonas altas, se cultiva entre los 2.500 y 3.200 metros de altitud. El rendimiento comercial modal es de 30 t/ha. Los tamaños predominantes son el de primera y cero (grande y muy grande).



ICA Puracé

- ◆ **Características de la planta:** Porte mediano, de crecimiento rápido y buena cobertura. Tallos gruesos, erectos, de color verde oscuro, púrpura hacia la base. Foliolos primarios grandes y anchos, de color verde oscuro. Flores no muy abundantes, de color rosado violáceo o lila, de escasa fructificación.
- ◆ **Características del tubérculo:** Tuberización temprana. Las raíces presentan estolones largos. Tubérculos numerosos, grandes, de forma redonda, ligeramente aplanada. Piel de color púrpura claro o rojo. Ojos superficiales, pulpa de color blanco. Tiene un periodo de reposo de 2 meses a 15°C y 75% de humedad relativa. Sus brotes son vigorosos. Regular conservación. Resistente al transporte y al verdeamiento.
- ◆ **Calidad:** Regular para consumo fresco. No se desmorona al cocinarla. Especial para enlatado en cubos. El contenido de materia seca es 22% y de azúcares reductores de 0.25 mg/g de peso fresco. El consumo de esta variedad se encuentra en la Costa Atlántica.
- ◆ **Reacción a enfermedades:** Es inmune a la raza 0 de goma (*Phytophthora infestans*) pero susceptible a las razas 1, 4 y 1-4. Resistente a rhizoctonias (*Rhizoctonia solani*), tolerante a los virus PVX, PVY y al virus del enrollamiento de las hojas PLRV.
- ◆ **Características agronómicas:** Periodo vegetativo relativamente temprano, 5 a 5 meses y medio. Zona de adaptación entre los 2.200 y 3.000 metros de altitud. No se adapta bien al páramo alto. Rendimiento comercial de 35 t/ha. El tamaño predominante de tubérculo es el de primera (grande).

ICA Morita

- ◆ **Características de la planta:** Porte alto, tallos vigorosos y follaje de color verde oscuro, folíolos primarios grandes, floración profusa, flores de color lila y abundante fructificación (Figuras 5 y 6).
- ◆ **Características del tubérculo:** Tamaño mediano, de forma redonda aplanada, piel gruesa, de color morado oscuro, ojos superficiales de color casi negro, pulpa de color blanco-crema. El periodo de reposo es de 2 meses a 15°C y 90% de humedad relativa. Tolera tres meses de almacenamiento en condiciones normales. Resistente al verdeamiento.
- ◆ **Calidad:** El contenido de materia seca es de 21.5 a 22.3% y 0.5 mg/g de peso fresco de azúcares reductores, harinosidad alta, consistencia media, excelente sabor para consumo fresco.
- ◆ **Reacción a enfermedades:** Presenta una alta resistencia de campo

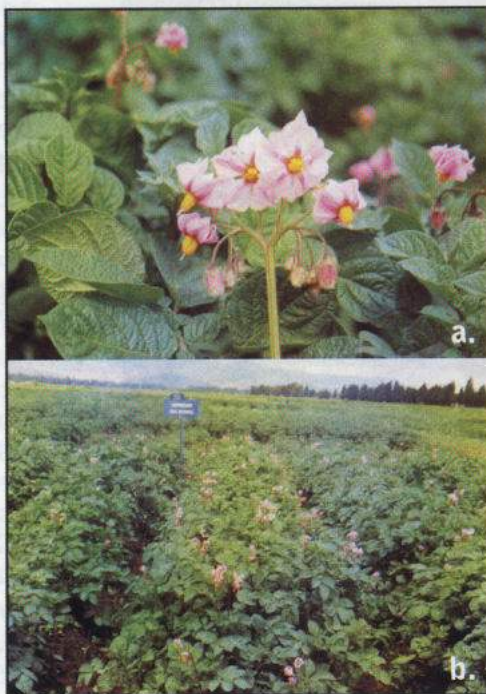


Figura 5. - ICA Morita: a. Flores y b. Planta.

Figura 6. ICA Morita:
a. Tubérculos y b. Foliolos.



a gota (*Phytophthora infestans*), se muestra resistente al virus del enrollamiento de las hojas PLRV.

- ◆ **Características agronómicas:** Su zona de adaptación está comprendida entre los 2.500 y 3.400 metros de altitud. Periodo vegetativo es de 150 a 165 días. El rendimiento comercial se encuentra entre las 32 a 40 t/ha.

ICA Única

- ◆ **Características de la planta:** Porte alto, tallos vigorosos de color oscuro, follaje verde oscuro, folíolos primarios grandes, floración profusa pero de corta duración, flores de color lila.
- ◆ **Características del tubérculo:** Alto porcentaje de tubérculos de tamaño grande a muy grande, producción uniforme, forma redonda algo alargada, color de la piel crema-marrón con la yema de los ojos de color rosado, los ojos son superficiales y la pulpa de color amarillo claro. Presenta un almacenamiento corto (un mes) en condiciones normales. Susceptible al verdeamiento.
- ◆ **Calidad:** El contenido de materia seca es de 21.0 a 21.9% y el de azúcares reductores de 0.1 mg/g de peso fresco; harinosidad y consistencia buena. Presenta características óptimas para el procesamiento en forma de tiras o papa frita a la francesa. El color de las tiras prefritas es amarillo no uniforme y el color del frito es excelente, tomando una tonalidad dorada debido al color amarillo de la pulpa. Presenta una consistencia crocante por su buen contenido de materia seca. Tiene un sabor para consumo en fresco muy bueno.
- ◆ **Reacción a enfermedades:** Alta resistencia a las razas predominantes de gota (*Phytophthora infestans*).
- ◆ **Características agronómicas:** El rendimiento promedio de esta variedad, evaluado en alturas entre los 2.600 y 3.200 metros, se encuentra entre las 30 y 45 t/ha. El periodo vegetativo es de 150 a 165 días.

ICA Zipa

- ◆ **Características de la planta:** Porte mediano, tallos delgados, follaje verde claro, folíolos primarios pequeños, de color verde claro. Floración escasa, las flores de color rosado claro, presentan androesterilidad (polen no fértil). Fructificación escasa.
- ◆ **Características del tubérculo:** El tamaño de los tubérculos en promedio es grande, de forma redonda, ligeramente aplanada. El color de la piel es blanco-crema y el de la pulpa es crema. Los ojos son de profundidad media. Presenta un periodo de reposo de tres meses (15°C y 90% de humedad relativa). Susceptible al verdeamiento medio.
- ◆ **Calidad:** Presenta características adecuadas para fritura en hojuelas "chips". Un contenido de materia seca de 22.3 a 24.4% y menos del 0.1 mg/g de peso fresco de azúcares



reductores. Harinosidad y consistencia media, el color de frito a 175°C es muy bueno. Buena para consumo en fresco.

- ◆ **Reacción a enfermedades:** Además de tolerar heladas leves (-2° C), presenta una alta resistencia a la gota (*Phytophthora infestans*) del tipo duradero (resistencia no específica).
- ◆ **Características agronómicas:** Se adapta a zonas entre los 2.500 y 3.200 metros de altitud. El rendimiento promedio en altitudes dentro del rango de 2.800 a 3.200 se encuentra entre 20 y 30 t/ha. Su periodo vegetativo es de 140 a 165 días, de acuerdo con la altitud del cultivo.

ICA Chitagá

- ◆ **Características de la planta:** Porte alto, posee de cinco a siete tallos con varias ramificaciones y su altura varía de 1.20 a 1.50 metros. Son gruesos, angulosos, pubescentes y erectos hasta la floración, de regular cobertura. Los folíolos primarios son angostos, de color verde claro. Las flores son de color violáceo o rosado lila, con acúmenes blancos en las puntas. Rara vez forman frutos y cuando lo hacen son de color verde claro antes de la maduración. Presenta volcamiento prematuro.
- ◆ **Características del tubérculo:** Tuberización temprana, tubérculos poco numerosos por planta de tamaño grande y forma ovalada, algo aplanada, los ojos son de profundidad superficial. La piel es de color poco estable, rojo con tintes cremas, la pulpa es de color crema. Presenta excelente conservación en almacenamiento. Tiene un periodo de reposo de tres meses a 15°C y 75% de humedad relativa. Resistente al transporte.
- ◆ **Calidad:** Regular para el consumo en fresco y excelente para la industria de papa frita. El porcentaje promedio de materia seca es de 23.2% y el de azúcares reductores es inferior a 0.1 mg/g de peso fresco.
- ◆ **Reacción a enfermedades:** Resistente a la gota (*Phytophthora infestans*) (resistencia de campo) y al virus del enrollamiento de las hojas PLRV y a la roya (*Puccinia pittieriana*). Susceptible a los virus PVX y PVY y a rhizoctonias (*Rhizoctonia solani*).
- ◆ **Características agronómicas:** Es de maduración relativamente temprana. Se adapta a regiones con altitudes entre 2.500 y 3.200 metros. Su periodo vegetativo está entre 5 y 5 meses y medio de duración, dependiendo de la altitud del cultivo. Su mejor comportamiento se encuentra en zonas altas. Igualmente, se comporta bien en zona cafetera. El rendimiento comercial promedio es de 30 t/ha.

ICA Morasurco

- ◆ **Características de la planta:** Porte alto, tallos gruesos y erectos; abundante follaje, de color verde oscuro, que cubre bien el surco, estolones largos y abundante sistemas de raíces. Folíolos primarios pequeños, de color verde oscuro. Flores abundantes, de color morado, rara vez forman frutos.
- ◆ **Características del tubérculo:** Forma redonda, aplanada, de tamaño grande. Los ojos son superficiales. El color de la piel es morado con manchas de color crema y la pulpa es crema. La tuberización es temprana, con tubérculos numerosos. Resistente al manipuleo, al transporte y al verdeamiento. Tiene un periodo de reposo de dos meses, presenta dominancia apical. Buena resistencia al almacenamiento prolongado.
- ◆ **Calidad:** Presenta un bajo contenido de materia seca (18%), por lo cual no se recomienda para procesamiento. Regular para el consumo fresco. De consistencia compacta en la cocción.
- ◆ **Reacción a enfermedades:** Mediana resistencia a la gota (*Phytophthora infestans*) y a la rhizoctonias (*Rhizoctonia solani*), resistente a los virus PVX y PVY. Susceptible al virus del enrollamiento de las hojas PLVR.

- ◆ **Características agronómicas:** Se adapta bien a altitudes entre 2.300 y 3.200 metros, de maduración relativamente temprana, tiene un ciclo vegetativo entre 5 a 6 meses y medio, dependiendo de la altitud. El rendimiento en promedio es de 25 t/ha. Es tolerante a la sequía.

ICA San Jorge

- ◆ **Características de la planta:** Porte mediano, tallos delgados, erectos, de color púrpura-verde, de crecimiento relativamente lento y de regular cobertura. Foliolos primarios anchos, cortos y de color verde oscuro. Flores abundantes, de color violeta oscuro. Frutos poco abundantes.
- ◆ **Características del tubérculo:** Tuberización intermedia, tubérculos numerosos, de tamaño mediano, de forma ovalada casi redonda, color de piel púrpura-crema (con halos color crema a veces dispersos). Pulpa de color crema. Los ojos son de profundidad media. Periodo de reposo de 2 meses y medio a 15°C y 75% de humedad relativa. Buena conservación en almacenamiento. Resistente al transporte.
- ◆ **Calidad:** Buena calidad culinaria para consumo en fresco. El contenido de materia seca es de 24.5% y 0.25 mg/g de peso fresco de azúcares reductores.
- ◆ **Reacción a enfermedades:** Medianamente resistente a la gota (*Phytophthora infestans*), susceptible a los virus PVX y PVY.
- ◆ **Características agronómicas:** Maduración intermedia, su ciclo vegetativo dura de 5 meses y medio a 6 meses. Se adapta a zonas comprendidas entre altitudes de 2.000 a 3.000 metros. El rendimiento comercial promedio es de 30 t/ha. Predomina el tamaño de tubérculo de segunda (mediano).

ICA Mutiscua

- ◆ **Características de la planta:** Porte alto; en promedio una altura de 1.20 metros y seis tallos gruesos por planta, de color verde oscuro. El follaje es abundante, de buena cobertura, caracterizado por hojas medianas un poco rugosas y de color verde oscuro. Raíces abundantes. Las flores son de color violeta intenso. Fructificación escasa.
- ◆ **Características del tubérculo:** Tuberización intermedia, estolones numerosos, largos y gruesos. Los tubérculos son poco numerosos, de tamaño grande, forma ovalada, color de piel rosado o rosado fuerte, ojos de profundidad media y carne crema. Periodo de reposo de dos meses a 15°C y 75% de humedad relativa. Su conservación durante el almacenamiento y resistencia al transporte es regular.
- ◆ **Calidad:** El contenido de materia seca es de 20%, el de azúcares reductores es menor de 0.1 mg/g de peso fresco, lo que la hace apta para la industria de papa frita. Su calidad culinaria es regular.
- ◆ **Reacción a enfermedades:** Alta resistencia de campo a la gota (*Phytophthora infestans*). Resistente a los virus PVX, PVY y PLVR.
- ◆ **Características agronómicas:** Se adapta muy bien a las regiones comprendidas entre los 2.500 y 3.400 metros de altitud. De maduración intermedia. Su periodo vegetativo en alturas de más de 3.000 metros es de 175 días y en zonas más bajas es de 145. El rendimiento comercial promedio es de 35 t/ha.

ICA Tequendama

- ◆ **Características de la planta:** Porte alto de color verde oscuro, crecimiento relativamente rápido, regular cobertura. Tallos gruesos de color verde púrpura. Foliolos primarios medianos, de color verde oscuro. Flores grandes, abundantes, lilas claras. Frutos abundantes de forma ovalada.



- ◆ **Características del tubérculo:** Tuberización temprana, tubérculos numerosos. Susceptibles al verdeamiento. De tamaño medio, forma redonda, profundidad de ojos mediana, color de la piel crema-rojo (con tintes o manchas rojas), color de la pulpa crema. Periodo de reposo de 2 meses y medio a 15°C y 75% de humedad relativa. Buena conservación en almacenamiento.
- ◆ **Calidad:** Excelente para consumo fresco. El contenido de materia seca es de 24% y bajo contenido de azúcares reductores. La calidad para fabricación de papa frita es excelente.
- ◆ **Reacción a enfermedades:** Medianamente resistente a la gota (*Phytophthora infestans*) y a la roya (*Puccinia pittieriana*). Susceptible a los virus PVX, PVY y PLVR.
- ◆ **Características agronómicas:** Maduración relativamente temprana. El periodo vegetativo se encuentra entre los 4 y medio y los 5 meses y medio, según la altitud del lugar donde se siembre el cultivo. La zona de adaptación oscila entre los 2.300 y 3.200 metros de altitud. Adaptable al páramo. Rendimiento comercial de 28 t/ha. Predomina el tamaño mediano (segunda).

ICA Picacho

- ◆ **Características de la planta:** Porte mediano, de color verde oscuro. Regular cobertura. Tallos delgados, verde oscuros. Foliolos primarios medianos, verde oscuros. Flores medianas, abundantes, de color lila oscuro o púrpura. Fructificación abundante.
- ◆ **Características del tubérculo:** Tuberización temprana. Tubérculos numerosos, resistentes al transporte. Tamaño mediano de forma redonda, profundidad de ojos mediana, el color de la piel púrpura y el de la pulpa crema. Periodo de reposo de tres meses a 15°C y 75% de humedad relativa. Excelente conservación en almacenamiento.
- ◆ **Calidad:** Buena para consumo fresco. El contenido de materia seca es de 23%, concentración de azúcares reductores de 0.1 mg/g de peso fresco.
- ◆ **Reacción a enfermedades:** Medianamente resistente a la gota (*Phytophthora infestans*) y al virus del enrollamiento de la hoja PLRV. Susceptible a los virus PVX y PVY.
- ◆ **Características agronómicas:** Rendimiento de 25 t/ha. Predomina el tamaño de segunda (mediano). Maduración relativamente temprana, 4 meses y medio a 5 meses. Adaptación entre 2.000 a 3.000 metros de altitud. No se adapta bien al páramo alto.

ICA Cumanday

- ◆ **Características de la planta:** Porte mediano, follaje de color verde claro, buena cobertura. Tallos gruesos. Foliolos primarios grandes, verde claros. Flores rosadas. Fructificación escasa.
- ◆ **Características del tubérculo:** Tamaño grande, forma ovalada ligeramente aplanada, profundidad de ojos superficiales, la piel es roja o púrpura y la pulpa es crema. Tuberización temprana, tubérculos poco numerosos. Periodo de reposo de dos meses a 15°C y 75% de humedad relativa. Resistente al transporte. Regular conservación en almacenamiento.
- ◆ **Calidad:** Regular para el consumo fresco. El contenido de materia seca es de 20%.
- ◆ **Reacción a enfermedades:** Medianamente resistente a gota (*Phytophthora infestans*).
- ◆ **Características agronómicas:** Maduración relativamente temprana, cuatro y medio meses de periodo vegetativo. Zona de siembra entre los 2.000 y 3.000 metros de altitud. No se adapta bien al páramo alto. Rendimiento promedio comercial de 30 t/ha. Tamaño predominante de tubérculo grande (primera).

ICA San Pedro

- ◆ **Características de la planta:** De porte bajo, tallos numerosos, follaje de color verde oscuro que cubre el surco fácilmente; flores moradas con escasa producción de frutos.

- ◆ **Características del tubérculo:** De tamaño mediano, piel de color morado y pulpa crema, ojos de profundidad media, forma redonda, ligeramente aplanada. Periodo de reposo aproximado de tres meses. Resiste el manipuleo y transporte prolongado.
- ◆ **Calidad:** Tiene un contenido de materia seca de 19%. Es de buena calidad culinaria ya que no se deshace al cocinar, requiere de un mayor tiempo para su cocción.
- ◆ **Reacción a enfermedades:** Mediana resistencia a gota (*Phytophthora infestans*) y a roya (*Puccinia pittieriana*).
- ◆ **Características agronómicas:** Presenta un ciclo de cultivo promedio de 5 meses. Se adapta bien a altitudes entre los 2.800 y 3.200 metros, en regiones con suelos fértiles y buena precipitación. El promedio de rendimiento comercial es de 25 t/ha.

Variedades nativas o regionales

Tuquerreña

- ◆ **Características de la planta:** De porte mediano; verde oscuro, crecimiento lento y regular cobertura. Tallos gruesos, ramificados poco pigmentados; folíolos primarios pequeños pubescentes, de color verde oscuro. Flores moradas o púrpuras de larga duración. Fructificación abundante.
- ◆ **Características del tubérculo:** Tuberización tardía, tubérculos numerosos de tamaño pequeño a mediano; forma redonda, ligeramente aplanada, profundidad de ojos superficial, la piel es púrpura crema y la pulpa es crema. Resistente al verdeamiento y transporte prolongado. Periodo de reposo de tres meses a 15°C y 75% de humedad relativa. Excelente conservación en almacenamiento.
- ◆ **Calidad:** Excelente para consumo fresco, no se deshace al cocinarla. El contenido de materia seca es de 24.5% y de azúcares reductores de 0.1 mg/g de peso fresco.
- ◆ **Reacción a enfermedades:** Susceptible a gota (*Phytophthora infestans*).
- ◆ **Características agronómicas:** Maduración muy tardía; 6 a 7 meses de ciclo de cultivo. Adaptación a zonas de altitudes entre 2.600 y 3.200 metros. Se adapta bien a zonas altas. Rendimiento promedio comercial de 20 t/ha. Los tamaños predominantes de tubérculos son de tercera (pequeños) y segunda (medianos).

Argentina

- ◆ **Características de la planta:** Esta variedad es de porte alto, follaje de color verde oscuro, y crecimiento lento. Presenta una buena cobertura. Tallos gruesos, ramificados, folíolos primarios medianos, verde oscuros; flores numerosas, de color rosado o morado intenso. Fructificación abundante.
- ◆ **Características del tubérculo:** Tuberización tardía, tubérculos numerosos, pequeños, forma redonda, los ojos son profundos, piel y pulpa amarillas. Resistente al transporte. Periodo de reposo de tres meses a 15°C y 75% de humedad relativa. Excelente conservación en almacenamiento.
- ◆ **Calidad:** Excelente para el consumo fresco, el contenido aproximado de materia seca es de 24% y de azúcares reductores de 0.1 mg/g de peso fresco.
- ◆ **Reacción a enfermedades:** Susceptible a gota (*Phytophthora infestans*).
- ◆ **Características agronómicas:** De maduración muy tardía, periodo vegetativo de 7 a 8 meses. Se adapta al páramo alto entre 2.800 y 3.500 metros de altitud. El rendimiento promedio comercial es de 20 t/ha.



Salentina

- ◆ **Características de la planta:** De porte alto, follaje verde claro, de crecimiento lento, buena cobertura. Tallos gruesos, ramificados. Foliolos primarios medianos, verde claros. Flores de color rosado claro a morado intenso. Fructificación abundante.
- ◆ **Características del tubérculo:** Tuberización tardía, tubérculos numerosos de tamaño mediano, forma redonda, ligeramente aplanada, profundidad de ojos superficiales. Color de la piel rojo a púrpura crema, la pulpa es crema. Resistente al transporte y al verdeamiento. Periodo de reposo de tres meses a 15°C y 75% de humedad relativa. Excelente conservación en almacenamiento.
- ◆ **Calidad:** Excelente para consumo fresco. El contenido de materia seca es de 24% y de azúcares reductores de 0.1 mg/g de peso fresco.
- ◆ **Reacción a enfermedades:** Susceptible a gota (*Phytophthora infestans*).
- ◆ **Características agronómicas:** De maduración muy tardía, periodo vegetativo de 7 a 8 meses. Adaptación a zonas comprendidas entre altitudes de 2.800 a 3.300 metros. Rendimiento promedio comercial de 20 t/ha.

Yema de Huevo (papa criolla)

- ◆ **Características de la planta:** De porte bajo, follaje de color verde claro, crecimiento rápido y de regular cobertura. Presenta varios tallos delgados, de color verde claro. Foliolos primarios pequeños y rugosos de color verde claro; flores color lila, abundantes. Fructificación escasa.
- ◆ **Características del tubérculo:** Tuberización muy temprana, tubérculos numerosos por planta, de tamaño pequeño, forma redonda, ojos profundos y numerosos, color de piel y pulpa amarillo intenso. No tiene periodo de reposo, presenta brotes de varios centímetros antes de la maduración.
- ◆ **Calidad:** Excelente calidad para consumo fresco; aunque se deshace en la cocción. El contenido de materia seca es de 22.8% y de azúcares reductores de 0.1 mg/g de peso fresco. Se procesa para frito (tubérculos enteros).
- ◆ **Reacción a enfermedades:** Mediana resistencia a gota (*Phytophthora infestans*).
- ◆ **Características agronómicas:** De maduración temprana, periodo vegetativo del cultivo de 4 meses. Su rango de adaptación está comprendido entre las altitudes de 2.500 y 3.000 metros. Su rendimiento promedio esta de 15 a 18 t/ha.

Chaucha Mambra

- ◆ **Características de la planta:** De porte bajo, crecimiento rápido y de regular cobertura. Numerosos tallos delgados ramificados de color verde claro; foliolos primarios pequeños, rugosos, verde claro. Flores abundantes, de color morado o lila. Fructificación escasa.
- ◆ **Características del tubérculo:** Tuberización muy temprana, tubérculos numerosos de tamaño pequeño, forma redonda, ojos profundos, la piel es de color morado-crema o rojo con parches crema, y la pulpa es de color amarillo intenso. No presenta periodo de reposo y muestra brotes de varios centímetros antes de la maduración. Su tiempo de conservación es de máximo dos semanas, luego se inicia el deterioro debido al proceso de brotación.
- ◆ **Calidad:** Excelente para consumo fresco. Se deshace al cocinarla. Se emplea para freir los tubérculos enteros. El contenido de materia seca es de 18%.
- ◆ **Reacción a enfermedades:** Susceptible a gota (*Phytophthora infestans*).
- ◆ **Características agronómicas:** Se adapta muy bien entre altitudes de 2.800 y 3.300 metros, es precoz, con un periodo vegetativo de 120 días. Produce entre 15 y 20 t/ha.

Tabla 1. Características de las variedades más sembradas en Colombia (resumen)

VARIEDAD	MADUREZ	RDTO	TAMAÑO DE PLANTA	CARACTERÍSTICAS			COLOR DE PULPA	
				PLANTAS	HOJAS	FLORES		TUBÉRCULOS
Parda Pastusa	Tardía	30 t/ha	Mediano	Porte erecto, tallos gruesos verde claros	Medianas verde claras	Grandes, rosado-oscuros o moradas	Redondos, ligeramente aplanados, ojos de mediana profundidad, piel gruesa áspera rosada clara.	Crema
Diacol Capiro	Intermedia a tardía	25 a 30 t/ha	Mediano	Porte extendido, tallos no muy gruesos, de color verde y púrpura	Grandes, alargadas, de color verde oscuro	Rosadas o lilas, acú-menes blancos	Redondos, ligeramente aplanados, ojos superficiales, piel roja casi morada.	Crema
ICA Nariño	Intermedia	28 a 30 t/ha	Mediano	Porte extendido, tallos delgados, verde oscuros	Medianas rugosas, verde oscuras	Escasas, morado-rojizas o lilas	Alargados u oblongos y planos, ojos superficiales, piel roja y lisa.	Crema intenso
Diacol Monserrate	Intermedia	30 t/ha	Alto	Porte erecto, tallos gruesos verde claros	Angostas, verde claras	Lilas, con acú-menes blancos	Ovalados o redondos y algo aplanados, ojos superficiales, piel crema con tintes rosados.	Crema
ICA Puracé	Temprana	35 t/ha	Mediano	Porte erecto, tallos gruesos verde oscuros	Grandes y anchas, verde oscuras	No muy abundantes, rosadas violáceas o lilas	Redondos, ligeramente aplanados, ojos superficiales, piel púrpura clara o roja.	Blanca
ICA Morita	Intermedia a tardía	32 a 40 t/ha	Alto	Porte erecto a extendido, tallos vigorosos, verde oscuros.	Grandes, verde oscuras.	Abundantes, lilas	Redondos aplanados, ojos superficiales, piel gruesa morada oscura.	Blanca-crema
ICA Única	Intermedia a tardía	30 a 45 t/ha	Alto	Porte erecto, tallos vigorosos verde oscuros.	Grandes, verde oscuras.	Profusas, de corta duración, lilas	Redondos algo alargados, ojos superficiales rosados, piel crema-marrón.	Amarilla clara

(Sigue...)



Tabla 1. Continuación

VARIEDAD	MADUREZ	RDT0	TAMAÑO DE PLANTA	CARACTERÍSTICAS			COLOR DE PULPA
				PLANTAS	HOJAS	FLORES	
ICA Chitagá	Temprana	30 t/ha	Alto	Porte erecto, tallos gruesos, angulosos, pubescentes verde claro.	Pequeñas, verde claras.	Violáceas o rosadas, acómenes blancos.	Ovalados algo aplanados, ojos superficiales, piel roja con tintes cremas.
ICA Morasurco	Temprana	25 t/ha	Alto	Porte erecto, tallos gruesos verde oscuro.	Pequeñas, verde oscuras.	Abundantes, moradas	Redondos aplanados, ojos superficiales, piel morada con manchas cremas.
ICA San Jorge	Intermedia	30 t/ha	Mediano	Porte erecto, tallos delgados púrpura verde.	Anchas, cortas verde oscuras.	Abundantes, de color violeta oscuro	Ovalado casi redondo, ojos medios, piel púrpura-crema con halos crema a veces dispersos.
ICA Mutiscua	Intermedia	35 t/ha	Alto	Porte extendido, tallos gruesos verde oscuros.	Medianas rugosas verde oscuras.	Color violeta intenso	Ovalados, ojos medios, piel de color rosado o rosado intenso.
ICA Tequendama	Temprana	28 t/ha	Alto	Porte extendido, tallos gruesos verde púrpura.	Medianas verde oscuras.	Grandes, abundantes, color lila claro	Redondo, ojos de profundidad media, piel de color crema-rojo con tintes rojos.
ICA Ziba	Mediana a tardía	20 a 30 t/ha	Mediano	Porte extendido, tallos delgados, verde claros.	Pequeñas verde claras.	Escasas, de color rosado claro, presentan androsterilidad.	Redondos ligeramente aplanados, ojos medios, piel blanca-crema.
ICA Picacho	Temprana	25 t/ha	Mediano	Porte erecto, tallos delgados verde oscuros.	Medianas verde oscuras.	Medianas abundantes, de color inusualmente oscuro o púrpura	Redondos, ojos medianos, piel púrpura

(Sigue...)

Tabla 1. Continuación

VARIEDAD	MADUREZ	RDTO	TAMAÑO DE PLANTA	CARACTERÍSTICAS			COLOR DE PULPA	
				PLANTAS	HOJAS	FLORES		TUBÉRCULOS
ICA San Pedro	Temprana	25 t/ha	Bajo	Porte extendido, tallos numerosos verde oscuros.	Medianas, verde oscuros.	Moradas	Redondos, ligeramente aplanados, ojos medianos, piel morada	Crema
Tuquerreña	Tardía	20 t/ha	Mediano	Porte extendido, tallos gruesos, ramificados verde oscuros pigmentados.	Pequeñas pubescentes verde oscuros.	Moradas o púrpuras, larga duración.	Redondos, ligeramente aplanados, ojos superficiales, piel púrpura crema.	Crema
Argentina	Tardía	20 t/ha	Alto	Porte extendido, tallos gruesos, ramificados verde oscuros.	Medianas verde oscuros.	De color rosado o morado intenso	Redondos, ojos profundos, piel amarilla.	Amarilla
Salentuna	Tardía	20 t/ha	Alto	Porte extendido, tallos gruesos ramificados verde claros.	Medianas verde claros.	Rosada claro o morada intenso	Redondo ligeramente aplanado, ojos superficiales, piel roja o púrpura crema.	Crema
Yema de huevo	Temprana	15 a 18 t/ha	Bajo	Porte semi-erecto, tallos delgados verde claros.	Pequeñas rugosas verde claras.	Lilas, abundantes	Redondos ojos profundos, piel amarilla intenso.	Amarilla
Chaucha Mambra	Temprana	15 a 20 t/ha	Bajo	Porte semi-extendido, tallos delgados ramificados, verde claro.	Pequeñas rugosas verde claras.	Abundantes, moradas o lilas	Redondos, ojos profundos, piel morada-crema o roja.	Amarilla



PRINCIPALES ZONAS DONDE SE CULTIVAN LAS VARIEDADES DE PAPA EN COLOMBIA

El uso de las diferentes variedades de papa en Colombia está altamente unido a la tipología de producción (tamaño de la finca, riego, fertilización, zona de cultivo), establecida para las diferentes regiones paperas del país, y a la demanda de variedades de acuerdo con su uso para consumo en fresco (90%) y consumo para procesamiento (10%).

La variedad y la cantidad de semilla sembrada, asociadas a los niveles de fertilización aplicados y a la presencia e incidencia de plagas y enfermedades, son los principales factores de diferenciación en el costo unitario de la producción de papa en Colombia. Estos factores pueden determinar no sólo mayores o menores costos de producción, sino que, en gran medida, de ellos depende la obtención de altos o bajos niveles de rendimiento físico y rentabilidad económica.

A continuación se hace una reseña de las principales zonas y variedades de papa en el país. En la tabla 2 se incluyen las variedades de papa sembradas en Colombia, de acuerdo con las zonas agroecológicas del cultivo.

CUNDINAMARCA Y BOYACÁ

En la Sabana de Bogotá y los valles cundiboyacenses, con alturas de 2.500 a 2.600 metros de altitud, se siembran variedades para uso industrial, principalmente la *R-12 Negra* en Cundinamarca y *Diacol Capiro* o *ICA Huila* en Boyacá. Esta variedad se siembra en zonas ubicadas en la Sabana de Bogotá, Samacá y otros valles de Boyacá, por agricultores medianos y grandes, tecnificados (5 y 30 hectáreas). Un 20% de ellos poseen riego, especialmente en Soacha y Subachoque, en el caso de la Sabana de Bogotá, y algunos en Samacá (Boyacá). El periodo vegetativo de esta variedad es de 5 meses y medio y sus rendimientos normales oscilan entre 26 y 30 t/ha.

En las zonas altas y de ladera, con altitudes entre 2.700 a 3.500 metros, se siembra la variedad *Parda Pastusa* para consumo en fresco. El periodo vegetativo en estas áreas se encuentra entre 6 y 7 meses, lo cual limita en gran medida sembrar una segunda cosecha al año, por problemas de heladas o por el régimen de lluvias. Los rendimientos modales varían entre 20 y 22 t/ha. Los agricultores que la siembran se caracterizan por ser pequeños y medianos (5 y 30 hectáreas) semi-tecnificados.

En las zonas de ladera y los valles cundiboyacenses, donde predominan los pequeños productores con tecnología tradicional, se siembran las siguientes variedades:

Diacol Capiro, popularmente conocida por *ICA Huila*, destinada para la industria de procesamiento en Boyacá. Sus rendimientos están alrededor de 18 a 20 t/ha.

Parda Pastusa, procedente de los páramos, destinada para el consumo en fresco. Sus rendimientos modales varían entre 15 y 18 t/ha.

Tuquerreña, variedad conocida como *Sabanera* o *Tocarreña*. Es la única variedad en el país que los agricultores almacenan, sin que ello implique un costo; lo cual les permite hacer alguna regulación sobre el precio y organizarse mejor para el mercadeo. Esta variedad es más apetecida para el consumo directo (restaurantes y similares).

NARIÑO

La papa se siembra en áreas planas o ligeramente onduladas (en pendientes menores al 8%), con alturas de 2.700 a 2.800 metros. Los grandes y medianos productores tecnificados siembran las variedades *Parda Pastusa* e *ICA Nariño*, las cuales producen rendimientos estimados entre 30 y 35 t/ha. Estas áreas comprenden principalmente los municipios de Túquerres, Ipiales, Pupiales, Aldana y Pasto.

Tabla 2 . Variedades de papa cultivadas en Colombia de acuerdo con las zonas agroecológicas de cultivo

Variedades	ZONAS AGROECOLÓGICAS				
	Cundinamarca Boyacá 2500-3500 msnm (1)	Nariño 2700-3000 msnm (2)	Antioquia 2000 - 2500 msnm (3)	Santanderes 2.00- 3000 msnm (4)	Otras regiones 2800 - 3000 msnm (5)
<i>1. consumo fresco</i>					
Parda Pastusa					
Tuquerreña					
ICA Nariño					
ICA Morasurco					
ICA San Pedro					
Argentina (regional)					
Salentuna (regional)					
ICA Cumanday					
ICA Musticua					
ICA San Jorge					
Diacol Capiro					
ICA Nevada					
ICA Puracé					
ICA Morita					
<i>2. Procesamiento</i>					
Diacol Capiro					
Diacol Monserrate					
ICA Chitaga					
ICA Unica					
ICA Zipa					

- (1) Sabana de Bogotá (2500 - 2600 msnm); valles cundiboyacenses (2500 - 2600msnm); zonas altas y de ladera (2700 - 3500msnm).
- (2) Areas planas o suavemente onduladas (2700 - 2800 msnm); áreas onduladas y laderas de pendientes medias (2700 - 3000 msnm); zonas altas y húmedas de topografía quebrada (2700 - 3000 msnm).
- (3) Oriente antioqueño y altiplano norte (2000 - 2500 msnm).
- (4) Montaña santandereana (2500 - 3000 msnm).
- (5) Alrededores del páramo del Ruiz (2800 - 3000 msnm)

Fuente: Programa Regional de Investigación Agrícola. Regional Uno. Corpoica.



Los pequeños y medianos productores semi-tecnificados, ubicados en áreas onduladas y de ladera de pendientes medias (entre 10 y 20%), con alturas desde 2.700 hasta 3.000 metros, consideradas agroecológicamente óptimas para el cultivo de papa, siembran la variedad *Parda Pastusa*, cuyos rendimientos son del orden de 22 a 25 t/ha. Además de los municipios mencionados, en el área anterior, también vale la pena mencionar a Sapueyes, Cumbal, Guachucal, Contadero y Gualmatán.

Los pequeños productores tradicionales, ubicados en zonas altas y húmedas de topografía quebrada (superiores al 25% de pendiente), con alturas por encima de 3.000 metros y consideradas desde el punto de vista agroecológico como "relativamente marginales" para el cultivo de papa, siembran principalmente las variedades *ICA Morasurco* y en menor cantidad *Parda Pastusa* e *ICA Nariño* con rendimientos de alrededor de 18 t/ha. Estos productores se encuentran ubicados en los municipios de Potosí, Puerres, Guachucal y parte de la zona alta de Riobobo.

Aunque prácticamente la mitad de los municipios del departamento de Nariño son productores de papa, se considera que los mencionados representan 80% de la producción de papa del departamento.

En los últimos cinco años, de acuerdo con la participación en el mercado, las principales variedades sembradas en Nariño son: *Parda Pastusa* 50%, *ICA Nariño* 25%, *Diacol Capiro* 20%, *ICA Morasurco* 2%, *ICA San Pedro* 2% y *Tuquerreña* 1%.

ANTIOQUIA

Los medianos y pequeños productores semi-tecnificados siembran la variedad *Diacol Capiro* con rendimientos alrededor de 20 t/ha. En el oriente antioqueño sobresalen las áreas productoras del Carmen de Viboral y Rionegro, cuyos pequeños propietarios siembran la papa en un sistema de rotación con maíz y frijol, y La Unión, donde predomina la rotación papa-pastos-bovinos leche. En el altiplano norte se ubica el grupo denominado "comercial", o sea, el que produce papa para la industria, y que desarrolla un sistema de rotación papa-pastos-bovinos leche-cerdos. Ellos producen 75% de la papa del altiplano norte y del oriente antioqueño, e inclusive casi 100% de la correspondiente a La Unión.

Los pequeños productores con tecnología tradicional obtienen rendimientos entre 12 y 15 t/ha, alternando la variedad *Diacol Capiro* con variedades como *ICA Puracé*, *ICA Picacho*, *ICA Cumanday*, *ICA Nevada* y *Careta*. En el oriente antioqueño esta producción se localiza principalmente en los municipios de San Vicente, Concepción y Guarne. En el altiplano norte, corresponde a los productores "tradicionales" de la zona, los cuales producen 25% de la papa del altiplano norte y del oriente antioqueño.

SANTANDERES

En la subregión natural de montaña santandereana predominan los agricultores pequeños con tecnología tradicional. Los principales municipios productores de papa son Chitagá, Silos, Pamplona, Cácuta y Mutiscua. La variedad *Parda Pastusa* ocupa el primer lugar de importancia, le siguen las variedades *ICA Mutiscua*, *ICA Chitagá* o *Montserrat Roja* e *ICA Puracé* por sus buenos rendimientos y la tolerancia a plagas y enfermedades.

En años recientes se ha presentado un incremento en el área de siembra de la variedad *Diacol Capiro* para uso industrial (procesamiento).

OTRAS REGIONES

Adicionalmente a las anteriores regiones productoras de papa se destacan las zonas ubicadas entre los 2.800 y 3.000 metros de altitud alrededor del páramo del Ruíz (Caldas y Tolima), donde

se siembran las variedades regionales *Argentina* y *Salentuna* con periodos vegetativos entre 6 y 7 meses y rendimientos modales comprendidos entre 18 y 20 t/ha. Estas variedades se consumen especialmente en el eje cafetero.

VARIETADES PARA PROCESAMIENTO

La mayor limitación que enfrenta la industria procesadora de papa en el país, es la baja disponibilidad de variedades mejoradas que satisfagan los requerimientos físicos y de calidad para procesamiento. Variedades como *Diacol Monserrate*, *ICA Guantiva*, *ICA Puracé*, *Parda Pastusa*, *ICA Chitagá*, *ICA San Jorge*, *ICA Huila*, *ICA Única*, *ICA Zipa* y *Diacol Capiro (R-12 Negra)* han sido probadas por la industria con relativo éxito. Actualmente, 70% de la demanda se ha concentrado en la variedad *Diacol Capiro* y 30% en las variedades *Diacol Monserrate* e *ICA Única*; el resto de las variedades mencionadas presentan características no adecuadas para el procesamiento.

Las variedades con mayor aptitud para el procesamiento son las siguientes :

Diacol Capiro

Esta variedad se lanzó en Antioquia en donde se cultivó como principal variedad por más de 20 años, hasta cuando se observó su buen comportamiento para procesamiento y a partir de 1983 se empezó a difundir a otros departamentos. Es la variedad de mayor uso, favorecida por una buena oferta durante una gran parte del año, y por un excelente comportamiento en almacenamiento, transporte y tolerancia al manipuleo. La producción se localiza generalmente en áreas cercanas a las plantas de procesamiento. Sus desventajas radican en el alto desperdicio y el tiempo de pelado, debido al grosor de la piel y a la profundidad de los ojos, aspectos que afectan el rendimiento y la presentación del producto terminado. Igualmente la variación del contenido de azúcares reductores y de materia seca limitan su rendimiento en línea. A pesar de lo anterior es la variedad más empleada por la industria en todo el país.

ICA Única

En razón al tamaño grande de sus tubérculos y al alto contenido de sólidos, se utiliza principalmente para papa a la francesa. Debido a que su contenido de azúcares reductores es muy variable no se usa para "chips" (hojuelas). Las limitaciones radican en que su oferta no es abundante ni estable en el tiempo, así como en la dificultad para almacenarla por largos periodos, por su gran susceptibilidad al ataque de patógenos.

Diacol Monserrate

Es la variedad que presenta mayor aptitud para procesamiento industrial, ya que tiene un alto porcentaje de materia seca y moderado contenido de azúcares reductores, características que la hacen óptima para obtener "chips" más crocantes y agradables para el consumidor. Su utilización se ha visto disminuida por la baja oferta de semilla certificada para la siembra.

ICA Zipa

Esta variedad presenta buena calidad y características para procesamiento por la forma del tubérculo (redonda), el contenido de materia seca, el color de carne (blanca) y la facilidad de pelado. Sin embargo, por su alto contenido de azúcares reductores es poco utilizada por la industria para la



fabricación de "chips". Su imposibilidad de almacenamiento prolongado y la presencia de "corazón hueco", en tubérculos grandes, limita su uso en la elaboración de papa a la francesa.

RECOMENDACIONES

Como puede observarse, la preferencia de la mayoría de las variedades de papa que se siembran en las diferentes regiones de Colombia, está estrechamente ligada al tipo de explotación, zona agroecológica, tecnología usada y demanda de acuerdo con su uso, que diferencian una región de otra. Las zonas de adaptación recomendadas en la caracterización de las variedades se ven superadas o ampliadas por las variables socioeconómicas, agroecológicas y tecnológicas que en una misma región diferencian a un grupo de otro. Con base en la información anterior se exponen a continuación las siguientes recomendaciones:

- La selección adecuada de una variedad, junto con la buena preparación y análisis de suelos, el uso de fertilizantes, lluvias o disponibilidad de agua; controles fitosanitarios y de malezas, son aspectos que inciden en el éxito económico de un cultivo de papa.
- Es importante conocer y probar las variedades que por sus características agronómicas, de calidad industrial y de producción, son las más adecuadas para evaluar en las diferentes zonas paperas del país.
- La variedad a utilizar debe ser aquella que por sus condiciones especiales se adapte a la zona en que se ha de cultivar.
- Las variedades de papa mejoradas aventajan en gran porcentaje a las regionales sembradas comúnmente por los agricultores.
- Las variedades mejoradas, de período vegetativo corto, son las más indicadas para sembrar, ya que permiten más tiempo para la preparación de la tierra y dan mayores facilidades para practicar la rotación de cultivos.
- El agricultor debe tener en cuenta la calidad de las variedades de papa para consumo en fresco, ya que en muchas partes el público está acostumbrado a consumir papa de excelente sabor y calidad.
- Las variedades para consumo en fresco deben poseer buenas características de tubérculo: buena forma, que sea redonda y sin protuberancias; tamaño regular, que los tubérculos no sean excesivamente grandes ni muy pequeños y que el peso aproximado oscile entre 60 y 80 gramos; ojos y yemas superficiales, pues demasiado profundos demeritan el producto y hay mucha pérdida de la pulpa cuando se consume pelada. La exigencia en cuanto al color de la piel es muy variable para algunos departamentos; por ejemplo, en Cundinamarca y Boyacá les gusta la papa color crema o crema rosada, mientras que en Antioquia y Caldas la prefieren de color rojo o púrpura. Pero en términos generales, la tendencia actual es de colores oscuros, principalmente el rojo y el morado. El color crema de la pulpa o carne de la papa es el más generalizado y el más apetecido por el consumidor colombiano.
- Cuando se siembre papa para procesamiento (hojuelas o "chips" y papa a la francesa) es recomendable utilizar variedades con las siguientes características: bajo contenido de azúcares reductores; alto contenido de materia seca; color de la piel crema o claro y pulpa o carne de color crema a amarillo oro; La forma y tamaño del tubérculo también son importantes, especialmente son preferidas las formas redondas (diámetros mayores a 5 cm para hojuelas) y las alargadas (6 a 7 cm de largo para obtener tiras o papas a la francesa).
- Es importante conocer las preferencias de los comerciantes por las variedades que presentan tolerancia al transporte (que no se "verdean" rápidamente) y almacenamiento (que no se brotan o no se dañan fácilmente).
- En términos generales, las características más sobresalientes a tener en cuenta al seleccionar una variedad para siembra son sus altos rendimientos, precocidad, buena calidad culinaria y de procesamiento, además de la demanda del mercado.

Semilla de papa

Pedro José Corzo Carrillo¹

Semilla es toda estructura botánica sexual o asexual capaz de dar origen a otra planta de su misma especie. En este documento, el término semilla se refiere al tubérculo brotado utilizado para la producción de papa, también denominado tubérculo-semilla.

La semilla es uno de los principales factores en la producción de papa. Es posible mejorar la producción mediante la optimización de otros componentes tales como la fertilización, el control fitosanitario, el manejo agronómico y la disponibilidad de agua, pero si la semilla es de mala calidad, los rendimientos serán reducidos. Por esta razón se han desarrollado metodologías para mejorar su calidad. Algunas de estas metodologías se presentan a continuación:

MÉTODOS PARA LA SELECCIÓN DE SEMILLA DE PAPA EN CAMPO

Tradicionalmente, muchos agricultores han seleccionado como semilla las papas que no pueden comercializar; generalmente se incluyen tubérculos deformes, cortados o muy pequeños ("riche"); lo cual origina plantas débiles, enfermas y con bajo rendimiento, ya que no se ha tenido en cuenta la sanidad del cultivo.

Por estas razones se han desarrollado métodos fáciles y seguros para seleccionar en condiciones de campo, semilla aparentemente sana. Dentro de los más conocidos se encuentran: la Selección Masal y la Selección Clonal.

SELECCIÓN MASAL

Con este método sencillo el productor de papa puede obtener su propia semilla, cuando no dispone de semilla certificada. El objetivo es mejorar la calidad de la semilla, mediante la selección de las mejores plantas disponibles en el cultivo, la cosecha y mezcla de la producción de las plantas seleccionadas, el almacenamiento de los tubérculos y su respectiva siembra para el siguiente cultivo, en una parcela de semilla.

El proceso se repite en cada ciclo de cultivo, seleccionando las mejores plantas de la parcela de semilla que esté en crecimiento, para sembrar los tubérculos de esa nueva selección, en una

¹ Investigador del Programa Regional Agrícola de Corpoica. C.I. Tibaitatá – E-mail: pcorzo@corpoica.org.co.

nueva parcela de semilla. Los tubérculos obtenidos de las plantas no seleccionadas en la parcela, se pueden utilizar como semilla para la siembra normal de papa para consumo.

Este es uno de los métodos más sencillos y económicos, adaptado y difundido por el Centro Internacional de la Papa, CIP, como "Técnicas de parcelas de semilla de papa a nivel del agricultor", con el siguiente procedimiento descrito por Bryan, 1980:

Durante el primer año, y en el mejor campo de cultivo, se escogen aquellas plantas que sobresalen por su sanidad y desarrollo y se identifican con una estaca o etiqueta. Se recomienda hacer la selección positiva en dos momentos del cultivo: cuando las plantas son pequeñas y están bien separadas y en el momento de la floración; esto permite detectar con facilidad una posible mezcla de variedades, así como las diferencias en desarrollo y sanidad. La cantidad de plantas seleccionadas depende de la semilla que se necesite para el cultivo comercial.

Cuando el cultivo llegue a su madurez, pero antes de la recolección definitiva, se deben cosechar a mano las plantas marcadas con estacas, descartando las de bajo rendimiento y las que presentan enfermedades o deformación de los tubérculos.

Los tubérculos así cosechados se mezclan y clasifican según los tamaños tradicionales (primera, segunda, tercera y cuarta o "semillón"), si la producción así lo permite. La semilla resultante se guarda, separada de la papa de consumo, en condiciones de luz, temperatura y aireación propias del almacenamiento en silos rústicos o cajuelas. En la Figura 1 se presenta la secuencia que se debe adelantar cuando se realiza una selección masal.

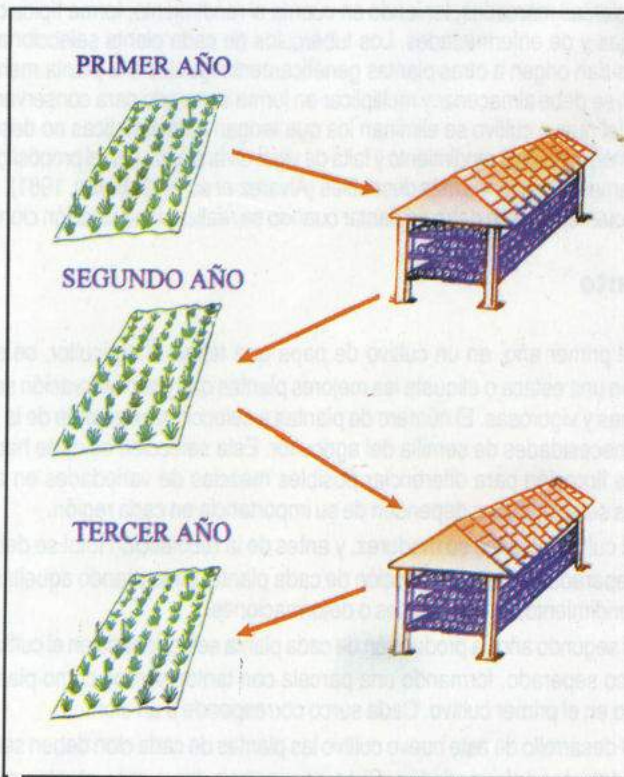


Figura 1. Selección masal.



Para el siguiente cultivo se siembra la semilla seleccionada en una parcela que este destinada para semilla. Preferiblemente en suelos donde no se haya cultivado papa en los últimos tres años. Se recomienda sembrar un sólo tubérculo por sitio y cada tamaño por separado.

Antes de la floración, en la parcela de semilla, es necesario marcar nuevamente con estacas las mejores plantas, cuya producción se cosechará y almacenará como se indicó anteriormente. Esta producción se usará para sembrar una nueva parcela de semilla. Para aprovechar aquellas plantas que no fueron marcadas en la parcela de semilla, se puede hacer una "selección negativa", la cual consiste en escoger y eliminar las plantas enfermas o atípicas; que son posibles fuentes de problemas patológicos.

Los tubérculos cosechados de las plantas que no fueron eliminadas ni seleccionadas, se usan como semilla para el cultivo normal del productor. El procedimiento anterior se debe aplicar en cada ciclo de producción; al cabo de tres cultivos el agricultor podrá estar seguro de poseer semilla de muy buena calidad.

SELECCIÓN CLONAL

La selección clonal o selección positiva de plantas, es otro método de campo que se ha utilizado para seleccionar plantas aparentemente sanas y obtener semilla de buena calidad. Consiste en la selección y marcado de las mejores plantas de un cultivo de papa, con base en su sanidad, buena constitución, vigor y características típicas de cada variedad. Durante la cosecha, se hace otra selección de las plantas marcadas, teniendo en cuenta el rendimiento, forma típica de tubérculo y ausencia de plagas y de enfermedades. Los tubérculos de cada planta seleccionada se llaman clones, los cuales dan origen a otras plantas genéticamente iguales a la planta marcada o planta madre. Cada clon se debe almacenar y multiplicar en forma separada para conservar su identidad. Durante el ciclo del nuevo cultivo se eliminan los que tengan características no deseables, como enfermedades sistémicas, bajo rendimiento y falta de vigor de la planta, con el propósito de conservar y multiplicar únicamente los clones más deseables (Álvarez *et al.*, 1992; Bryan, 1981). En la Figura 2 se presenta la secuencia que se debe adelantar cuando se realiza una selección clonal.

Procedimiento

- ◆ Durante el primer año, en un cultivo de papa que tenga el agricultor, se seleccionan y marcan con una estaca o etiqueta las mejores plantas que por observación sean aparentemente sanas y vigorosas. El número de plantas a seleccionar depende de la capacidad de manejo y necesidades de semilla del agricultor. Esta selección se debe hacer durante el período de floración para diferenciar posibles mezclas de variedades en el cultivo. Las variedades seleccionadas dependen de su importancia en cada región.
- ◆ Cuando el cultivo alcance su madurez, y antes de la recolección total se debe cosechar y guardar separadamente la producción de cada planta, descartando aquellas que presenten bajo rendimiento, enfermedades o deformaciones.
- ◆ Durante el segundo año, la producción de cada planta seleccionada en el cultivo, se siembra en un surco separado, formando una parcela con tantos surcos como plantas se hayan cosechado en el primer cultivo. Cada surco corresponde a un clon.
- ◆ Durante el desarrollo de este nuevo cultivo las plantas de cada clon deben ser inspeccionadas para detectar enfermedades. Si se encuentran dos o más plantas enfermas en el mismo surco, todas las plantas deben ser eliminadas y removidas del campo. También se pueden seleccionar los mejores surcos (clones), por vigor de follaje.

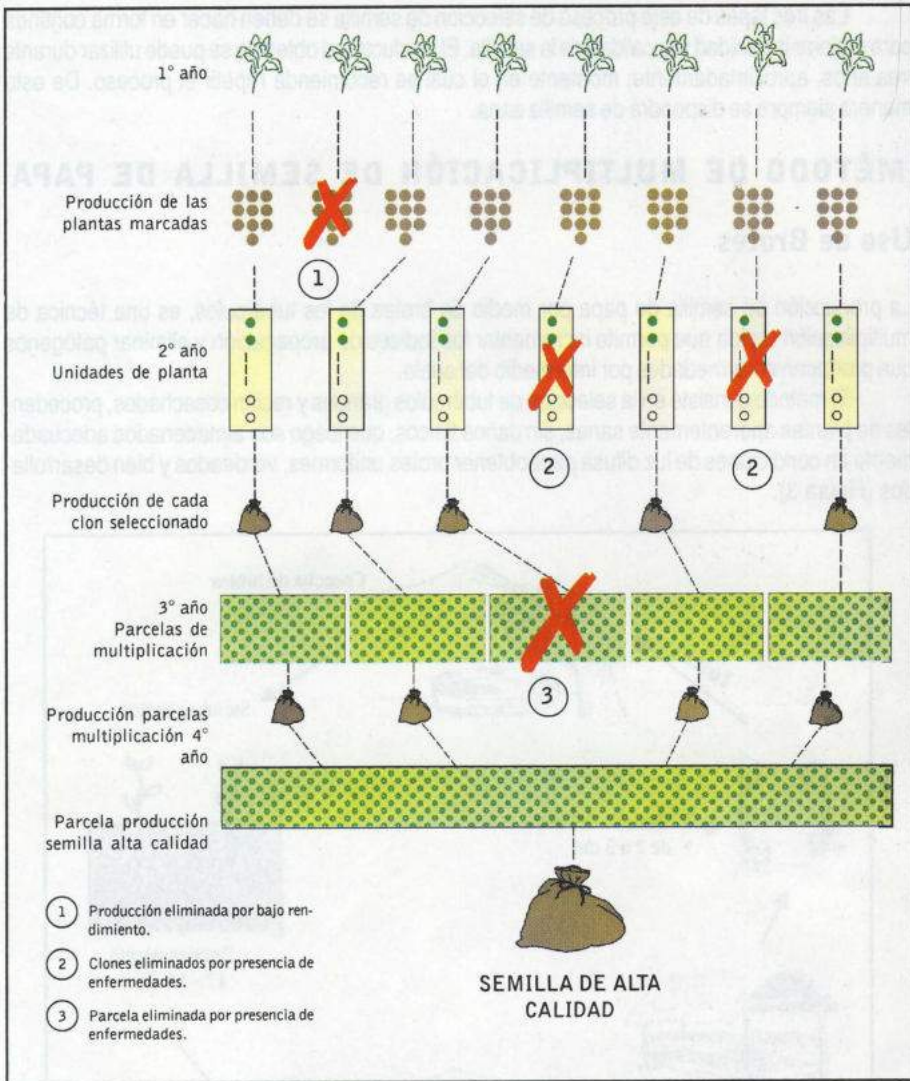


Figura 2. Selección clonal.

- ◆ La clasificación se hace en los surcos seleccionados, al momento de la cosecha, y su producción debe guardarse en forma individual para su multiplicación durante el próximo ciclo de cultivo.
- ◆ Durante el tercer ciclo de selección, la producción de cada surco seleccionado se siembra en una parcela de multiplicación, en donde se hace, durante el desarrollo del cultivo, el descarte de plantas con enfermedades. Al momento de la cosecha, la semilla procedente de cada parcela sana se mezcla para su utilización comercial por parte del agricultor o para ser usada como semilla básica en el sistema de certificación.



Las tres fases de este proceso de selección de semilla se deben hacer en forma continua para mejorar la sanidad y la calidad de la semilla. El producto así obtenido se puede utilizar durante tres años, aproximadamente; momento en el cual se recomienda repetir el proceso. De esta manera siempre se dispondrá de semilla sana.

MÉTODO DE MULTIPLICACIÓN DE SEMILLA DE PAPA

Uso de Brotes

La producción de semilla de papa por medio de brotes de los tubérculos, es una técnica de multiplicación rápida que permite incrementar los índices de propagación y eliminar patógenos que producen enfermedades por intermedio del suelo.

El método consiste en la selección de tubérculos grandes y recién cosechados, procedentes de plantas aparentemente sanas, sin daños físicos, que luego son almacenados adecuadamente en condiciones de luz difusa para obtener brotes uniformes, verdeados y bien desarrollados (Figura 3).

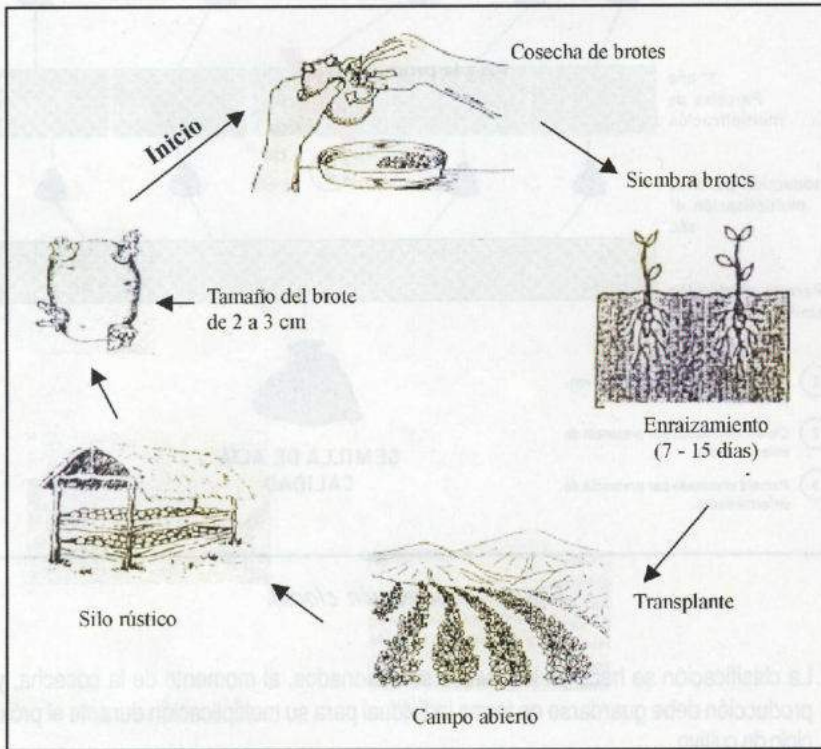


Figura 3. Uso de brotes.

El desbrote se hace en forma manual cuando los brotes alcanzan dos o tres centímetros de longitud. Las manos se deben desinfectar, lavándolas con agua y jabón, antes de realizar el desbrote. Los brotes se toman con las yemas de los dedos y se giran suavemente, hasta que se

desprendan sin necesidad de utilizar cuchillas u otras herramientas que causen heridas. Si los tubérculos se almacenan adecuadamente, se pueden hacer hasta tres cosechas de brotes, dejando pasar 15 a 20 días entre cada cosecha. Los brotes se pueden sacar el mismo día de la siembra o un día antes y se deben guardar en un lugar fresco mientras se siembran. Los tubérculos ya desbrotaados se deben almacenar nuevamente bajo luz indirecta, para que broten nuevamente (Trillos *et al.*, 1997).

Siembra de brotes en el campo

La siembra de los brotes se puede hacer directamente en el campo. El terreno debe estar bien preparado, picado y repicado. Se puede sembrar formando un surco u hoyando (en hormiguero). Los brotes deben sembrarse a una distancia de 1,0 m entre surcos y 0,25 a 0,30 m entre plantas.

En cada uno de los sitios de siembra se debe incorporar el fertilizante químico (10-30-10), en dosis de 20 a 30 gramos por planta y el abono orgánico (gallinaza u otro), en dosis de 60 a 80 gramos por planta. Cuando se aplica cal agrícola como correctivo, se recomienda incorporarla al momento de la preparación del terreno.

La siembra se hace en forma manual, colocando el brote en el sitio y apretando suavemente el suelo alrededor del mismo. La profundidad de siembra es de 1 a 2 centímetros, dependiendo de la longitud del brote.

Manejo del cultivo

Después de la siembra se deben adelantar las siguientes prácticas de manejo:

- ◆ Si no se presentan lluvias, es indispensable aplicar durante los primeros días después de la siembra uno a dos riegos diarios, dependiendo de las condiciones climáticas.
- ◆ Durante el desarrollo del cultivo se deben efectuar dos a tres aporques sucesivos, aumentando la altura del caballón a medida que se desarrollan las plantas (10-30-10 ó 15-15-15).
- ◆ El manejo de las plagas y enfermedades se hace en forma integrada, empleando las diferentes prácticas de manejo: cultural, etológico, biológico y químico. Los controles fitosanitarios deben hacerse en forma oportuna, para evitar así los daños causados por las plagas y las enfermedades.
- ◆ Durante los primeros dos meses de cultivo se observa menor desarrollo en las plantas sembradas por brote, si se comparan con plantas provenientes de tubérculos. Sin embargo, a los tres meses, el tamaño de todas las plantas es uniforme y se observan diferencias únicamente en la maduración de las mismas.
- ◆ La cosecha puede hacerse cinco a seis meses después de la siembra.
- ◆ Para multiplicar semilla en una hectárea comercial que se va a sembrar a una distancia de 1,0 m entre surcos y 0,40 m entre plantas, es decir, con una densidad de 25 mil plantas por hectárea, es necesario reservar 170 tubérculos de semilla, muy sanos, a partir de los cuales se pueden extraer 1.700 brotes, que una vez sembrados originan igual número de plantas. Cada una de estas plantas produce 15 tubérculos de tamaño semilla, obteniéndose así las 25.500 semillas necesarias para sembrar una hectárea comercial.
- ◆ Si los 170 brotes se siembran a una distancia de 1,0 m entre surcos y 0,30 entre plantas, el tamaño de la parcela de semilla será de 510 m².



PRODUCCIÓN DE SEMILLA CERTIFICADA DE PAPA POR MÉTODO BIOTECNOLÓGICO

Con este método se integran la Fase I de laboratorio para producir material inicial (*in vitro*) y de invernaderos o casas de malla para multiplicar el material inicial por medio de esquejes (semilla super-elite), que a su vez producirán los tubérculos (semilla elite), y la Fase II o de campo para multiplicar la semilla elite y producir la semilla básica. Como un ejemplo de lo anterior se presenta a continuación el procedimiento descrito por Corzo, 1999, 2000:

Obtención de plántulas por cultivo de meristemos

El cultivo de meristemos es una técnica que se utiliza para producir materiales libres de virus y otros patógenos. El meristemo es el punto de crecimiento de las yemas vegetales de las plantas, considerado libre de virus.

El aislamiento del meristemo en condiciones asépticas y su posterior siembra en un medio de cultivo específico, bajo condiciones controladas de luz, temperatura y humedad relativa, permite el desarrollo de plántulas *in vitro*, después de seis a ocho semanas (semilla inicial).

La propagación *in vitro* de esos materiales permite obtener en laboratorio, en corto tiempo, grandes cantidades de plántulas de alta calidad fitosanitaria,

Siembra de plántulas

Después de este tiempo, o cuando la plántula tenga entre cuatro y cinco nudos, se extrae del tubo de ensayo con una pinza estéril o golpeando suavemente el tubo contra la palma de la mano, para que el medio de cultivo desprenda y deje libre la plántula. El medio de cultivo adherido a las raíces se lava con agua corriente.

Las plántulas se ponen en hoyos de 3 a 4 cm de profundidad, a 25 cm de distancia cada uno, utilizando un sustrato húmedo, preparado con tierra, materia orgánica y arena en proporción de 3:1:1 (tres unidades de tierra, una de materia orgánica y una de arena). A continuación se hace una ligera presión alrededor de cada plántula, con el propósito de lograr un buen contacto entre ésta y el sustrato.

Inmediatamente después de la siembra, es necesario proteger las plántulas de la deshidratación, cubriéndolas individualmente con frascos de vidrio o bolsas plásticas, durante el período de ocho a diez días, tiempo en el cual las plántulas se adaptan a sus nuevas condiciones.

Obtención de esquejes

Cuando las plántulas posean entre cinco y seis hojas o tengan entre 20 y 30 centímetros de altura, se procede a cortar los tallos de cada planta por encima del primer nudo, con cuchilla, bisturí o tijeras desinfectadas, teniendo el cuidado de no dañar la yema axilar y dejando una hoja vigorosa en la parte inferior, con el fin de asegurar el desarrollo de la yema axilar y la formación de un nuevo tallo.

A continuación se fracciona el tallo cortado de la planta madre, en tantas partes cuantos nudos tenga, teniendo cuidado de dejar intacta la hoja que no va con el nudo. Si la hoja es muy grande, se reduce su tamaño para evitar que ésta retrase el crecimiento de la yema. Es importante poner las fracciones de tallo sobre una bandeja con papel húmedo para evitar la deshidratación de los esquejes (semilla super elite).

Enraizamiento

Una vez hecho el corte de los esquejes, se deben sumergir por aproximadamente diez segundos en una solución hormonal de enraizador a base de ácido indolacético, ácido indol-butírico o ácido naftalenacético, para inducir la formación de raíces. Después de aplicar la hormona, los esquejes se ponen en un medio de enraizamiento, como arena de río, o directamente en un substrato húmedo, preparado a base de tierra, arena y materia orgánica, como se indicó para la siembra de plántulas.

Después de dos a tres semanas, dependiendo de las condiciones ambientales, los esquejes tendrán suficientes raíces para ser trasplantados a su sitio definitivo. Los esquejes se colocan acostados, formando capas, en una caja de cartón, teniendo el cuidado de poner papel húmedo entre las capas de esquejes, para evitar su deshidratación.

Siembra de esquejes

Una vez esterilizado el terreno, se procede a la siembra de los esquejes. Para esto se hacen huecos de 3 a 4 centímetros de profundidad con una estaca y en ellos se ponen los esquejes enraizados, compactando con la mano el suelo alrededor de los esquejes para establecer un buen contacto entre éstos y el suelo y favorecer su desarrollo.

La distancia de siembra entre plantas puede variar según el tamaño del tuberculillo que se desee cosechar, pero en general es recomendable entre 20 y 25 cm para obtener un promedio de 6 gramos por tuberculillo.

Cosecha de tuberculillos

Cuando las plantas lleguen a su madurez fisiológica normal, se hace la cosecha, recolectando todos los tubérculos producidos, los cuales pueden pesar entre 0,5 y 40 g, dependiendo de la densidad de siembra de los esquejes (semilla elite).

A continuación se clasifican los tubérculos: los diferentes tamaños de tuberculillos se deben almacenar en cajuelas de plástico o madera en las mejores condiciones de luz y ventilación; preferiblemente bajo luz difusa para permitir su verdeamiento, y en sitios protegidos por malla con huecos finos, para evitar el ataque de insectos.

Siembra de tuberculillos en campo para la producción de semilla básica

Después de cumplir su período de reposo, de aproximadamente 45 días, los tuberculillos están listos para siembra en el campo, en terrenos aprobados por el Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, y bajo condiciones agroecológicas favorables. Para favorecer su desarrollo se debe hacer una buena preparación del terreno con el fin de evitar la aparición de cespedones o terrones gruesos. Luego, en chorrillo o en corona, se aplican los correctivos, el fertilizante o el insecticida y se cubren ligeramente con una capa delgada de tierra, para evitar en los brotes el daño producido por el contacto directo.

Sobre esta capa se ponen los tuberculillos, a 20 cm entre sí, aproximadamente, y luego se tapan con una capa de aproximadamente 10 cm de tierra, para obtener una rápida y uniforme emergencia.



Durante los primeros 45 días después de la siembra se debe mantener la humedad del suelo, si es posible, hasta que el cultivo alcance la germinación completa. De ahí en adelante se manejan como un cultivo normal.

La siguiente secuencia de fotografías presenta la producción de semilla certificada por método biotecnológico.

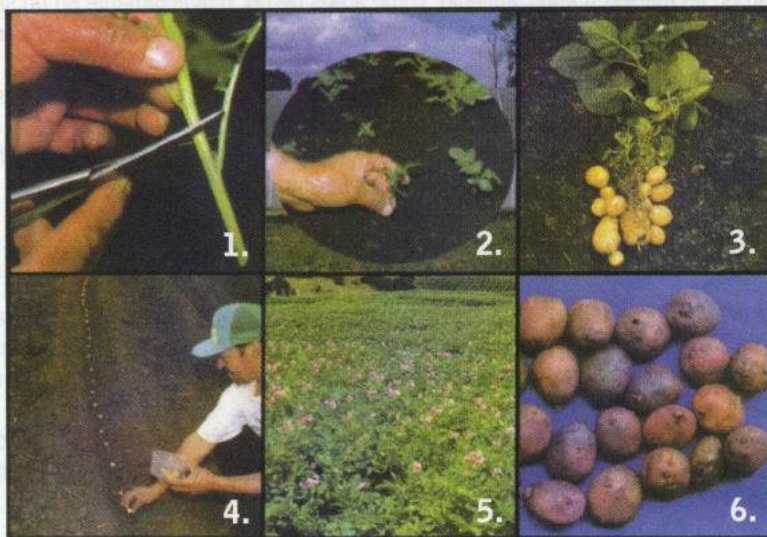


Figura 4. Producción de semilla certificada de papa por método biotecnológico.

MANEJO DEL CULTIVO

Para el manejo de cultivos con una semilla de buena calidad se deben tener en cuenta las siguientes prácticas:

Selección y preparación del lote

Se deben elegir lotes aislados del resto de cultivos de papa (o de otras solanáceas), en los cuales no se haya sembrado papa durante los últimos 4 ó 5 años. Esto se hace con el fin de evitar mezclas entre variedades y la aparición de enfermedades ocasionadas por patógenos que permanecen en el suelo. La preparación del lote se debe hacer con anticipación para permitir una buena aireación del suelo y reducir la población de malezas y plagas. Las épocas de siembra son determinadas por el régimen de lluvias, la presencia de heladas y la disponibilidad de riego.

Siembra: tamaños de tubérculos-semilla y densidad de siembra

La semilla es uno de los insumos que más influyen en la producción, razón por la cual el cultivo debe establecerse con el material más sano disponible. Se recomienda sembrar tubérculos ente-

ros con brotes cortos, gruesos y verdeados, que resistan el manipuleo durante la siembra y aseguren germinación rápida y uniforme y mayor resistencia al ataque de patógenos del suelo.

Cada tamaño comercial de tubérculo (primera, segunda y tercera) debe sembrarse por separado para que el cultivo se desarrolle uniformemente. Luján, *et al*, 1991, aconsejan sembrar semilla grande (120 a 150 gramos) en zonas altas, semilla mediana o pareja (70 a 119 gramos) en zona intermedia y semilla pequeña (40 a 69 gramos) en zonas bajas.

Las distancias más utilizadas entre plantas son 40 centímetros para semilla de tamaño primera, 30 centímetros para tamaño segunda y 20 centímetros para tamaño tercera.

Control de plagas y enfermedades

El control de plagas se basa en los principios fitosanitarios fundamentales para la producción de semilla: protección, exclusión y erradicación.

La protección defiende al cultivo de los ataques de plagas y enfermedades que atacan el cultivo. Para manejo de plagas destructoras del cultivo o vectoras de virus, es necesario adoptar prácticas de Manejo Integrado de Plagas, MIP.

Algunas enfermedades como la gota de la papa, la roya, el oidium o cenicienta, se controlan con productos químicos específicos, razón por la cual se recurre a los fungicidas.

La exclusión y la erradicación se refieren al área donde crecen los cultivos y los métodos de control se dirigen principalmente al patógeno que amenaza el cultivo.

Los cultivos destinados a la producción de semilla deben revisarse semanalmente y eliminar las plantas atípicas que presenten síntomas de enfermedades sistémicas, y las mezclas que sean hospederas de insectos vectores de virus.

Esta práctica es quizá una de las más importantes durante el proceso de multiplicación de semillas, pues se constituye en el filtro de eliminación de plantas con síntomas viróticos visibles, problemas fungosos o bacteriales. Esta labor se hace aproximadamente entre los 80 y los 130 días después de la siembra y requiere de la observación de todas las plantas por medio de un recorrido sistemático y ordenado por el cultivo, entre dos o cinco veces durante su período vegetativo.

Las plantas afectadas por virus o bacterias se deben arrancar completamente, incluyendo el tubérculo madre, o la progenie, si el descarte de plantas es tardío. Esta práctica es muy importante porque si se utilizan como semilla, las plantas resultantes también se afectarán, con lo cual se establece un ciclo de la enfermedad.

En el caso de bacterias, como la "pata negra", se deben eliminar la planta afectada y, además, las dos plantas adyacentes a ella. Esto se hace para prevenir infecciones tardías ocasionadas por residuos de la bacteria que hayan quedado en el suelo.

Cosecha y clasificación

Un cultivo para semilla se debe cosechar cuando los tubérculos llegan a su maduración normal. La cosecha ideal es la que ocasione menor daño al tubérculo, ya sea por fricción o por corte con el azadón. Al momento de la cosecha se hace la selección por calidad física de tubérculo, que consiste en separar a mano los tubérculos sanos de los dañados, cortados y deformes.

MANEJO POSCOSECHA

El manejo de semilla después de la cosecha es uno de los aspectos más importantes para tener en cuenta en la producción de papa y al que menos atención le presta el agricultor. Tiene como actividades principales la clasificación, el tratamiento y el almacenamiento de la semilla.



Clasificación

La clasificación de la producción obtenida se puede hacer en los tamaños comerciales, aceptados para la certificación de semilla básica. Según su peso, son los siguientes:

Tamaño grande o primera:	Tubérculos entre 120 y 150 gramos
Tamaño mediano o segunda:	Tubérculos entre 70 y 119 gramos
Tamaño pequeño o tercera:	Tubérculos entre 40 y 69 gramos

Los demás tamaños se pueden comercializar como semilla corriente o mejorada.

El productor que recibe *semilla básica* la multiplica para producir *semilla registrada*, que generalmente es de aumento. La multiplicación de ésta origina la *semilla certificada*, que es la que con supervisión del ICA se comercializa con productores interesados.

Tratamiento de semilla

Una vez el agricultor logra obtener una semilla de buena calidad, es indispensable evitar el ataque de plagas, principalmente el de las polillas (*Tecia solanivora* y *Phthorimea operculella*), para lo cual debe proceder a tratar los tubérculos seleccionados.

Actualmente existen en el mercado colombiano varios productos para prevenir el ataque de polillas. Estos productos pueden ser de origen biológico y químico.

- ◆ **Productos Biológicos:** el *baculovirus* ha demostrado una notable eficacia para controlar las polillas de la papa. Se aplica directamente, utilizando una dosis de 5 kg de baculovirus/tonelada de semilla o 63 gramos de baculovirus/arroba de semilla. El tratamiento se hace dentro de una bolsa plástica, en la cual se introduce la arroba de semilla y los 63 gramos de baculovirus; la semilla se sacude enérgicamente por unos minutos, hasta que los tubérculos queden completamente cubiertos por el producto.
- ◆ **Productos Químicos:** existen varios productos químicos autorizados por el ICA para el tratamiento de semilla de papa. Si se decide utilizar productos químicos, se recomienda comprar aquellos de categoría toxicológica baja, que implican un menor riesgo de intoxicación para el operario.

Almacenamiento de semilla

El buen almacenamiento de la semilla de papa es indispensable para conservar su calidad. En Colombia los agricultores acostumbran guardar en cuartos oscuros y mal ventilados, durante cuatro o cinco meses, el tubérculo que van a usar en la siembra siguiente. Esto ocasiona la producción de brotes largos y débiles que se desprenden fácilmente. Las plantas que nacen al sembrar esta semilla son igualmente débiles y la germinación se retarda considerablemente (Pinto y Rodríguez, 1981).

Un almacenamiento adecuado es el que permite exponer el tubérculo-semilla a la luz solar indirecta o difusa desde el momento de la cosecha hasta el día de la siembra. Esto permite el verdeamiento de los tubérculos, el desarrollo de brotes cortos y vigorosos, reduce la dominancia apical y asegura así una emergencia rápida y uniforme. La semilla verdeada pierde menos agua y su mayor contenido de solanina la protege de los patógenos del suelo.

Otro aspecto importante durante el almacenamiento es la aireación. Cualquiera que sea el método de almacenamiento utilizado, se debe permitir una buena entrada de aire que haga circular el calor resultante de la respiración de los tubérculos, y así evitar las pudriciones causadas por patógenos del almacenamiento (como *Fusarium* sp.).

En el manejo de semillas en almacenamiento se debe tener especial cuidado con la presencia de enfermedades causadas por hongos y la presencia de áfidos o pulgones en los brotes, que son los principales transmisores de los virus de la papa.

Se recomienda el uso de silos rústicos para almacenar la papa bajo condiciones de aireación e iluminación adecuadas, para obtener una semilla de buena calidad, con brotes fuertes que resistan la manipulación del tubérculo.

El Centro Internacional de la Papa, CIP, e ICA diseñaron una construcción rústica para almacenar semilla de papa con luz indirecta o difusa. Este silo es de bajo costo y puede ser utilizado por pequeños y grandes productores.

El silo rústico es una caseta sin paredes, de altura variable, con varios estantes o pisos en donde se puede colocar la semilla. Este nuevo sistema permite la entrada de luz solar en forma indirecta y una adecuada aireación.

Un silo con estas características se puede construir con materiales de la finca. Para las columnas use varas gruesas y resistentes; para los estantes, cañabrava o esterillas de guadua. El techo puede ser de paja o tejas de zinc o eternit, pintadas con color blanco para que aislen el calor del sol.

El tamaño del silo depende de la cantidad de semilla que se va a almacenar; por ejemplo, las dimensiones para un silo con capacidad de 5 toneladas son las siguientes:

Ancho: 1,50 metros

Largo: 7,50 metros

Alto: 2,60 metros

La orientación del silo debe ser de oriente a occidente. Los aleros deben ser de 75 centímetros para que la semilla no reciba los rayos solares.

Para poner la papa se dispone de 6 estantes. El primero se sitúa a 50 centímetros del suelo; los demás van separados 27 centímetros entre sí. Construya cinco compartimientos o cajones para cada estante, de acuerdo con las siguientes dimensiones:

Ancho: 1,50 metros

Largo: 1,50 metros

Alto: 10 centímetros

Para otras especificaciones, consultar a Herrera *et al*, 1996.

El uso de los silos rústicos se puede sustituir por cajuelas plásticas o de madera, que permitan igualmente la aireación de los tubérculos.

CATEGORÍAS DE SEMILLA

En 1965 se reglamentó en Colombia la distribución de materiales genéticos básicos de semillas mejoradas y, en 1967, mediante resolución 438 del 19 de octubre, el Ministerio de Agricultura estableció los requisitos específicos mínimos para la certificación de semilla de papa en las categorías básica, registrada y certificada.



La reglamentación vigente, regida por la Resolución del ICA No. 03303 del 20 de noviembre de 1997, establece los requisitos para la producción de las categorías: material inicial, super elite y elite, en una Fase 1 de laboratorio e invernaderos, y básica, registrada y certificada, en una Fase 2 ó de campo, con las siguientes definiciones:

- ◆ **Material Inicial:** es el que se utiliza para la obtención de la semilla super elite, cuya identidad genética corresponde a la variedad que se va a multiplicar. El material inicial es el proveniente de cultivos de meristemos o plántulas *in vitro*.
- ◆ **Categoría Super Elite:** son los minitubérculos y/o esquejes obtenidos de plántulas que se han originado por propagación *in vitro* (plantas madres), procedentes del material inicial.
- ◆ **Categoría Elite:** son los tubérculos obtenidos en invernadero o casa de malla, por la multiplicación de esquejes o mini tubérculos super elite.
- ◆ **Categoría Básica:** es la que resulta de la multiplicación de semilla elite.
- ◆ **Categoría Registrada:** es la descendencia de la semilla básica.
- ◆ **Categoría Certificada:** es la descendencia de la semilla registrada. El material inicial se debe producir en un laboratorio registrado ante el ICA. La producción de semillas super elite y elite se debe hacer en invernaderos o en casas de malla a prueba de ácidos.

El productor podrá iniciar la producción y comercialización de semilla en cualquiera de las dos fases, siempre y cuando cumpla con los requisitos establecidos para cada una de ellas.

CARACTERÍSTICAS DE UNA BUENA SEMILLA

Una semilla se considera de buena calidad cuando los tubérculos-semillas reúnen características deseables, tales como:

- ◆ **Pureza varietal:** tubérculos de color y forma características de cada variedad, sin mezclas de tubérculos de otras variedades.
- ◆ **Sanidad de tubérculos:** semilla sana, libre de plagas y de enfermedades, que garantice emergencia buena, temprana y uniforme, buen desarrollo del cultivo con alto potencial de rendimiento y buena forma y calidad de los tubérculos producidos.
- ◆ **Buena condición física:** uniformidad en forma y tamaño de los tubérculos-semillas, sin daños mecánicos ni pudriciones, buena turgencia, con brotes múltiples, vigorosos y preferiblemente verdeados y que provengan de lotes libres de problemas patológicos.

VENTAJAS Y BENEFICIOS DEL USO DE UNA SEMILLA DE ALTA CALIDAD

La semilla de alta calidad da origen a cultivos uniformes, con tubérculos de color y forma propia de cada variedad, sin mezclas de otras variedades, lo cual también asegura una madurez uniforme.

La semilla de buena calidad está libre de plagas y de enfermedades. Por esta razón hay un buen desarrollo del cultivo, lo cual significa mayor potencial de rendimiento, mejor calidad de los tubérculos y mejor aceptación en el comercio.

La semilla de alta calidad produce plantas vigorosas, con buen número de tallos fuertes, en razón a la presencia de brotes múltiples, cortos y vigorosos en la semilla. Estas características le permiten a la planta tolerar ataques de plagas y de enfermedades y de otros factores adversos; y, además, favorecer su capacidad para producir tubérculos.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ÁLVAREZ, V.; GANDARILLAS, A. y FERNÁNDEZ-NORHCOTE, E. N. 1992 *Selección positiva una técnica de producción de tubérculo-semilla de papa*. Programa de Investigación de la Papa IBTA- Proinpa. Manual Técnico 2/92-Cochabamba, Bolivia. 11 p.
- BRYAN, J. 1981. *Selección clonal en producción de semilla de papa*. Boletín Técnico No. 12, CIP, Lima. 15 p.
- BRYAN, J.E.; M. JACKSON y MELÉNDEZ. 1981. *Técnicas de multiplicación rápida de papa*. CIP. Lima, Perú. 20 p.
- BRYAN, J. 1980. *Técnicas de parcelas de semilla de papa a nivel agricultor*. Boletín de Información Técnica No. 7. Centro Internacional de la Papa, Lima. 11 p.
- CORZO, C., P. 2000. *Proceso para la producción de semilla certificada de papa*. Convenio Corpoica-SENA. Santafé de Bogotá. 22 p.
- CORZO, C., P. 1999. *Producción biotecnológica de semilla de papa* Convenio DAMA-Corpoica. Santafé de Bogotá. 27 p.
- HERRERA, J., F.; GÓMEZ, G. L. E.; CORZO, C., P. y CERON L., M. del S. *Producción y almacenamiento artesanal de semilla de papa; bajo el enfoque del manejo integrado de plagas*. Convenio SENA-Corpoica Regional 1. Cartilla 28 p.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1997. *Requisitos específicos mínimos para la producción de semilla de papa*. Resolución No. 03303. Mimeografiado. 10 p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1967. *Requisitos mínimos para la certificación de semilla de papa*. Resolución No. 438 de 1967. Mimeografiado. 6 p.
- PINTO, S., R. y RODRÍGUEZ, B., A. 1981. *Almacene bien la semilla de papa*. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Plegable de Divulgación No. 151.
- TRILLOS, G., O.; ZAPATA, P., J. L.; PANIAGUA, L. F.; ARIAS, J. M. y ESTUDIANTES SAT, GUARNE. 1997. *Siembra de papa por brotes; alternativa para la multiplicación de semilla*. Boletín Divulgativo No. 2, Corpoica. Reg. 4, Medellín, Ant. 28 p.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. 1997. *Producción de tubérculos - semillas de papa*. Manual de Capacitación (CIP). Lima, Perú. 784 p.
- CERVANTES DE KECAN, V. E.; MARTÍNEZ, G.; CAMACHO, S. E.; CORZO, 1981. *Desarrollo y adaptación de las técnicas de termoterapia y cultivo de tejidos para la limpieza de virus de las variedades colombianas*. ICA. Bogotá. 120 p.
- CORZO, P. 1991. *Efecto del verdeamiento, tamaño de la semilla y distancia de plantación sobre el rendimiento del cultivar Parda Pastusa en Colombia*. ALAP, 1991. Lima, Perú.
- CORZO, P.; HIDALGO, O.; SÁNCHEZ DE L., C. 1991. *Comparación de muestras de tubérculos-semillas certificada y común del agricultor en Colombia*. ALAP 1991, Lima, Perú.



- FERNOW, K.H. y GARCÉS, C. 1949. *Producción de semilla certificada de papa*. Revista Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Vol. IX (36): 257-295.
- FEDERACIÓN COLOMBIANA DE PRODUCTORES DE PAPA. 1992. *Recomendaciones para la producción y manejo adecuado de la semilla de papa*. Boletín Informativo No. 139. Fedepapa, Bogotá (Colombia) 4 p.
- HIDALGO, O. 1989. *Progresos en la producción de tubérculos- semillas en Latinoamérica*. Revista Latinoamericana de la Papa Vol. 2 (1): 29-45.
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. 2000. *Herramientas de aprendizaje para facilitadores; manejo integrado del cultivo de papa*. Ecuador. 181 p.
- LUJÁN, C., L.; CORZO, C. P. e HIDALGO, O. 1991. *Pasado, presente y futuro de la semilla de papa en Colombia; análisis de la situación de la producción de semilla de papa en Colombia*. Fedepapa. Revista Papa No. 3, PP. 4-28.
- LUJÁN, L. 1984. *Producción y mercadeo de semilla de papa en Colombia*. En: Memorias XII Reunión de ALAP. Paipa. Colombia. Mayo 20 a 25, 1984. pp. 105-125.
- LUJÁN, L. 1980. *Tecnología de la producción de semilla de papa*. Semillas, Acosemillas, 5(2). Colombia. 15-29.
- LUJÁN, C. L. 1979. *Intentos de producción de semilla de papa en Colombia*. Programa de Tuberosas, ICA, Tibaitatá. (Mimeografiado). Colombia. 20 p.
- MURASHIGE, T. 1974. *Plant Propagation Through Tissue Culture*. Ann. Rev. Plant Physiol 25:135-166.
- ROBAYO, G. (compilador). 1996. *Papas colombianas con el mejor entorno ambiental*. Comunicaciones y Asociados Ltda. Bogotá. 272 pp.
- RODRÍGUEZ, B. A. 1996-1997. *Generalidades del cultivo de la papa en Colombia*. En: Fedepapa: Vademecum del cultivo de la papa; 1ª. Edición. Grafemas Ltda. Bogotá. pp 1-42.
- TORRES, V. O. 1991. *Manejo de semilla de papa*. Proyecto Colombo-Alemán ICA-GTZ. Tunja. 5 p., (mimeografiado).

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. 1987. *Producción de semilla certificada*. Boletín Informativo No. 139. Fedepapa, Bogotá (Colombia) 4 p.
- CORZO, C. P. 1991. *Manejo de semilla de papa en Colombia*. Fedepapa. Revista Papa No. 3, PP. 4-28.
- CORZO, C. P. 1992. *Manejo de semilla de papa en Colombia*. Fedepapa. Revista Papa No. 3, PP. 4-28.
- CORZO, C. P. 1993. *Manejo de semilla de papa en Colombia*. Fedepapa. Revista Papa No. 3, PP. 4-28.
- CORZO, C. P. 1994. *Manejo de semilla de papa en Colombia*. Fedepapa. Revista Papa No. 3, PP. 4-28.
- CORZO, C. P. 1995. *Manejo de semilla de papa en Colombia*. Fedepapa. Revista Papa No. 3, PP. 4-28.
- CORZO, C. P. 1996. *Manejo de semilla de papa en Colombia*. Fedepapa. Revista Papa No. 3, PP. 4-28.
- CORZO, C. P. 1997. *Manejo de semilla de papa en Colombia*. Fedepapa. Revista Papa No. 3, PP. 4-28.
- CORZO, C. P. 1998. *Manejo de semilla de papa en Colombia*. Fedepapa. Revista Papa No. 3, PP. 4-28.
- CORZO, C. P. 1999. *Manejo de semilla de papa en Colombia*. Fedepapa. Revista Papa No. 3, PP. 4-28.

Establecimiento del cultivo

Luis Levi Barrera¹
Álvaro Tamayo²

INTRODUCCIÓN

Las diferentes recomendaciones referidas en este manual técnico pueden tener o no su efecto, dependiendo del adecuado establecimiento que se haga del cultivo de la papa; es decir, que el manejo integrado del cultivo tiene como eje fundamental las diferentes recomendaciones que se presentan en este artículo, relacionadas con la selección del lote o áreas de siembra, preparación del suelo para la siembra, según las condiciones agroecológicas y/o agrofísicas que se tengan; surcados, siembra, distancias; requerimientos de semilla por hectárea y, en general, el manejo de los suelos de acuerdo con las demandas nutricionales y la correspondiente fertilización requerida.

De otra parte, con base en las diferencias que existen en las principales áreas agroecológicas donde se cultiva este sistema de producción, el artículo presenta recomendaciones específicas para cada una de ellas.

SELECCIÓN DEL LOTE

El lote debe ser de fácil acceso para operarios, animales y/o vehículos requeridos para la movilización de insumos (semillas, fertilizantes, enmiendas, pesticidas, etc.) y para la realización de las diferentes operaciones en el establecimiento, desarrollo y cosecha del cultivo. Se deben evitar terrenos con problemas de mal drenaje y de difícil solución. En caso necesario, se deben hacer las obras de adecuación correspondientes.

La papa requiere un suelo con buena estructura (granular), buen contenido de materia orgánica; que esté razonablemente suelto y que no tenga capas compactadas. Esto proporciona suficiente oxígeno, adecuada retención de humedad y el drenaje del exceso de agua, lo cual

1 I.A. MSc. Suelos. Corpoica Regional 1.
2 I.A. MSc. Suelos. Corpoica. Regional 7.



permite buen crecimiento de raíces y estolones y la formación de tubérculos bien conformados. Los suelos muy pesados (arcillosos) presentan dificultades para el desarrollo del cultivo de la papa, especialmente para la Parda Pastusa, ya que los ciclos de secamiento y humedecimiento producen deformación de los tubérculos.

No son recomendables los lotes muy pendientes, pues dificultan las labores de preparación del suelo y son muy susceptibles a la erosión, al igual que suelos muy superficiales que presenten horizontes con condiciones físicas y químicas indeseables (muy bajo pH y presencia de elementos tóxicos para las plantas). Es conveniente utilizar terrenos con pendientes menores de 40%. Descartar los terrenos de áreas con cobertura boscosa. Al seleccionar el lote se debe dejar una zona de protección en cercanías a las fuentes de agua. El lote debe estar preferiblemente cerca de una fuente de agua, la cual se requiere para aplicar riego suplementario y para los tratamientos fitosanitarios. Es conveniente no sembrar en terrenos en los que se acaba de cosechar papa, por los problemas de insectos-plagas y enfermedades del suelo. La rotación de cultivos es una práctica que reduce estos problemas y beneficia al suelo.

PREPARACIÓN DEL SUELO PARA LA SIEMBRA

En Colombia, generalmente la preparación del suelo se hace en forma mecánica con tractor, incluso en pendientes superiores a 100%. Actualmente, en el cultivo de la papa se utilizan maquinaria o implementos inadecuados para la preparación del suelo, como el "rotovator", arados y rastrillos de discos. Es común hacer un pase profundo con arado de discos y dos pases de rotovator en el sentido de la pendiente, lo que origina destrucción de la estructura del suelo, compactación en los primeros 30 cm, deficiencias en el desarrollo del sistema radical, por la poca penetración de raíces y la disminución de la capacidad de infiltración de agua, con lo cual se favorecen la escorrentía y la erosión superficial.

La preparación del suelo tiene como propósito generar una "cama de siembra" con las condiciones físicas adecuadas (suelo suelto y sin terrones grandes), para la elaboración de los surcos, el tapado de la semilla y la emergencia de las plántulas. En la atterrada y aporque, es necesario que el suelo esté suelto y sin terrones de tal modo que facilite su movimiento para el control de las malezas y la primera formación del caballón. Las buenas condiciones físicas del suelo facilitan también la cosecha, ya sea mecánicamente o con azadón y mano de obra, método más usado en las zonas paperas.

Los suelos de páramo y los del oriente antioqueño, por lo general presentan un alto contenido de materia orgánica, son de texturas francas y estructura granular, lo cual facilita bastante el laboreo y permite la entrada de agua sin dificultad. Por el contrario, los suelos de las partes bajas de los altiplanos presentan texturas más pesadas (alto contenido de arcilla), por lo cual son plásticos en el invierno y se endurecen en el verano, dificultándose su laboreo.

El tipo e intensidad de la preparación del suelo dependen de la rotación que se maneje en la finca. Cuando el lote proviene de pasto kikuyo se da la tendencia a formar céspedes que dificultan la siembra, particularmente en suelos arcillosos. En este caso lo más indicado es hacer un sobrepastoreo y permitir el rebrote del pasto con el fin de tener un área foliar activa para la absorción del herbicida y su posterior translocación a la raíz. Cuando éste se encuentre en desarrollo vigoroso aplicar glifosato en dosis de 125 c.c./bomba de 20 litros (es conveniente adicionar urea y un dispersante). Después de dos semanas el pasto se torna amarillo y se puede adelantar las labores de preparación.

Si el terreno ha sido cultivado, tanto la preparación de suelo como las labores culturales han mejorado la estructura (suelos más sueltos), y el grado de resistencia al laboreo es menor. En el

cultivo de papa, al momento de la cosecha se hace movimiento de suelo y puede pensarse en labranza reducida. Según el grado de empaquetamiento (dureza) del suelo, puede escogerse entre la siembra directa (surcado sin preparación del suelo) o mínima labranza (un pase de rotovator o una rastrillada).

La utilización del arado de cincel es parte de la labranza conservacionista. Contrario a lo que sucede cuando se usa el arado de discos, el cincel rotura el suelo y lo deja suelto, con los residuos vegetales en la superficie. Para suelos que requieren la aplicación de materia orgánica, con el fin de mejorar la granulación y facilitar el laboreo, es conveniente la utilización de abono verde (nabo brasilero o avena) o los residuos de cosecha de cereales como el maíz o la cebada.

La utilización de la desbrozadora o del rolo, es conveniente para que los residuos vegetales sean adecuadamente triturados y se facilite un mayor contacto del material vegetal con el suelo, se favorezca la descomposición de la materia orgánica y se faciliten las operaciones posteriores de labranza o las labores culturales.

La compactación y la formación de terrones se reduce si se evita la labranza cuando el suelo está húmedo. La maquinaria pesada compacta el suelo y a menudo provoca la formación de capas impermeables. Por tanto, se debe reducir el número de operaciones en la preparación del suelo para la siembra, especialmente bajo condiciones de sequedad. No preparar el suelo con mucha anticipación a la siembra y, en lo posible, prepararlo y sembrar en los ocho días siguientes. Preparar el suelo con una humedad a dos tercios de la capacidad de campo (ni muy seco ni muy húmedo).

No es recomendable usar arados de vertedera para preparar el suelo, porque se invierten los horizontes del suelo (Figura 1) y se disminuyen los contenidos de materia orgánica. Tampoco se debe hacer uso excesivo del azadón rotativo o "rotovator" porque se pulveriza el suelo (Figura 2), y se daña su estructura. No confundir un suelo suelto con un suelo pulverizado.

En terrenos de topografía ondulada a pendiente se recomienda preparar los suelos en curvas a nivel, las cuales pueden ser trazadas utilizando un caballete o con un nivel de manguera. Los surcos dejados por los rastrillos o hechos en contra de la pendiente reducen la velocidad del agua, favorecen su infiltración y disminuyen el agua de escorrentía superficial que causa la erosión. Arar, surcar, desyerbar y aporcar en desnivel, o falda abajo, permite que el agua que cae corra libremente hacia sitios más bajos y arrastre consigo el suelo fértil. Como resultado, la tierra disminuye su fertilidad, se seca rápidamente, se reducen los rendimientos y se da paso a la erosión y al empobrecimiento de los suelos.

SURCADO, SIEMBRA Y DISTANCIAS RECOMENDADAS

Ya preparado el suelo, se procede al surcado, la fertilización y la siembra de los tubérculos-semilla. El objetivo del surcado es servir de guía para colocar los tubérculos a la profundidad adecuada y facilitar la fertilización. Esta la podemos hacer en banda en el fondo del surco o en corona alrededor de los tubérculos-semilla. Para el surcado podemos utilizar surcadoras acopladas al tractor o el arado de chuzo con tracción animal. Con éste, las distancias entre surcos quedan muy irregulares. También se pueden usar azadones, complementados con un cordel como guía.

Los factores más importantes para determinar la profundidad de siembra son la humedad y la temperatura del suelo. Este se seca más rápidamente en la superficie. Si está seco, siembre profundamente. Si está húmedo, siembre superficialmente. La siembra profunda protege al tubérculo de la infestación de la polilla guatemalteca y también previene el verdeado de los tubérculos a la cosecha. La emergencia de las plantas es más rápida cuando se



Figura 1. El arado de discos voltea el suelo. Puede aflorar el subsuelo.



Figura 2. El rotovator pulveriza el suelo.

siembra superficialmente. Los tubérculos grandes se adaptan mejor a la siembra profunda que los pequeños. En ciertas situaciones la siembra superficial seguida de un aporque alto, puede ser una buena manera de regular la profundidad de siembra. Esta es más recomendable entre 10 y 15 cm.

En suelos delgados (poca profundidad de la capa arable) no es recomendable hacer surcos profundos, ya que el tubérculo queda cerca de capas arcillosas o duras (suela de arado o plowpan) lo cual dificulta la penetración radical. En estos casos se debe hacer un surco superficial que sirva de guía para la siembra (puede usarse un cordel). No hay ningún efecto negativo en el desarrollo del cultivo cuando los tubérculos-semilla se ponen sobre la superficie y luego se tapan, ya que las raíces se van a desarrollar en una capa de suelo de mejor calidad. Cuando la siembra se hace con máquina sembradora, los tubérculos-semilla quedan en la superficie y luego son cubiertos con los dos discos que forman el precaballón.

Las *distancias de siembra* en las situaciones normales de producción oscilan entre 40 y 60 cm entre sitios y un metro entre surcos. Cuando se siembra manualmente es difícil obtener distancias uniformes entre plantas, debido a que los obreros no utilizan un sistema guía. Para sembrar a distancias precisas manualmente se puede usar un trozo de madera marcado según la distancia. Cuando se utilizan máquinas sembradoras, se pueden lograr distancias precisas de siembra entre surcos y entre plantas o sitios. En este caso es importante contar con tubérculos-semilla provistos de brotes cortos y vigorosos.

La distancia amplia entre los surcos provee más tierra para el aporque, previene el daño a las plantas, raíces y tubérculos por las labores culturales y de protección al cultivo y facilita la eliminación de plantas afectadas por enfermedades. Por el contrario, la distancia angosta entre surcos aumenta la eficiencia del empleo del terreno y la luz, agua y nutrientes y controla malezas.

Un metro entre surcos para las variedades Parda Pastusa y la Diacol Capiro, es suficiente para hacer el aporque y evitar que los estolones salgan por las paredes laterales de los surcos. Variedades de características similares a la ICA-San Jorge requieren mayores distancias entre surcos, porque los estolones emergen por las paredes laterales y esto puede afectar los rendimientos.

La *distancia de siembra entre sitios* es función de la variedad, del tamaño del tubérculo-semilla y del número de brotes esperados por metro cuadrado. También hay que tener en cuenta las condiciones de crecimiento y el tamaño deseado del tubérculo. El suelo mantiene menos plantas si la fertilidad es baja. A mayor densidad del cultivo, menor será el tamaño de los tubérculos cosechados. Generalmente, para la producción de semilla de papa se recomienda mayor número de plantas por hectárea (un metro entre surcos y 30 cm entre sitios). Para cultivos destinados al mercado en fresco o para la industria, se requieren mayores distancias entre plantas (40 cm entre sitios y un metro entre surcos).

Los procedimientos de siembra, incluyendo las aplicaciones de fertilizantes y pesticidas, se definen basándose en la experiencia local y la disponibilidad de equipos. En Colombia generalmente la siembra se hace manualmente, poniendo los tubérculos semilla en el fondo del surco y luego se tapan con azadón o con arado de chuzo. Es conveniente que el fertilizante aplicado al fondo del surco (Figura 3) o en corona alrededor del tubérculo se tape o mezcle con suelo para evitar que se quemen los brotes y las raíces.



Figura 3. Fertilizantes simples en banda al fondo del surco. Al fondo siembra tubérculos-semilla.

REQUERIMIENTO DE SEMILLA

La cantidad de semilla por unidad de área es función de las distancias de siembra (número de sitios por hectárea), del número de tubérculos por sitio y del tamaño de la semilla. El número de tubérculos por sitio y el número de brotes por tubérculo determinan el número de tallos/m². Este



último criterio es el más indicado, ya que se trata de colocar el mayor número de tallos/m² para lograr la mayor intercepción de luz y la máxima actividad fotosintética por unidad de área.

En las tablas 1, 2 y 3, se presentan los cálculos estimativos entre las distancias de siembra y el tamaño de la semilla. Se ha estimado que la semilla tipo tercera tiene un peso promedio de 40 gramos, la de segunda 80 y la de primera 120 gramos. Se consideró una distancia de un metro entre surcos.

Tabla 1. Cantidad de semilla en función de la distancia de siembra y el tamaño de la semilla (peso promedio de 40 gramos por tubérculo).

Distancia entre plantas	Número de sitios/ha	Número de tubérculos por hectárea	Kilogramos de semilla/ha
30 cm	33333	66666	2667
40 cm	25000	50000	2000
50 cm	20000	40000	16000
60 cm	16.666	33332	1334

Tabla 2. Cantidad de semilla en función de la distancia de siembra y el tamaño de la semilla (peso promedio de 80 gramos por tubérculo).

Distancia entre plantas	Número de sitios/ha	Número de tubérculos por hectárea	Kilogramos de semilla/ha
30 cm	33333	33333	2667
40 cm	25000	25000	2000
50 cm	20000	20000	1600
60 cm	16.666	16666	1334

Tabla 3. Cantidad de semilla en función de la distancia de siembra y el tamaño de la semilla (peso promedio de 120 gramos por tubérculo).

Distancia entre plantas	Número de sitios/ha	Número de tubérculos por hectárea	Kilogramos de semilla/ha
30 cm	33333	33333	4000
40 cm	25000	25000	3000
50 cm	20000	20000	2400
60 cm	16.666	16666	2000

El efecto de las densidades de población sobre las producciones por unidad de área está influenciado por la variedad y el régimen de humedad durante el cultivo. Por ejemplo, con la variedad Parda Pastusa, en Nariño, bajo condiciones de humedad adecuada, la producción estuvo en función del número de tallos por metro cuadrado. La alta densidad de población (18 tallos/m², o más) exigió mayores dosis de fertilizante que un cultivo con menor densidad. En cuanto a la cantidad de semilla por sitio, fue adecuada la utilización de 120 gramos, los que se pueden obtener con dos a tres tubérculos delgados, o con uno mediano más uno delgado, cantidad ligeramente inferior a la que usa el agricultor.

FERTILIZACIÓN DE LA PAPA

◆ ASPECTOS GENERALES DE MANEJO DE SUELOS

Un suelo está constituido por partículas minerales y orgánicas, agua y aire. Una parte importante de la fracción mineral del suelo lo constituyen las arcillas. Estas partículas muy finas son responsables de la retención y el suministro de agua y de varios nutrientes del suelo. La materia orgánica también aporta nutrientes y mejora la granulación de los suelos, la retención de agua y la mejor utilización de los nutrientes aportados con los fertilizantes. La materia orgánica mejora la vida del suelo. La vida del suelo está integrada por los microbios, las lombrices y los insectos, principalmente. Estos intervienen en la descomposición de la materia orgánica (los nutrientes se hacen disponibles) y otros procesos del suelo que son importantes para la fertilidad. Suelos fértiles producen buenas cosechas. Las plantas también requieren oxígeno del aire. Una buena granulación permite la entrada del agua al suelo, su almacenamiento y su drenaje. Suelos sueltos facilitan la aireación y buen suministro de oxígeno para las raíces y los microbios del suelo.

Manejar bien el suelo implica considerar integralmente las propiedades físicas, químicas y biológicas. La parte física (estructura granular, infiltración adecuada, buena retención de agua y de nutrientes, resistencia a la erosión, aireación adecuada, facilidad de laboreo, etc.) especialmente en suelos de bajo contenido de materia orgánica, se mejora con altas aplicaciones de materia orgánica y cales. La parte química (CIC, pH, deficiencias nutricionales, etc.) se mejora con la adición de cales y fertilizantes químicos. La parte biológica se mejora como consecuencia de la aplicación de materia orgánica y la adecuación de las propiedades físicas y químicas.

Es conveniente considerar el manejo del suelo teniendo en cuenta el sistema de rotaciones presentes en la finca (no solamente para la papa), de tal modo que además de mejorar las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo, se rompan los ciclos de plagas y enfermedades que pueden ser problema cuando se hace monocultivo.

◆ ACIDEZ Y ENCALAMIENTO DE LOS SUELOS PAPEROS

El pH es una medida del grado de acidez o basicidad del suelo. Cada cambio de una unidad de pH representa un cambio de diez veces en la acidez o basicidad del suelo. La necesidad de cal se incrementa rápidamente a medida que el pH del suelo se reduce. La mayoría de los suelos paperos son ácidos con rangos de pH 4,5 a 5,5. La descomposición de la materia orgánica y la aplicación de fertilizantes amoniacales tienden a incrementar la acidez del suelo (reducción del pH).

El criterio práctico del manejo de la cal es la reducción de la acidez y neutralización del aluminio (Al) (que puede ser tóxico para algunas especies de plantas y hace menos soluble al P)



Figura 4. Sistema radical de papa pastusa al momento del aporque con estolones y tubérculos en formación. Arriba superficie superior del caballón.

◆ SISTEMA RADICAL DE LA PAPA Y SU RELACIÓN CON LA FERTILIZACIÓN

Al momento de germinar un tubérculo se desarrollan los tallos a partir de cada brote y simultáneamente se forman las raíces en los nudos que quedan cubiertos con suelo, dependiendo de la profundidad (Figura 4). Después de la atterrada y del aporque pueden formarse nuevas raíces, las cuales toman una dirección vertical u horizontal. La formación de estas "nuevas" raíces toma cierto tiempo y depende de la humedad del suelo. Si se pone fertilizante en el desyerbe y el aporque, éste se debe poner retirado del tallo para evitar quemazones. Para que una raíz "nueva" tome el nutriente del fertilizante, tiene que elongarse y llegar hasta la zona donde se encuentre éste. Generalmente el fertilizante queda disperso alrededor del tallo y las raíces solamente podrán hacer contacto con el área reducida donde se puso el fertilizante.

Por lo anterior, el fertilizante aplicado como reabonamiento (fraccionamiento al desyerbe o al aporque) tiene que disolverse (función de la humedad del suelo) para estar disponible y ser tomado por las "nuevas" raíces. Este fertilizante puede desplazarse a la zona de intercepción de las raíces "viejas" dependiendo de la movilidad vertical u horizontal del nutriente, que usa el agua como vehículo (lluvia o riego). Esto es aplicable para el N en forma nítrica, ya que el N amoniacal puede ser retenido por las arcillas o la materia orgánica, lo cual hace que su desplazamiento sea más lento. El P y el K se mueven por difusión a través del agua del suelo. De acuerdo con la movilidad del P y del K, la cual es muy baja para el P y lenta para el K, es poco probable que se desplace verticalmente hasta llegar a la zona de las raíces "viejas". Por esto el P y el K aplicados al reabone tendrían mejor posibilidad de absorción por las raíces "nuevas" formadas en los nudos cubiertos con suelo al momento de la atterrada o al aporque, o las que se forman en los nudos de los estolones.

Esto puede explicar la baja respuesta encontrada al reabone en suelos de Nariño y se ha confirmado con varios experimentos en otras zonas en las cuales todo el fertilizante se aplicó al momento de la siembra sin afectar los rendimientos. Para los casos de suelos de Toca y Siachoque, en Boyacá, donde los agricultores aplican el fertilizante al desyerbe, el buen desarrollo de las plantas en los estados iniciales (cuando no se aplica fertilizante al momento de la siembra) se debe más al P y K existente en el suelo que al aplicado con los fertilizantes. En el caso anterior se pueden presentar deficiencias de N en los estados iniciales de desarrollo.



◆ NUTRIENTES ESENCIALES PARA EL CULTIVO DE LA PAPA

Como toda especie vegetal, la papa requiere para su desarrollo de 16 elementos químicos que se denominan nutrientes esenciales. De estos, el carbono (C), el hidrógeno (H) y el oxígeno (O) provienen del aire y del agua. Los restantes nutrientes llamados también minerales provienen del suelo. Al nitrógeno (N), al fósforo (P) y al potasio (K) se les denomina nutrientes mayores por el alto requerimiento que de ellos tiene la planta. Al calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) se les denomina nutrientes secundarios. Los elementos boro (B), cobre (Cu), zinc (Zn), hierro (Fe), manganeso (Mn), cloro (Cl) y molibdeno (Mo) son denominados micronutrientes o elementos menores, porque la planta los requiere en pequeñas cantidades para su normal desarrollo.

Todos los nutrientes mencionados son esenciales porque cumplen funciones específicas para el desarrollo de la planta de papa. Si estos nutrientes no se encuentran en suficiente cantidad en el suelo, es necesario adicionarlos con fertilizantes de origen químico u orgánico para lograr óptimos rendimientos. Un suelo fértil tiene una buena reserva de nutrientes y requerirá menos aplicaciones de fertilizantes. Los suelos paperos de Colombia son más deficientes en N, P, Mg y B.

El diagnóstico de la fertilidad del suelo se hace por medio de análisis químico en el laboratorio. Para ello, debe tomarse una muestra representativa del terreno, con varias submuestras a 20 cm de profundidad, evitando áreas donde se hayan hecho depósitos de abono orgánico, de cales o fertilizantes, cerca de zanjas de drenaje, vías etc. o cualquier otro factor que pueda distorsionar el resultado. Tomar el mayor número de muestras es conveniente para establecer la fertilidad promedio del suelo bajo análisis. Las muestras de suelo se deben enviar a un laboratorio confiable. Un análisis de suelos requiere de una apropiada interpretación. Por esta razón se recomienda que el agricultor se apoye en el asistente técnico para la interpretación del análisis y la definición del plan de fertilización más adecuado para su finca.

◆ EL NITRÓGENO Y SU MANEJO

El N es esencial para el crecimiento de la planta de papa y requiere de altas cantidades para su desarrollo normal. Es necesario para la síntesis de la clorofila. Por lo tanto cualquier alteración en la formación de clorofila impide que la planta utilice la luz solar como fuente de energía, en el proceso de la fotosíntesis, y hace que aparezcan los síntomas de deficiencia.

La deficiencia de N se caracteriza por un desarrollo vegetativo restringido, hojas poco desarrolladas y de color verde pálido. Las hojas más viejas (bajeras) tienen tendencia a la senescencia (amarillas y secas) y se pueden perder prematuramente. El N por tener una gran movilidad dentro de la planta, se transloca desde las hojas bajeras hacia los puntos de mayor requerimiento.

Se ha considerado que el exceso de N produce retraso en la madurez de los cultivos; puede incrementar el crecimiento vegetativo, pero en la mayoría de los casos el retraso en la madurez es causado por la deficiencia de otros nutrientes, más que por su exceso de N. El suministro de adecuadas cantidades de P y K contrarresta los posibles efectos negativos de un exceso de N. Aunque el cultivo de la papa presenta respuesta a efectos simples en la fertilización con N y P, al aplicarlos simultáneamente los rendimientos son mayores, o sea, que existe una interacción muy marcada entre estos elementos, lo cual ha sido probado en varias investigaciones. Por esta razón estos dos elementos deben ser aplicados simultáneamente en los planes de fertilización.

La principal fuente de N en el suelo es la materia orgánica (la nativa del suelo, los desechos de cosecha o adición de estiércoles) pero su disponibilidad está asociada con el grado de descom-

posición. En condiciones de baja humedad o suelos fríos, la descomposición de la materia orgánica es muy lenta y es bajo el suministro de N. Por esta razón, para el cultivo de la papa se deben preferir las fuentes nitrogenadas de origen sintético, de rápida utilización.

La planta de papa toma el N en forma de iones de amonio (NH_4^+) y de nitrato (NO_3^-). Las mayores tasas de crecimiento se presentan cuando hay mayor disponibilidad de nitratos. La prevalencia de iones nitrato o de amonio en el suelo dependen del tipo de fertilizante aplicado y de la actividad microbiológica, ya que los iones amonio pueden ser transformados a nitrato.

El N, al ser un elemento muy móvil en el suelo (se lixivia o se volatiliza), puede fraccionarse, aplicando una parte al momento de la siembra, al desyerbe o antes del aporque si esto es posible en la práctica ya que al momento del aporque cuando ya hay bastante follaje, parte del fertilizante queda sobre este o rueda por las paredes del surco. Para el reabone se puede usar urea, nitrato de amonio o sulfato de amonio.

En general, los suelos de clima frío donde se cultiva la papa tienen un alto contenido de humus, pero son pobres en N asimilable, debido, entre otras causas, a la baja mineralización de la materia orgánica nativa del suelo. Los experimentos establecidos en toda el área papera para evaluar la respuesta a la fertilización con N, siempre resultaron en un incremento significativo del rendimiento de tubérculos. La dosis de N más efectiva está entre 75 y 100 kg/ha. Los estudios con N también mostraron que era necesario corregir, simultáneamente, la deficiencia de P para obtener una mayor eficiencia del N aplicado.

En diferentes investigaciones realizadas en suelos andepts (con cenizas volcánicas) de Nariño se obtuvieron producciones crecientes con la aplicación de N hasta 200 kg/ha, en presencia de 300 kg de P_2O_5 . Las respuestas no presentaron relación con el contenido de materia orgánica del suelo y el nitrógeno asimilable para las plantas, lo cual puede tener su origen en las bajas temperaturas, altos contenidos de alófana (ceniza volcánica) y condiciones que limitan la mineralización de la materia orgánica. Por tanto, esta característica no se utiliza como un criterio de disponibilidad de nitrógeno en suelos de clima frío.

Las fuentes simples más importantes que se pueden utilizar en la fertilización de la papa son: la urea (46% de N), el sulfato de amonio (21% de N), el nitrato de amonio (34% de N), el nitrato de calcio (16% de N) y el fosfato diamónico (DAP 18% de N). El DAP es también una fuente fosfatada con 46% de P_2O_5 . La urea es la fuente más barata de N.

◆ EL FÓSFORO Y SU MANEJO

El fósforo (P) es esencial para el crecimiento de la papa y no puede ser sustituido por ningún otro nutriente. El P promueve la rápida formación y crecimiento de las raíces e interviene directamente en el número y tamaño de los tubérculos. El síntoma más característico de la deficiencia de fósforo es el de plantas rígidas y de pobre desarrollo vegetativo (Figura 5). Los folíolos son más erectos y hay un marcado retraso en la madurez del cultivo. También se presenta escasez y retraso de la floración. Como consecuencia de la deficiencia de P hay baja producción de papa.

La planta de papa toma el P del suelo con bastante dificultad. Esto se debe a las características del sistema radical de la planta y a la muy baja movilidad del P hacia las raíces. Es tomado del suelo en forma de los aniones H_2PO_4^- y HPO_4^{2-} y se mueve muy poco en la mayoría de los suelos. Generalmente se mantiene en el lugar donde ha sido colocado con los fertilizantes. Se pierde muy poco P por lixiviación, pero se mueve con más facilidad en suelos arenosos que en arcillosos. Casi todo el P se mueve en el suelo por difusión (de mayor concentración a menor concentración), un proceso lento y de poco alcance que depende de la humedad del suelo. Las

*Figura 5. primer plano
pobre desarrollo por
deficiencia de P; al fondo se
aplicó una dosis media de P*



condiciones secas reducen notablemente la difusión de P. De lo anterior se deriva que el P debe ser suministrado en suficientes cantidades y localizado al alcance de las raíces y con un adecuado contenido de humedad.

Es muy poco lo que se puede hacer para aliviar los síntomas de deficiencia de P durante la época de desarrollo del cultivo. Por esto, y teniendo en cuenta la baja movilidad del P, se recomienda aplicar todo el P al momento de la siembra (localizado en banda o en corona) debajo y cerca de los tubérculos-semilla para que quede al alcance de las raíces. La aplicación fraccionada del P no es eficiente porque su utilización depende del crecimiento de las raíces nuevas. Por ejemplo, en un suelo franco, si localizamos el P a más de un centímetro de la raíz, no se moverá lo suficiente hacia la raíz para ser absorbido.

La mayor parte de los suelos cultivados con papa en Colombia son bajos en P y presentan alta capacidad para fijar (inmovilizar) el P aplicado con los fertilizantes debido a las condiciones ácidas y la presencia de cenizas volcánicas. Por otro lado, hay zonas del altiplano cundiboyacense (partes bajas de Siachoque y Toca, Valle de Samacá y zonas similares) que han acumulado altas cantidades de P por las aplicaciones continuadas en cada semestre al cultivo de papa. En estos suelos se podría sustituir el P en la fertilización y utilizar la reserva del suelo por algunos años.

En la zona productora de papa del departamento de Antioquia, con pocas excepciones, el contenido de fósforo aprovechable (Bray II) es bajo (menos de 40 ppm). Los experimentos para evaluar la respuesta del cultivo a la fertilización fosfórica, en cantidades crecientes, hasta llegar a 555 kilogramos de P_2O_5 por hectárea, mostraron incrementos significativos en los rendimientos. Las dosis que determinaron un mayor incremento en los rendimientos de la papa estuvieron entre 300 y 450 kilogramos de P_2O_5 por hectárea. También se estudió el efecto de la aplicación de P y gallinaza, de P y N, y de P en suelos encalados previamente. En el caso de aplicación de P y N, se observó el aumento de la eficiencia de la fertilización nitrogenada, cuando se corregía simultáneamente la deficiencia de P. En los estudios de P y gallinaza se notó que el abono orgánico aumentaba la eficiencia del P. En este sentido, cinco toneladas de gallinaza, en presencia de las diferentes cantidades de P_2O_5 , incrementaron significativamente la producción de papa.

La papa es un cultivo que presenta altas respuestas a la aplicación de P, en presencia de dosis de N entre 50 y 180 kg/ha. En Nariño, en suelos con contenidos inferiores a 30 ppm de P, las mayores respuestas se han encontrado con la adición de 400 kg/ha de P_2O_5 . En suelos con contenidos entre 30 y 60 ppm de P se obtuvieron aumentos significativos con aplicaciones de 100 y 200 kg/ha de P_2O_5 .

Teniendo en cuenta el alto costo de la fertilización fosfórica, debido a la baja eficiencia de los fertilizantes aplicados al suelo (entre 10 y 20%) se han probado varios métodos para mejorar la

eficiencia de las rocas fosfóricas en papa, tales como la mezcla de éstas con fuentes solubles de fósforo, mezclas con sustancias formadoras de ácido, como azufre, yeso, urea, sulfato de amonio y gallinaza. En todos los casos, las mejores respuestas de la papa se presentaron con la aplicación de los fertilizantes fosfóricos solubles en agua. Al utilizar las rocas fosfóricas Huila y Pesca, aciduladas al 50% con ácido sulfúrico, se obtuvieron rendimientos similares, aunque inferiores, a los obtenidos con el superfosfato triple. Al acidular estas rocas se produce fósforo asimilable para la papa, en cantidad suficiente para aportar este elemento en las etapas de mayor exigencia de las plantas. Lo más recomendable para utilizar las rocas fosfóricas parcialmente aciduladas (Fosfacid), es hacer los cálculos de P basados en el contenido de P soluble.

Como fuentes simples de fósforo se pueden utilizar el superfosfato triple (46% de P_2O_5), el fosfato diamónico (DAP 18% P_2O_5) y las rocas fosfóricas parcialmente aciduladas (10% P_2O_5). Estas fuentes combinadas con las fuentes nitrogenadas y potásicas se pueden utilizar para hacer mezclas a nivel de finca. También se puede contar con los fertilizantes compuestos, ya sea complejos o de mezclas físicas.

◆ EL POTASIO Y SU MANEJO

El potasio tiene varias funciones en la nutrición de la papa, pero se destaca que es importante para la fotosíntesis y ayuda a la planta a resistir los ataques de enfermedades y las heladas. Además el K tiene un papel importante en el uso eficiente del agua por la planta, ya que regula la apertura y el cierre de los estomas. El K no forma compuestos orgánicos en la planta, como sí ocurre con el P y el N. Su función principal está relacionada con muchos y variados procesos metabólicos.

El potasio es asimilado en grandes cantidades por la planta de papa, y su carencia durante el periodo de crecimiento acorta el periodo vegetativo en detrimento del rendimiento. Unas cuantas semanas después de la emergencia, la papa asimila ávidamente al K hasta cuando llega al estado de máximo follaje. Por esta razón, en este periodo relativamente corto debe haber una buena disponibilidad de K.

La deficiencia de K se manifiesta por el tono verde oscuro anormal de la planta y la decoloración y bronceado de la hoja, que termina necrosándose, especialmente en las puntas y en los márgenes de las hojas bajas. Los tubérculos con bajo contenido de potasio son susceptibles a la aparición de manchas azuladas bajo la epidermis, si son golpeados.

El K es absorbido por las plantas en forma iónica, como K^+ ; no se mueve mucho en el suelo, excepto en suelos arenosos y suelos orgánicos; tiende a mantenerse en el sitio donde se pone cuando se fertiliza. Cuando el K se mueve lo hace por difusión, en desplazamientos lentos y de corto recorrido por las películas de agua que rodean las partículas de suelo. En condiciones secas este movimiento es aún más lento, pero niveles altos de K en el suelo lo aceleran.

El fertilizante potásico es preferible aplicarlo a la siembra, debido a que las plantas absorben una buena proporción de K en las etapas tempranas de crecimiento. En suelos de textura liviana (arenosos o franco arenosos), con un alto potencial para perder potasio por lixiviación, es más recomendable fraccionarlo a la siembra y al desyerbe. Se pueden usar fuentes simples como el cloruro o el sulfato de potasio o el proveniente de fertilizantes compuestos. Los suelos arenosos tienen baja capacidad de retención de cationes y la materia orgánica solo atrae débilmente el K^+ . En estos casos es conveniente el fraccionamiento.

Las bajas temperaturas reducen la disponibilidad y absorción de K por las raíces de las plantas. Esto se puede solucionar aumentando la concentración (se incrementa la dosis de fertilizante). En los suelos de páramo, que requieren mayores dosis de fertilización, no se aumenta la extracción de nutrientes sino que se reduce la absorción, se aumenta la fijación de P y se incrementan las pérdidas de N y K.



En la zona fría del departamento de Antioquia, la tendencia general de los suelos es a presentar bajos contenidos de K intercambiable (menos de 0,3 meq/100 gramos de suelo). El bajo nivel de K asimilable parece estar asociado con el material parental, el cual muestra escasos contenidos de minerales potásicos, con la lixiviación de sales solubles, con la aplicación de cantidades altas de enmiendas cálcicas o dolomíticas, en años anteriores y con la utilización de fertilizantes, con N y P únicamente, o con bajos contenidos de K en su grado, entre otras causas.

Los diferentes experimentos para evaluar la respuesta de la papa a la fertilización con K en Antioquia, han mostrado incrementos altamente significativos en los rendimientos, para suelos con menos de 0.3 meq/100 g de suelo. La mayor eficiencia agronómica se logró con cantidades de K_2O que oscilaron entre 50 y 100 kg/ha. Otros resultados importantes fueron los que se obtuvieron en los experimentos donde se aplicó K en tierras que habían recibido un encalamiento previo, y en cantidades iguales o mayores de cuatro t/ha. Con estas dosificaciones de cal se redujo el rendimiento de la papa y también el contenido de K intercambiable del suelo. En los experimentos para comparar las fuentes sulfato de potasio (K_2SO_4) y cloruro de potasio (KCl) no hubo diferencias significativas entre fuentes.

En Nariño y en el altiplano cundiboyacense, las respuestas a la fertilización con potasio no han sido muy consistentes, ya que en unos suelos aumentó ligeramente la producción y en otros se disminuyó. Esta respuesta está relacionada con los contenidos medios a altos de potasio en estos suelos.

Las fuentes simples más comunes de K son el cloruro de potasio (60% de K_2O) y el sulfato de potasio (50% de K_2O y 18% de S). En cultivos destinados a la industria se debe preferir el sulfato de potasio, ya que el cloro contenido en el cloruro de potasio puede inducir turgencia de los tubérculos, reducir el contenido de materia seca y afectar la calidad.

◆ LOS ELEMENTOS SECUNDARIOS Y SU MANEJO

Los elementos secundarios son el calcio, el magnesio y el azufre. El Ca es tomado por la planta en forma del catión Ca^{++} . Este elemento estimula el desarrollo de las raíces y de las hojas y fortalece la estructura de la planta. La papa es poco exigente en calcio y se considera que la mayoría de los suelos paperos están bien abastecidos con este elemento. El manejo del calcio tiene que ver con el encalado, que se presentó anteriormente.

El Mg es el átomo central de la molécula de clorofila y por tanto fundamental en la fotosíntesis. También interviene en el metabolismo del P, en la respiración y en la activación de muchos procesos enzimáticos en la planta. Es absorbido por las raíces de las plantas como catión Mg^{++} .

Los síntomas de deficiencia de Mg aparecen primero en las hojas bajas debido a que este nutriente se transloca con facilidad desde los tejidos más viejos a los más jóvenes. En la papa es común la clorosis intervenal (Figura 6), especialmente en suelos de bajo contenido de Mg o amplias relaciones Ca/Mg. La relación óptima de Ca/Mg/K (se obtiene de los datos del análisis de suelo) para el cultivo de la papa es de 3: 1: 0.3. El manejo del Ca y del Mg está estrechamente relacionado con la frecuencia y tipo de encalamiento que se haga en el sistema de rotaciones.

Diagnósticos sobre las características químicas de los suelos de Nariño indican que son predominantemente deficientes en boro, zinc, magnesio y azufre, lo cual limita la producción y la calidad industrial de la papa. Se han obtenido incrementos hasta de 44% en los rendimientos con la aplicación de 2 kg/ha de sulfato de magnesio. En andisoles (suelos orgánicos influenciados con cenizas volcánicas) de Boyacá (con bajos niveles de Mg en los suelos y alta relación Ca/Mg), la aplicación cada 15 días de tres aspersiones foliares de sulfato de magnesio heptahidratado al 1%, corrigió deficiencias de magnesio y produjo notorios incrementos en los rendimientos de tubérculos.

Las siguientes fuentes de Mg se pueden utilizar: cal dolomita (3-12%); óxido de magnesio (55-60%), escorias Thomas (3%), sulphomag (11%). Esta última fuente es útil en suelos deficientes en magnesio y azufre y además aporta potasio (22% como K_2O).



Figura 6. *Clorosis intervenal por deficiencia de Mg en un suelo orgánico.*

En investigaciones preliminares con el azufre en algunos suelos del altiplano cundiboyacense se han encontrado incrementos en los rendimientos con la aplicación de 30 kg de S/ha con las fuentes sulfato de calcio (yeso) y sulfato de amonio (SAM). No se ha encontrado respuesta a la aplicación de S elemental como flor de azufre. Estos resultados han sido aislados y obtenidos en suelos cuyo contenido de S era inferior a 5 ppm. Los niveles críticos para S son: bajo <5.0; medio 5-10 y alto >10.0. Estudios preliminares de caracterización de suelos hechos por Corpoica (1997) han indicado que la mayoría de los suelos paperos del altiplano cundiboyacense son altos en S. Por lo anterior es conveniente incluir el S en los análisis de suelos y de acuerdo con su contenido hacer las aplicaciones usando las fuentes que se enuncian en la tabla 5.

Tabla 5. Fuentes de azufre más comunes

Material	Formula química	Contenido de S %
Sulfato de amonio	$(NH_4)_2SO_4$	24
Sulfato de potasio	K_2SO_4	26
Sulfato de potasio - magnesio (sulpomag)	$K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$	22
Azufre elemental	S	>85
Yeso	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	12-18
Sulfato de magnesio	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	14

La mayoría de las fuentes mencionadas son sulfatos, moderadamente a muy solubles en agua. El azufre elemental es insoluble en agua pero al aplicarlo al suelo se convierte en sulfato por acción bacteriana (microbios). Los sulfatos solubles en agua están disponibles de inmediato para la planta. El yeso es una fuente menos soluble en agua, pero es una fuente efectiva y de bajo costo.

◆ LOS MICRONUTRIENTES Y SU MANEJO

En el altiplano cundiboyacense se han hecho varios estudios para determinar los contenidos de micronutrientes en los suelos. Se han encontrado buenos abastecimientos de Fe y de Mn debido a las condiciones de acidez. También se han encontrado buenas disponibilidades de Cu y de Zn.



Lo más notorio en los suelos paperos es la presencia de niveles de boro (B) de medios a bajos en la mayoría de las zonas, lo cual conduce a deficiencias. Los síntomas de deficiencia de B a nivel de campo están asociados a hojas retorcidas (se ven por el envés), quebradura de tallos (Figura 7) y crecimiento reducido. Resultados experimentales indican una alta respuesta a la aplicación de B tanto al suelo como foliar; obteniéndose incrementos en los rendimientos hasta de 10 t/ha. Lo anterior se debe a que el boro favorece el desarrollo de la planta y evita la quebradura de los tallos, permitiendo que la planta disponga de un follaje elástico y bien desarrollado para la fotosíntesis. Esto influye notoriamente en los rendimientos. Cuando se aplican estiércoles, no es necesario hacer aplicaciones de B.

Se recomienda la aplicación de 1 kg de boro al suelo, partiendo de una fuente comer-



Figura 7. Quebradura de tallos por deficiencia de B.



Figura 8. Fitotoxicidad de B por aplicación de una alta concentración.

cial, como el bórax (11% de B) o el solubor (20% de B). Al follaje se pueden hacer tres aspersiones al 0.5% como solubor, aplicadas cada 15 días, a partir de un desarrollo adecuado del follaje que permita la aplicación foliar. Aplicaciones superiores causan fitotoxicidad, caracterizadas por amarilleamientos, necrosis y deformación de los folíolos, dando apariencia de "oreja de ratón" (Figura 8). Por lo anterior es preferible la aplicación al suelo.

En Antioquia, en un suelo que contenía 0.4 ppm de B disponible, se estudió la respuesta de la papa a la aplicación de uno, dos y tres kilogramos de boró por hectárea, con y sin la adición de cinco toneladas de gallinaza por hectárea. El promedio del rendimiento en dos cosechas consecutivas, mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos que habían recibido únicamente boro. El incremento en el rendimiento fue de seis toneladas de papa por

hectárea con el tratamiento de dos kilogramos de boro por hectárea. Se corroboró la afirmación de que la gallinaza, en cantidades adecuadas, aporta elementos menores, como el boro, para suplir los requerimientos del cultivo.

Tabla 6. Niveles críticos generales de micronutrientes en el suelo para el cultivo de la papa

Nivel	Boro	Zinc	Cobre	Manganeso	Hierro
Bajo	< 0.2	<1.5	<1.0	<5.0	<25
Medio	0.2-0.4	1.5-3.0	1.0-3.0	5.0-10	25-50
Alto	>0.4	>3.0	>3.0	>10	>50

◆ REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA PAPA

Las cantidades de nutrientes removidos por el cultivo de la papa dependen del rendimiento y de la concentración de nutrientes y ambos pueden variar considerablemente entre localidades y aun entre semestres o años. Los tres principales componentes del rendimiento son las hojas, los tallos y los tubérculos. Éstos son el principal "sifón" para los productos de la fotosíntesis. En la mayor parte del período de crecimiento las raíces aportan poco al contenido total de materia seca. Igual ocurre con los estolones. Los contenidos de P están alrededor de 1/10 de los contenidos de N y K. Dos semanas después de su formación, los tubérculos se constituyen en el principal "sifón" para todos los tres nutrientes. La rata de absorción de N, P y K está en función del contenido de humedad del suelo. Nutrientes de otras partes de la planta se pueden translocar a los tubérculos cuando hay déficit de agua.

La mayor acumulación de N, P y K se da en los tubérculos (extracción de las hojas>tallos). En general, la extracción es de K>N>P. La extracción de Ca es > que la de P. De la extracción total de Ca, Mg y S, la mayoría se va a las hojas, los tallos, los estolones y las raíces. En los tubérculos, el contenido de calcio es bajo. La mayor extracción de nutrientes durante el desarrollo vegetativo ocurre entre los 50 a 60 días después de la siembra, según la variedad y la humedad. Esto coincide con la época de mayor desarrollo vegetativo y la formación de los estolones que van a dar origen a los tubérculos. En la tabla 7 se presenta un estimativo de la cantidad de nutrientes extraídos por un cultivo de papa.

Tabla 7. Cantidades de nutrientes removidos por el cultivo de la papa

Rendimiento/ha	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Mn	Zn
	Kg./ha						Gramos/ha		
27.0	90	15	140	3	7	7	44	100	60



En esta tabla se puede apreciar que la mayor extracción es de K, seguida por el N. Los requerimientos de P son bajos y contrastan con las altas aplicaciones de P que se hacen en la fertilización convencional del cultivo de la papa. Esto se debe a los procesos de fijación de este nutrimento en muchos suelos ácidos donde se cultiva la papa.

La literatura reporta que para un rendimiento de 20 t/ha de tubérculos se remueven 44 gramos de Cu, 42 de Mn, 0.74 de Mo, 99 de zinc y 60 gramos de B. De las cifras anteriores se puede concluir que los requerimientos de micronutrientes son bastante bajos en comparación con los nutrientes secundarios y mayores. No obstante, su deficiencia afecta los rendimientos. Por lo general, varios de estos nutrientes se encuentran en suficiente cantidad en el suelo.

Existen diferencias entre variedades en cuanto a requerimientos nutricionales. En suelos de Nariño se encontró que la variedad Parda Pastusa es más exigente en suelos y fertilización que la ICA-Nariño. Las altas producciones por unidad de superficie de un cultivo de papa implican igualmente altas extracciones de nutrimentos. Mientras más altas son las producciones, mayor es la extracción nutricional y mientras más alta sea la producción potencial o esperada, mayores serán los requerimientos de fertilización.

♦ LA RECOMENDACIÓN DE FERTILIZANTES

La recomendación de fertilizantes contesta las preguntas de ¿qué aplico, cuánto y cómo? Esto se conoce técnicamente como la fuente, la dosis y el método de aplicación, respectivamente. A continuación se explica con detalle cada uno de estos aspectos.

• FUENTES DE FERTILIZANTES

Las dos fuentes principales de nutrientes son los fertilizantes químicos y los abonos orgánicos.

FERTILIZANTES QUÍMICOS

Una de las dos alternativas más comúnmente utilizadas en el abonamiento del cultivo de la papa son los abonos químicos. Estos son productos naturales o de síntesis, portadores de 1 ó más nutrimentos. En el mercado se consiguen las fuentes simples (ya mencionadas) y los fertilizantes compuestos tradicionales. Estos últimos pueden ser complejos y de mezclas físicas. Los complejos tienen igual composición en cada uno de los gránulos, por lo que hay buena uniformidad en la distribución de los nutrientes en el campo. Las mezclas físicas se preparan partiendo de las fuentes simples o de portadores de dos nutrientes. Los fertilizantes de mezclas físicas son producidos a nivel de fábrica con tamaños de gránulos más o menos iguales para evitar la segregación (los gránulos grandes ruedan hacia la parte baja del montón). También se pueden preparar a nivel de finca antes de la aplicación al suelo. Las fuentes simples son mejores para el reabonamiento, ya que se puede aplicar un solo nutriente como el N y se evita el desperdicio de otros nutrientes como el P y K, cuya utilización no es muy eficiente en el reabono. Las fuentes simples son más baratas por unidad de nutrientes, pero su uso implica mano de obra adicional para hacer las mezclas en la finca.

El DAP (18-46-0, portador de N y P) es una fuente interesante para ser considerada en los planes de fertilización para suelos bajos de P y bien abastecidos con K. Para suelos con alto contenido de P y de K se pueden usar dosis bajas de P de estos dos elementos, con el criterio de restituir los removidos en la cosecha; pero el N no puede faltar. Es posible sacar buenas producciones con solo aplicar N (urea, nitrato de amonio o SAM) cuando se tienen altos contenidos de P y K disponibles.

ABONOS ORGÁNICOS

La otra fuente de nutrientes son los materiales orgánicos. En términos generales estos son de gran volumen, alto contenido de agua y pobres en nutrientes. Su valor desde el punto de vista nutricional está asociado con la cantidad utilizada. Los abonos orgánicos son fertilizantes multinutrientes, pero su disponibilidad depende del grado de descomposición. La composición de un estiércol depende de la clase de animal, el tipo de alimentación y el manejo del estiércol, ya que en el proceso de preparación pueden ocurrir pérdidas por volatilización del N y lavado de NPK.

En términos promedios un estiércol tiene 0.5% de N, 0.25% de P_2O_5 y 0.5% de K_2O . Esto quiere decir que una tonelada de estiércol proporciona únicamente 5, 2.5 y 5 kg de N total, de P_2O_5 y K_2O , respectivamente; pero solamente una parte de los nutrientes aplicados con el estiércol son asimilables; en general, solo la mitad del N, una sexta parte del P y alrededor de la mitad del K se pueden aprovechar durante un ciclo del cultivo. De este modo, de una tonelada de estiércol tan solo se obtienen 2.5 kilogramos de N, 0.4 kilogramos de P_2O_5 y 2.5 kilogramos de K_2O . Comparativamente, en una tonelada de 10-30-10 se tienen 100, 300 y 100 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O , respectivamente, presentes en forma soluble y fácilmente asimilables por el cultivo.

Los abonos orgánicos no solamente son importantes como portadores de nutrientes sino que la materia orgánica que poseen contribuye al mejoramiento de las propiedades físicoquímicas y biológicas del suelo. Contribuye a mejorar la granulación de los suelos, aumenta la capacidad de retener cationes y agua, mejora la infiltración y la resistencia de los agregados al impacto de las gotas de lluvia y a la mecanización. Es además el alimento para muchos de los microorganismos del suelo. El efecto benéfico para el suelo depende mucho de la cantidad utilizada.

El estiércol más popular en las zonas paperas, por tener mayor oferta, es la gallinaza como subproducto de la industria avícola. La gallinaza puede tener dos orígenes: la de ponedora y la de pollo de engorde. La primera es estiércol puro de gallina, mientras que la segunda es adicionada con una cama de cascarilla de arroz o viruta de madera. La calidad nutricional depende de su manejo y del contenido de humedad. Es un material difícil de aplicar y de mal olor cuando se humedece.

Hay poca oferta de estiércol vacuno, por la carencia de ganaderías en estabulación. La otra oferta de estiércol en zonas de minifundio lo constituye el producido en los "chiqueros" o sitios donde duermen los animales cerca de las casas de habitación. Generalmente lleva residuos de cosecha, como bagazo de maíz, cebada o trigo, cenizas y otros residuos de la casa. Su valor nutricional es bajo por las altas pérdidas de N por volatilización y de NPK por lavado de las aguas lluvias, ya que su manejo se da a la intemperie. Lo más recomendable es que el agricultor produzca el abono orgánico en su propia finca (y le de buen manejo) o lo obtenga de sitios cercanos para disminuir los costos por transporte.

La aplicación de estiércol a la papa generalmente se hace en banda o localizado en el sitio de siembra. Este estiércol puede ser de gran valor por aporte de elementos secundarios y micronutrientes. Como ya se mencionó, se ha observado control de las deficiencias de boro en lugares donde se aplica estiércol.

El mejor papel de la materia orgánica puede estar en el mejoramiento de las propiedades físicas de los suelos pesados presentes en las zonas bajas de los altiplanos. En este caso se debe analizar la conveniencia de incorporar estiércoles traídos de fuera de la finca por su alto volumen y costo. Es más conveniente la incorporación de residuos orgánicos producidos en el mismo lote, mediante la utilización de los residuos de la cosecha o con abonos verdes, como se mencionó anteriormente. Abonando la especie de rotación no solamente podemos obtener buenas cosechas de grano o pasto, sino también abundancia de residuos para incorporarlos al suelo para su



mejoramiento. La incorporación de residuos de cereales, que tienen una alta relación C/N, puede inmovilizar el N del suelo por los microorganismos.

Las respuestas a la aplicación de estiércol vacuno no han sido consistentes. En Nariño, con la aplicación de 6 a 9 t/ha de estiércol vacuno se incrementó la eficacia del fertilizante químico 13-26-6. Por otra parte, el abonamiento orgánico mejoró el efecto residual del fertilizante.

La aplicación de materia orgánica, especialmente como gallinaza, seca y bien pulverizada (sola o en mezcla con fertilizantes de NPK) ha dado buenos resultados en andisoles (suelos negros con alto contenido de cenizas volcánicas) en el oriente antioqueño. Dosis de hasta 1.500 kg/ha de fertilizante compuesto han dado pobres resultados hasta tanto no se adicionan 10 t/ha de gallinaza, equivalente a unos 400 g/sitio. Por esta razón, la aplicación de este material se ha constituido en práctica rutinaria en el cultivo de papa en esta región. En el altiplano cundiboyacense, en suelos de páramo, la aplicación de dos toneladas de gallinaza, seca y pulverizada, combinada con 1500 kg/ha de 10-30-10, ha dado incrementos hasta de 6 t/ha en los rendimientos.

Lo anterior indicaría que esta fuente, con alto contenido de carbono y de energía, se alcanza a descomponer, dando beneficios en la producción de la papa y en el estado químico del suelo, ya que puede neutralizar parte de la acidez intercambiable, mejorar el contenido de P aprovechable y el de Ca y K asimilables. Los diferentes resultados permiten concluir que el abono orgánico hace más eficiente la adición de nitrógeno y de fertilizantes químicos a base de N, P y K. Para la papa, las cantidades adecuadas de gallinaza están entre 2 y 5 toneladas por hectárea, en cada siembra, siendo posible en estos casos disminuir el N a cantidades entre 50 y 75 kg/ha.

• MÉTODOS DE APLICACIÓN

Aquí se responde a la pregunta ¿cómo lo aplico? Es bueno recordar que el P y el K son nutrientes que se mueven lentamente en el suelo. Por esta razón se debe localizar muy cerca de las raíces. De otra parte, el P es necesario para el desarrollo del sistema radical y esto ocurre en las primeras etapas de desarrollo del cultivo. En términos prácticos, se debe aplicar todo el P al momento de la siembra, en banda o en corona, de manera localizada para evitar la interacción del fertilizante con el suelo y reducir la fijación. Por el contrario, el N, un nutriente altamente móvil, se puede fraccionar, siempre y cuando esto se haga en condiciones prácticas en el desyerbe o al aporque.

Se ha encontrado que el fraccionamiento (reabone) de los fertilizantes aumenta la producción en algunas variedades tardías como la Tuquerreña, en la cual el mejor resultado se obtuvo con la aplicación de la mitad de la dosis de fertilizante en el momento de la siembra y la otra mitad a los 40 días; ó 75% en la siembra y 25% a los 60 días. En zonas de páramo, donde el período vegetativo se alarga considerablemente, es más recomendable el fraccionamiento ya que hay mayores pérdidas de nutrientes por lavado o porque el tiempo de reacción del fertilizante con el suelo se incrementa.

En Nariño, el fraccionamiento del abonamiento, en las variedades precoces como la ICA-Nariño y la Criolla, no incrementó las producciones. En las variedades tardías, ICA-Guamuéz y Parda Pastusa, no se obtuvo diferencia significativa entre las épocas de aplicación de fertilizante. En estos casos es más conveniente aplicar todo el fertilizante al momento de la siembra. Las respuestas de las diferentes variedades a las épocas de aplicación se deben, principalmente, a la diferencia de tiempo de la formación de los estolones y a la duración del período vegetativo. Las variedades precoces forman los estolones más rápidamente que las tardías.

En Antioquia se fertiliza generalmente en dos momentos: 60% al momento de la siembra y 40% con el aporque. Sin embargo, y de acuerdo con trabajos de investigación realizados en el país, muestran que no hay diferencia en producción cuando se aplica todo el fertilizante en el momento de la siembra.

• **DOSIS GENERALES DE NUTRIENTES**

Se contesta a la pregunta ¿cuánto aplico? Es de gran importancia fertilizar a partir de un análisis de suelos. Una vez determinado el nutriente limitante que tenemos que aplicar, procedemos a seleccionar la cantidad y la fuente que sea más apropiada para nuestras condiciones particulares, ya que hay diversas fuentes que se ofrecen en el mercado.

La zona papera del oriente antioqueño presenta suelos derivados de ceniza volcánica (andisoles), de fertilidad moderada a baja, con contenidos bajos en P, Ca, Mg y K, con altos contenidos de Al, de textura franco a franco arenoso, con buenos contenidos de materia orgánica, pH ácidos a fuertemente ácidos, con baja capacidad de intercambio de cationes (CIC). En la tabla 8 se presentan los resultados experimentales de la fertilización con NPK, la aplicación de enmiendas y el abonamiento orgánico, cuando se siembra papa en unicultivo, en rotación con gramíneas, en asociación con leguminosas o en relevo con maíz y frijol voluble.

Tabla 8. Guía general para la fertilización de la papa en el departamento de Antioquia*

Factor	Categorías	Recomendaciones			
		(t/ha)			(kg/ha)
M.O(%)	Bajo < 10	Gallinaza	3-5	N	100-150
	Medio 10-20		2-3		75-100
	Alto > 20		2-3		75-100
P,ppm(BrayII)	Bajo < 40			P ₂ O ₅	300-450
	Medio 40-60				200-300
	Alto > 60				100-200
K(meq/100g)	Bajo < 0,30			K ₂ O	90-120
	Medio 0.31 - 0.60				60-90
	Alto > 0.61				< 60
Ca (meq/100g)	Bajo < 3.0 Medio 3.1 - 6.0	Para las categorías en Ca, Mg, pH y con saturación aluminio alta, se debe aplicar 1,0 - 2,0 toneladas de cal dolomítica por hectárea.			
Mg (meq/100g)	Bajo < 0.8 Medio 0.81 - 1.50	En suelos con contenidos medios, la cal debe variar entre 0.5 - 1.0 t/ha.			
Saturación con Al (%)	Medio 20-40 Alto > 46	La cal se aplica en bandas al fondo del surco, o en corona en cada semilla, la cal se separa de los demás fertilizantes con una capa delgada de suelo.			
pH	Bajo < 5.0 Medio 5.1 - 5.5				

* En aquellos suelos moderadamente profundos (más de 60 centímetros) y a más de 2.500 metros sobre el nivel del mar, la papa puede recibir las cantidades máximas recomendadas en cada factor.

De acuerdo con la experimentación y los análisis de suelos, las recomendaciones de fertilizantes en el cultivo de papa del departamento de Nariño se indican en la tabla 9.



La información respecto a la fertilización con N-P-K es extensa y, posiblemente, para las condiciones de Nariño las recomendaciones actuales estarían muy aproximadas para obtener el potencial de producción del cultivo, lo mismo que los óptimos económicos.

Tabla 9. Recomendaciones de fertilizantes en el cultivo de papa, en el departamento de Nariño con base en análisis de suelos. Quinta aproximación (1992)*

Dosis de N Kg/ha	P aprovechable Bray II (ppm)	Dosis de P ₂ O ₅ Kg/ha	K cambiabile Meq/100g	Dosis de K ₂ O Kg/ha
100 a 150	<20	300-400	<0.30	75-100
	20-40	200-300	0.30- 0.60	50-75
	>40	100-200	>0.60	25-50

* ICA Sección Recursos Naturales (1992).

En la tabla 10 se presentan las recomendaciones generales de fertilización para el altiplano cundiboyacense y otras zonas de Colombia, con base en diferentes resultados experimentales.

Tabla 10. Recomendaciones de nutrientes para el cultivo de papa en el altiplano cundiboyacense y otras regiones de Colombia. Recomendaciones de nutrientes, Quinta aproximación (ICA 1992)

Región	P ppm	K meq/100 g	N Kg/ha**	Dosis de P ₂ O ₅ /ha	Dosis de K ₂ O Kg/ha
Páramos de Cundinamarca y Boyacá	<40	<0.30	100-150	375-450	125-150
	40-60	0.30-0.60		300-375	100-125
	>60	>0.60		250-300	50-75
Altiplano Cundiboyacense	<40	<0.30	50-100	300-375	75-100
	40-60	0.30-0.60		250-375	50-75
	>60	>0.60		175-250	25-50
Santanderes	<40	<0.30	75-150	100-200	75-100
	40-60	0.30-0.60		200-300	50-75
	>40	>0.60		150-200	25-50
Zonas paperas de la Cordillera Central		***	75-100	200-250	50-75
		****	100-150	300-450	75-150

*** Para suelos delgados.

**** Para suelos profundos.

Todos los fertilizantes se deben aplicar en el momento de la siembra, en el fondo del surco, en corona o en bandas laterales al lado de la semilla.

Cuando se utilicen variedades de alto rendimiento, la cantidad de fertilizante se debe aproximar más a la cantidad máxima recomendada.

Como fuente de N también se puede utilizar gallinaza o abono de establo, en cantidad de una y cuatro toneladas por hectárea de la primera o del último.

En suelos pendientes o superficiales se debe aplicar la dosis de N y K en dos épocas así: La mitad al momento de la siembra y la otra mitad con el primer aporte.

Partiendo de las anteriores tablas de recomendaciones de nutrientes y los análisis químicos de suelos, el asistente técnico y el agricultor, conjuntamente, deben seleccionar la fuente de fertilizante de las mencionadas a lo largo del texto y que más se ajuste a sus condiciones particulares de producción.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA Y RECOMENDADA

- ARAQUE, L. E, VÉLEZ, O. M. Y VALLEJO G. 1997. *Efecto de la fertilización con N, P, K en el rendimiento y calidad industrial de la papa (Solanum tuberosum L.) en un distropept del norte de Antioquia*. Revista Suelos Ecuatoriales. Vol. 27. pp.100-102.
- BARRERA, L. L. 1993. *La fertilidad de los suelos de clima frío y la fertilización de cultivos*. En: Fertilidad de suelos, diagnóstico y control. Francisco Silva (Ed). SCCS. 419-468 pp.
- BARRERA, L. L. 1998. *Fertilización del cultivo de la papa en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá*. En: Fertilización de cultivos de clima frío. Ricardo Guerrero (Ed). Monómeros-Colombo Venezolanos, S.A. Bogotá. 63-82 pp.
- BERLIN, J. D. 1990. *Preparación de tierras agrícolas*. Sep/Trillas. México. 53p.
- BURBANO, H. O. 1998. *Las enmiendas orgánicas*. En: Fertilización de cultivos de clima frío. Ricardo Guerrero (Ed). Monómeros Colombo-Venezolano. S.A. Bogotá. 363-403 pp.
- DE LA ROSA, A; MOOSBRUGGER W. OTERO W; QUINTERO, C. Y R, SOLANILLA. 1994. *Cuidemos nuestra tierra. Una vida mejor mediante el aprovechamiento de los recursos en el campo*. Proyecto Checua KWF-GTZ-CAR. 69p.
- GARCÍA, B. 1998. *Fertilización del cultivo de la papa en el departamento de Nariño*. En: Fertilización de cultivos de clima frío. Ricardo Guerrero (Ed). Monómeros-Colombo Venezolanos, S.A. Bogotá. 23 - 41 pp.
- GUERRERO, R. R. 1988. *La fertilización de la papa en Colombia*. Monómeros Colombo-Venezolanos. Bogotá. 26p.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, ICA. 1992. *Fertilización en diversos cultivos*. Quinta aproximación. Manual de asistencia técnica número 25. Bogotá. 64p.
- INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FÓSFORO, INPOFOS. 1997. *Manual internacional de fertilidad de suelos*. Potash and Phosphate Institute. USA.
- MUÑOZ, A., R. 1978. *Fertilización y manejo de suelos cultivados con papa (Solanum tuberosum L.) en Antioquia*. En: El cultivo de la papa. ICA. Compendio No. 24. Medellín. 77-101 pp.
- MUÑOZ, A., R. 1998. *Fertilización de la papa en Antioquia*. En: Fertilización de cultivos de clima frío. Ricardo Guerrero (Ed). Monómeros-Colombo Venezolanos, S.A.. Bogotá. 43-61 pp.



- RODRÍGUEZ, J. M. 1973. *Fertilización de papa en Antioquia: pruebas regionales*. En: Revista Facultad Nacional de Agronomía. Medellín. V.28(3): 18-25 pp.
- TAMAYO V., A. Y M. HINCAPIÉ. 1999. *Efecto de la fertilización con N, P, K en el rendimiento y calidad industrial de la papa (Solanum tuberosum L.) en un andisol del altiplano norte de Antioquia*. Informe de resultados Corpoica. Mc Cain Andina, S.A, Rionegro, Antioquia. 27p.
- TAMAYO V., A. y J. L. ZAPATA P. 2000. *Manejo integral del cultivo de la papa*. Corpoica. Mc Cain Andina. Santa Rosa de Osos. 44p.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA Y RECOMENDADA

- AGUIAR, E. VELEZ O. M. Y J. GARCÍA. 1987. Efecto de la fertilización con N, P, K en el rendimiento y calidad industrial de la papa (Solanum tuberosum L.) en un andisol del norte de Antioquia. Revista Facultad Nacional de Agronomía. Medellín. V. 32(3): 18-25 pp.
- BARRERA, J. L. 1987. Fertilización del cultivo de la papa en el departamento de Córdoba. En: Fertilidad de suelos, nutrición y control. Fundación CITA. 188p.
- BARRERA, J. L. 1987. Fertilización del cultivo de la papa en el departamento de Córdoba. En: Fertilidad de suelos, nutrición y control. Fundación CITA. 188p.
- BERLIN, J. D. 1980. Fertilización de papas. En: Fertilización de suelos de Colombia. Ed. Universidad Nacional de Colombia. 207-218 pp.
- BURBANK, H. O. 1982. Las variedades de papa. En: Fertilización de suelos de Colombia. Ed. Universidad Nacional de Colombia. 207-218 pp.
- DE LA ROSA, A. HOOCHINGUER, W. GIBSON, W. GIBSON, C. Y R. SOLAMALIA. 1982. Cultivos nuevos para las zonas altas de Colombia. En: Fertilización de suelos de Colombia. Ed. Universidad Nacional de Colombia. 207-218 pp.
- GARCÍA, E. 1987. Fertilización del cultivo de la papa en el departamento de Córdoba. En: Fertilidad de suelos, nutrición y control. Fundación CITA. 188p.
- GUERRERO, R. B. 1982. La nutrición de la papa en Colombia. Medellín. Corpoica. 207-218 pp.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGRPECUARIO ICA. 1982. Fertilización de papas. En: Fertilidad de suelos, nutrición y control. Fundación CITA. 188p.
- INSTITUTO DE LA PATA Y EL POTEÑO. 1987. Manual técnico. En: Fertilidad de suelos, nutrición y control. Fundación CITA. 188p.
- MUNOZ, A. H. 1973. Fertilización y riego de papas en las zonas altas de Colombia. En: Fertilidad de suelos, nutrición y control. Fundación CITA. 188p.
- MUNOZ, A. H. 1982. Fertilización de la papa en Antioquia. En: Fertilización de suelos de Colombia. Ed. Universidad Nacional de Colombia. 207-218 pp.
- MUNOZ, A. H. 1982. Fertilización de la papa en Antioquia. En: Fertilización de suelos de Colombia. Ed. Universidad Nacional de Colombia. 207-218 pp.

Manejo integrado de plagas

Germán D. Sánchez L.¹
Martha E. Londoño Z.²
Luis A. Peña V.³
Eduardo Espitia M.⁴

INTRODUCCIÓN

Las zonas agroecológicas bajo las cuales se desarrolla el cultivo de la papa en el país son muy variadas, circunstancia que tiene una gran influencia en la cantidad de especies de insectos plaga que se encuentran y determina su abundancia y a menudo su manejo. En 1989 el ICA reportaba 62 insectos plaga en el cultivo de la papa, apareció la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* y posteriormente el *Thrips palmi* Karny. A pesar de este gran número de insectos plaga reportados, son pocas las especies que verdaderamente son limitantes. Pero para su control los agricultores acuden al uso de una gran cantidad de plaguicidas químicos, que se aplican con demasiada frecuencia mediante la modalidad calendario, en la mayoría de los casos sin justificación técnica y sólo con el criterio de proteger la cosecha contra el eventual ataque de las plagas. Esto, además de afectar sustancialmente los costos de producción, origina una serie de problemas secundarios o colaterales, ampliamente conocidos como: aparición cada vez más frecuente de resistencia de las plagas a los insecticidas, destrucción de los enemigos naturales, reducción cualitativa y cuantitativa de la fauna y la flora silvestres, desequilibrios ecológicos, alta contaminación ambiental por acumulación de plaguicidas y sus residuos o metabolitos en el suelo, en las aguas, en el aire y en los productos agrícolas.

-
- 1 I.A. Candidato a MSc. Investigador Cooperante. Regional Uno. CORPOICA. C.I. Tibaitatá. Km 14 vía Mosquera. A.A. 240142. Las Palmas, Santafé de Bogotá. E-mail gsanchez@corpoica.org.co.
 - 2 I.A. MSc. Investigador Adjunto. Regional Cuatro. CORPOICA. C.I. La Selva. A.A. 100, Rionegro (Antioquia). E-mail corpoic@epm.net.co.
 - 3 I.A. MSc. Investigador Adjunto. Regional Cinco. CORPOICA. C.I. Obonuco. Km 5 Vía Obonuco. A.A. 339, Pasto (Nariño). E-mail: luisalpena@hotmail.com.
 - 4 I.A. Investigador Cooperante. Programa Nacional de Manejo Integrado de Plagas. CORPOICA. C.I. Tibaitatá. Km 14 vía Mosquera. A.A. 240142. Las Palmas. Santafé de Bogotá. E-mail eespitia@corpoica.org.co.

El uso indiscriminado e ineficaz de plaguicidas para controlar los insectos plaga de la papa ha conducido a desarrollar una estrategia de manejo integrado de plagas -MIP- buscando que el cultivo sea sostenible, competitivo y equitativo.

El MIP opera teniendo en cuenta varios conceptos básicos: el agroecosistema en el cual el cultivo tiene un enfoque central, el muestreo de plagas y uso de niveles críticos, el control biológico, el conocimiento de la biología y la ecología de los organismos (plagas y benéficos), la reducción y racionalización del uso de plaguicidas y la utilización de técnicas alternativas como el control biológico, las prácticas culturales, el uso de trampas de feromonas, atrayentes, repelentes o cualquier otro método que sin deteriorar el ambiente contribuya a reducir las poblaciones de plagas a niveles no perjudiciales.

En este capítulo, se presentan las tres especies que en la actualidad son más limitantes en el cultivo de la papa, con su historia, ciclo de vida, daño, hospederos y manejo.

POLILLA GUATEMALTECA

La "polilla guatemalteca" *Tecia solanivora* Povolny es un insecto que pertenece al orden Lepidoptera, familia Gelechiidae. Fue descrita por Dalibor Povolny en 1973 e inicialmente se llamó *Scrobipalopsis solanivora*. A nivel regional se le conoce por varias denominaciones populares, como "polilla centroamericana", "guata" o "tomineja".

A partir de su núcleo original en Guatemala (1956), Costa Rica (1971), Panamá (1973) y Honduras, se reportó su introducción a Venezuela en 1983. Dos años después, en 1985, se constató por primera vez su presencia en Colombia en el departamento de Norte de Santander. Aunque esta polilla fue reportada en 1991 hacia el norte del departamento de Boyacá en el municipio de Chiscas, sólo hasta comienzos de 1994 se comprobó su presencia en la zona papera de Boyacá, concretamente en el municipio de Ventaquemada. En Antioquia se reportó en 1993 y en Cundinamarca en 1994. En 1996 ya se encontraba en todas las zonas paperas del país e incluso había sido reportado en el vecino país del Ecuador

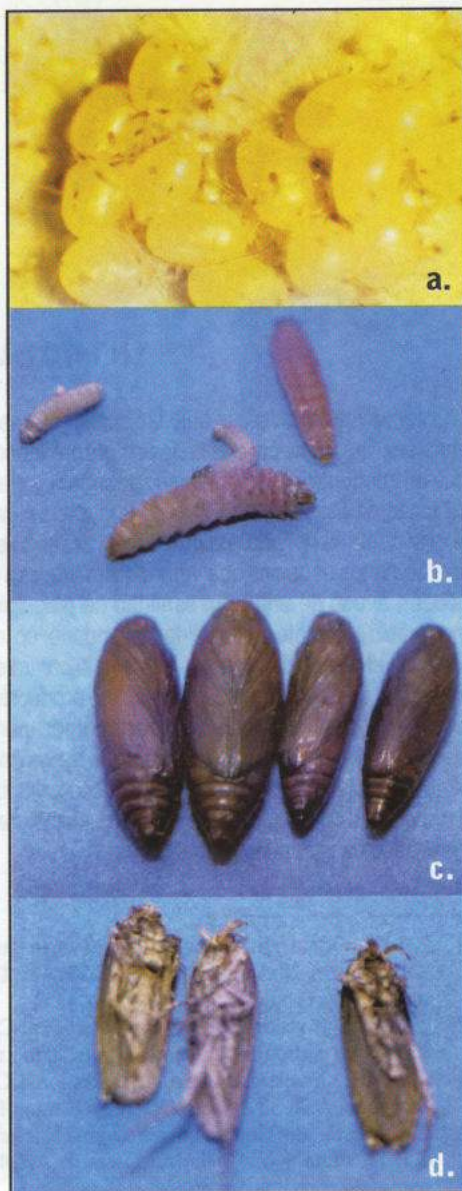


Figura 1. Ciclo biológico de la polilla guatemalteca: a. Huevos, b. Larvas, c. Pupas y d. Adultos.

(Herrera, 1997). El principal medio de dispersión ha sido el comercio de semillas infectadas, el tránsito de material para consumo de una región a otra y el uso de empaques de segunda.

Ciclo de vida

El desarrollo de la polilla comienza con un **huevo** muy pequeño de 0.45 mm de longitud, que inicialmente es blanco aperlado y a medida que avanza la incubación se torna de amarillo a marrón oscuro. Los huevos se pueden encontrar solos o en pequeños grupos sobre los tubérculos que no están cubiertos en el campo, sobre la base de los tallos de las plantas o sobre el suelo al pie de éstas. De este huevo sale un "gusano" o **larva** muy pequeña que de forma inmediata penetra en el tubérculo, y pasa por cuatro instares; en un principio es de color blanco transparente y mide de 1.2 a 1.4 mm de longitud; en el segundo instar es crema con puntos café oscuro a lo largo del cuerpo, en el tercero es amarillo verdoso y con puntos más visibles y, en el último, es de color púrpura por encima y verde por debajo y mide de 12 a 14 mm. La larva se desarrolla dentro del tubérculo, forma túneles en su interior, lo daña y reduce su valor comercial. Cuando la larva ha cumplido su último instar, sale del tubérculo a través de orificios de salida circulares con bordes regulares, los cuales son característicos de la infestación por esta plaga y lo diferencian del ataque de otras plagas de tubérculo (Fig. 1).

La siguiente fase de desarrollo es la que se conoce como **pupa** o "sabio". Es de color marrón claro al principio y se vuelve oscura antes de la emergencia del adulto. La pupa de la cual emerge una hembra mide en promedio 8.52 mm de largo por 2.95 de ancho y, de la que emerge un macho, 7.83 mm de largo por 2.42 mm. Se localiza sobre cualquier material vegetal seco, sobre los tubérculos, en el suelo donde se cubre de partículas de éste o sobre los empaques de fique. De las pupas salen los adultos. El **adulto** es una pequeña polilla de color pardo a marrón claro, con bandas o líneas longitudinales de color marrón oscuro a lo largo de las alas anteriores y con abundantes flecos en las alas posteriores. La hembra es más grande que el macho, mide en promedio 12 mm de longitud por 3.4 mm de ancho, el macho mide 9.7 mm de longitud por 2.9 mm de ancho. La hembra de la polilla puede llegar a poner hasta 300 huevos, los cuales dan origen a larvas que se meten en el tubérculo, lo destruyen y producen nuevas polillas. La duración del ciclo de huevo a adulto es variable y depende de la altura sobre el nivel del mar y de la temperatura (Tabla 1). Las polillas en su fase de adulto son más activas en horas de la noche y durante el día se esconden en lugares oscuros; por tanto, los sitios de almacenamiento, zarzos y cuartos oscuros, son lugares ideales para su reproducción.

Tabla 1. Duración en días del ciclo de vida de la polilla guatemalteca *Tecia solanivora* Povolny, en condiciones de laboratorio

	C.I. La Selva Alvarez, 1996	Pamplona Araque, 1992	Tunja Sotelo, 1997	C.I. Tibaitatá Rincón, 1997
Altura (msnm)	2200	2287	2787	2600
Temperatura (°C)	16	12-20	12-14	21
Humedad Relativa (%)	78-83	78-83	44-58	70
Huevo	8-12	8-10	13-15	7-10
Larva	20	22	30	24
Pupa	20	15-18	23	13
Huevo a adulto	50	45-50	66-68	46
Adulto	20-25	20	20-25	20
Ciclo completo	70-75	65-70	86-93	66



Daño y huéspedes

La larva de *T. solanivora* sólo se alimenta de papa, de la cual consume la pulpa del tubérculo formando galerías o túneles cuya profundidad se incrementa a medida que crece y aumenta su densidad. Exteriormente el tubérculo afectado muestra tener vetas o venas sinuosas y gruesas por debajo de la piel. La papa picada por la polilla guatemalteca se distingue porque los orificios de salida de la larva son circulares, con bordes regulares y por su apariencia "limpia" cuando el ataque es moderado (Fig.2). En ello se diferencia de la papa atacada por el gusano blanco, el cual excava galerías superficiales en los tubérculos, lo que les confiere una apariencia "sucia", al igual que del daño causado por *Phthorimaea operculella* Zeller, que deja los excrementos en la parte externa de los orificios.



Figura 2. Daño de la polilla guatemalteca.

A diferencia de otras especies de polillas de la papa, como *Phthorimaea operculella*, que son barrenadoras de tallos y hojas, la larva de la "polilla guatemalteca" únicamente se alimenta del tubérculo. Cuando las poblaciones de larvas en el tubérculo son muy altas, éstas pueden migrar hacia otros tubérculos.

El daño se presenta tanto en campo como en almacenamiento, pero en este último las condiciones son ideales para la reproducción de la polilla, puesto que allí los tubérculos no tienen ninguna protección y la oscuridad de la mayoría de los lugares de almacenamiento favorece a los adultos de la plaga (Herrera, 1997).

Se ha podido determinar un menor ataque en variedades nativas como la Salentina, Tuquerreña y Argentina y un mayor ataque en variedades mejoradas como Chitagá, Tequendama, Puracé, ICA Nariño, Capiro, Monserrate y Parda Pastusa, en su orden (Bejarano *et al*, 1996).

La polilla guatemalteca es en la actualidad la principal plaga en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá. En Antioquia causó inicialmente grandes pérdidas, pero desde el año 1996 es una plaga secundaria gracias al manejo integrado que vienen haciendo los agricultores con la colaboración de las entidades que tienen presencia en la región. En Nariño se conoció la magnitud del problema por referencias de otras zonas; se conformó el Comité de Sanidad del Departamento, se tomaron las medidas del caso y conjuntamente con la participación de los productores, desde cuando llegó la polilla a la región, se ha podido mantener a niveles que no causan daños significativos.

Manejo de la polilla

Lo más apropiado para controlar los daños causados por esta plaga es eliminar las fuentes de infestación. Las principales son: lotes abandonados, los residuos de cosecha, los tubérculos para semilla y consumo atacados por la plaga y aquella papa abandonada en lotes y orillas de los caminos. El control de la polilla se debe hacer tanto en almacenamiento como en campo.

Manejo de la polilla en el almacenamiento

1. *Selección de la semilla:* La buena selección de la semilla es muy importante para prevenir el ataque de la polilla. Para ello se recomienda utilizar papa proveniente de lugares libres de la plaga o que haya sido tratada en forma adecuada durante su almacenamiento. No se debe comprar semilla picada ni almacenar papa picada para semilla o consumo.
2. *Tratamiento de la semilla:* Antes de almacenar la semilla es preciso tratarla o protegerla impregnándola con algún producto químico registrado ante el ICA para controlar la polilla guatemalteca en almacenamiento o con el insecticida biológico baculovirus; éste es un virus que ocasiona la muerte de las polillas, pero es inofensivo para los seres humanos. Tiene presentación en polvo y se aplica en dosis de 63 gramos por cada arroba de papa, es decir tres cucharadas soperas. Se debe aplicar a la semilla inmediatamente después de seleccionarla.
La aplicación del baculovirus se hace de la siguiente manera:
 - a. Colocar una bolsa plástica grande dentro de un costal.
 - b. Echar una arroba de papa en la bolsa que está dentro del costal y agregar los 63 gramos o las tres cucharadas soperas de baculovirus.
 - c. Amarrar la boca de la bolsa y el costal.
 - d. Con ayuda de otra persona, se agita el bulto hasta que las papas queden totalmente impregnadas de baculovirus, como si hubieran sido blanqueadas con cal.
3. *Almacenar bajo luz difusa:* El almacenamiento de la semilla en lugares oscuros o en arrumes muy grandes favorece el desarrollo de la polilla y aumenta el daño de los tubérculos. Por consiguiente, se recomienda almacenar la semilla en silos rústicos, cajas plásticas o de madera (Fig. 3), las cuales permiten la entrada de la luz y la aireación, condiciones desfavorables para la polilla guatemalteca, además de las ventajas descritas en el capítulo sobre almacenamiento.



Figura 3. a. Cajuelas de madera y b. Silo rústico con luz difusa para almacenamiento de papa para semilla.



Manejo de la polilla en el campo

1. *Rotar los cultivos:* Al sembrar papa en el mismo lote varias veces, aumenta el daño causado por la polilla, por tanto se debe rotar el cultivo de papa con otros o dejar los lotes en descanso.
2. *Sembrar semilla sana:* La siembra de semilla sana es importante porque ayuda a prevenir el ataque de la polilla. Nunca se debe utilizar semilla picada, ni almacenar papa picada para semilla o consumo.
3. *Hacer aporque alto:* La práctica del aporque alto consiste en cubrir con suficiente tierra la base de la planta, para que los tubérculos queden bien cubiertos y nunca expuestos al engrosar; esta medida crea una barrera que impide que las larvas o las hembras adultas lleguen hasta el tubérculo.
4. *Usar riego:* La humedad del cultivo evita la presencia de la polilla y el agrietamiento del suelo al secarse, lo cual dificulta la penetración de la plaga a los tubérculos.
5. *Utilizar trampas con feromona:* La feromona es un perfume con el cual la hembra atrae al macho para aparearse. La feromona de la polilla guatemalteca se vende en pequeños cauchos impregnados con el producto.

La trampa consiste en un recipiente plástico, de cualquier color, excepto transparente, al que se le abren ventanas laterales; en la parte superior se cuelga un alambre al cual se fija la base del caucho con la feromona y, en el fondo, se agrega agua con jabón (Fig. 4). Se deben poner de 4 hasta 16 trampas por hectárea, en las orillas del cultivo, alejadas un metro del surco más externo. Las trampas deben instalarse por donde entre el viento en el lote.

Es necesario revisar la trampa cada semana para:

- Determinar la presencia y hacer un conteo de las polillas capturadas.
 - Determinar la procedencia de la plaga
 - Hacer mantenimiento de la trampa, que consiste en cambiar el agua con jabón, verificar que el caucho de feromona y la trampa permanezcan en la forma en que se instalaron originalmente. El mantenimiento adecuado aumenta la reducción de la población de machos, es decir, se debe atrapar el mayor número posible para evitar que lleguen a aparearse
6. *Cosechar oportunamente:* Se recomienda cosechar la papa tan pronto esté lista, ya que demorar los tubérculos en el suelo aumenta la probabilidad de daño.



Figura 4. Trampa con feromona para capturar adultos de Tecia solanivora.

7. **Recoger los residuos de cosecha:** Inmediatamente después de la cosecha se deben recoger los tubérculos dañados, el ríche y los rastrojos del lote y eliminarlos; tan pronto aparezcan toyas, deben ser destruidas. Esta práctica sencilla deja a la polilla guatemalteca sin material para alimentarse. Mediante el ensilaje y el compostaje, se pueden utilizar los residuos para alimentación animal o producción de materia orgánica, respectivamente.

GUSANO BLANCO

El gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* (Hustache), es un insecto que pertenece al orden Coleoptera, familia Curculionidae. También se conoce como gorgojo de los Andes y es una de las plagas de mayor importancia económica en el cultivo de la papa, por cuanto deteriora y daña la calidad del tubérculo. Actualmente se encuentra en todas las zonas paperas de Colombia y de otros países de América del sur. En nuestro país se registró por primera vez en el año de 1925 en la Sabana de Bogotá. El transporte de semilla infestada contribuyó a la diseminación de la plaga a las zonas productoras en los restantes departamentos de Boyacá, Nariño, Antioquia, Santander y Norte de Santander.

Ciclo de vida

El desarrollo del gusano blanco comienza con un **huevo** muy pequeño, entre 1.12 y 1.25 mm de longitud, cilíndrico, ligeramente ovalado, de color blanco crema, pero a medida que avanza el periodo de incubación se van tornando de color ámbar, y cuando está próximo a eclosionar es posible observar la pequeña larva a través del corion. Los huevos se encuentran en grupos hasta de 50 o más unidades, dentro de los tallos secos de papa, pastos, trigo, cebada, haba, malezas o directamente en el suelo. Del huevo sale una **larva** de color blanco cremoso con la cabeza pigmentada bien diferenciada; tiene el cuerpo en forma de C y pasa por cinco instares. En el primer instar mide 1.12 mm de longitud y en el último entre 11 y 13 mm. Las larvas son ápodas, es decir, carecen de patas; no obstante, se movilizan mediante ágiles movimientos rastreros. El tórax carece de patas verdaderas y tiene unos abultamientos laterales con setas (pelos). Las larvas recién nacidas llegan a las papas y raicillas en formación y penetran a los tubérculos por pequeñas perforaciones casi imperceptibles, pero a medida que van creciendo y alimentándose de la pulpa hacen galerías sinuosas y profundas hasta lograr destruir internamente el tubérculo (López-Avila, 1996, Herrera, 1997).

Cuando la larva termina su desarrollo, sale del tubérculo y se entierra en el suelo hasta una profundidad de 15 centímetros, donde forma una **celda pupal**. Esta celda es una "casa" dura, hecha de tierra, que usa para completar su transformación; dentro de ella, la larva se convierte en **pupa**, de color blanco y presenta en cada segmento los apéndices doblados hacia atrás y hacia adentro. La transformación de pupa a adulto también ocurre dentro de la celda pupal. El **adulto** formado permanece bajo la superficie del suelo mientras completa su periodo de melanización (desarrollo de la coloración). Es un gorgojo, mide de 5 a 7 mm de largo y de 2 a 4 mm de ancho y tiene un color que varía de café a negro. En el campo, se confunde fácilmente con un pequeño terrón, debido a que su cuerpo está recubierto con una película muy fina de polvo que toma el color de su entorno. No es capaz de volar, pero sí es un buen caminador. Debido a esta característica ingresa a los lotes de papa, atraído por el olor de las hojas que se están formando. Por esta razón,

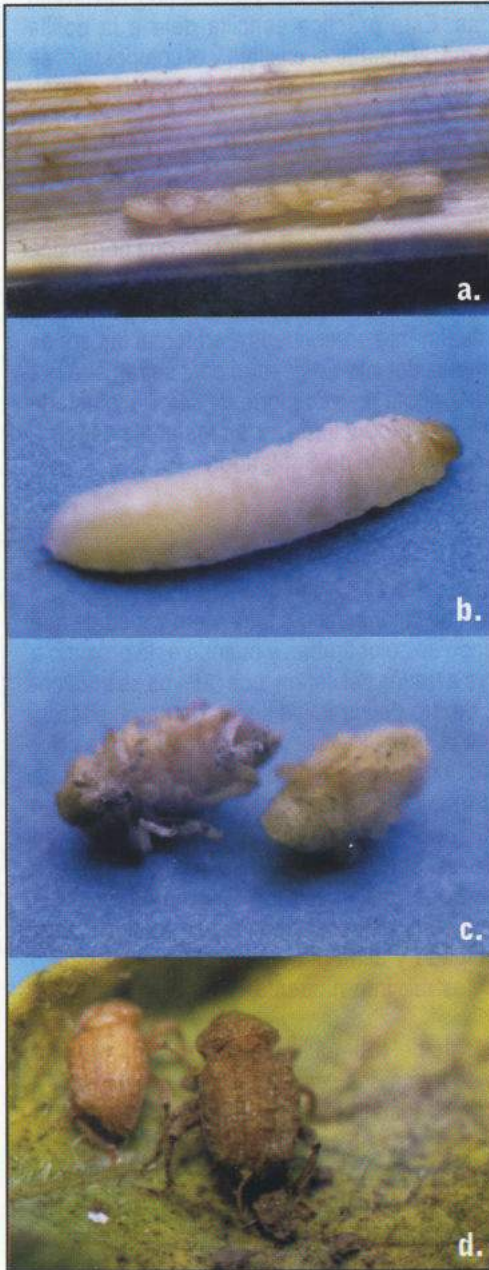


Figura 5. Ciclo biológico del gusano blanco: a. Huevos, b. Larvas, c. Pupas y d. Adultos.

en los lotes nuevos se observa que hay más daño en las papas que se cosechan en las orillas del lote que en las del centro (Fig. 5).

Los adultos son muy activos durante la noche y suben a las plantas para alimentarse de las hojas, dejando una marca de media luna (Fig. 6); este daño no causa pérdidas económicas. En una población, las hembras siempre son de mayor tamaño que los machos. Los adultos copulan para que la hembra pueda poner aproximadamente unos 250 huevos, de los cuales salen nuevas larvas. La duración del ciclo de vida, varía según la presencia de alimento, humedad del suelo, altura sobre el nivel del mar y temperatura ambiental (Calvache, 1980, 1986, 1989 y Salazar 1996).

Daño y huéspedes

Las pérdidas económicas que se derivan del daño a los tubérculos, ocurren únicamente durante la fase de larva, las que se alimentan de la pulpa para lo cual excavan galerías sinuosas, primero superficiales y luego más profundas. Las lesiones se caracterizan por la suberización del tejido, es decir, una apariencia abultada del tejido, como el corcho, y la posterior pudrición de las partes afectadas. La larva de último ínstar abandona el



Figura 6. Adulto alimentándose de la hoja, la cual presenta el daño característico con forma de semiluna.

Tabla 2. Duración en días del ciclo de vida del gusano blanco *Premnotrypes vorax* (Hustache), en diferentes localidades de Colombia

Estado	Manizales 2100 msnm	C.I. Tibaitatá 2600 msnm	C.I. Obonuco 2710 msnm	Tunja 2757 msnm	Páramo Letras 3500 msnm
Huevo	27	21.2 (20-30)	37.5 (30-45)	32 (27-42)	76
Larva	34	40.8 (38-51)	48 (41-54)	56.7 (30-50)	118
Pupa	23	16.4 (16-20)	26 (20-32)	18.7 (14-25)	46
Adulto en melanización	11	18 (11-25)	20 (19-30)	19.8 (10-32)	43
De huevo a adulto		85-126	110-161	142.2 (88-170)	295
Adulto		126.5	365	154.2 (75-240)	



Figura 7. Daño causado por gusano blanco.

tubérculo practicando orificios grandes con bordes irregulares en la superficie exterior. En términos generales, la papa picada por gusano blanco presenta un aspecto externo "sucio" (Fig. 7) (Herrera, 1997).

En ausencia de plantas de papa, los adultos consumen los residuos de la cosecha anterior o recurren a hospederos vegetales alternos como *Galinsoga parviflora* (guascas o pacoyuyo), *Brassica campestris* (nabo), *Raphanus sativus* (Rábano) *Trifolium repens* (trébol blanco), *Solanum nigrum* (hierba mora), *Capsella bursapastoris* (bolsa de pastor) y *Rumex acetocella* (sangre de toro o lengüilla) (Calvache, 1989). El adulto puede pasar un periodo de 39 días sin alimentación (Calvache, 1980).

En ausencia de plantas de papa las larvas pueden alimentarse de raíces de las mismas plantas que les sirven de alimento al adulto y, además, de *Veronica persica*. Las larvas que no se alimentan de papa tienen mala conformación, producen adultos de alas amarillentas brillante, menor tamaño y normalmente no completan su ciclo (Calvache, 1986).

En Colombia, el gusano blanco *Premnotrypes vorax* (Hustache), es una de las principales plagas del cultivo de la papa; se encuentra en la mayoría de las zonas paperas del país, principalmente en aquellas que están por encima de los 2.700 metros de altura. En Nariño es el principal insecto plaga; en Cundinamarca y Boyacá es la segunda plaga después de la polilla guatemalteca, mientras que en Antioquia su incidencia es muy baja. A pesar de que los agricultores han convivido muchos años con esta plaga, la mayoría no conocen su biología ni comportamiento y, por tanto, las aplicaciones de insecticidas, que de por sí son muy costosas, no se hacen correctamente, no controlan en forma eficiente la plaga y las pérdidas causadas por las larvas a los tubérculos pueden ser hasta de 100%.



Manejo del gusano blanco

Para controlar el gusano es preciso conocer su ciclo de vida y su comportamiento. El control se debe orientar a combatir al adulto, que es el que permanece sobre la superficie de la tierra y pone los huevos. Una vez que el gusano penetra en los tubérculos no se puede controlar ni evitar que dañe la papa. Es importante conocer la historia del lote donde se va a sembrar y de los lotes vecinos para prever posibles vías de entrada de la plaga.

Además de la selección de la semilla, el almacenamiento bajo luz difusa, la rotación de cultivos, la siembra de semilla sana, el aporque alto y la recolección de residuos de cosecha, se deben tener en cuenta las siguientes prácticas:

1. *Uso de plásticos:* En el momento de la cosecha, las larvas del gusano salen de la papa y penetran en el suelo para continuar su desarrollo. Por esta razón se recomienda colocar los bultos de papa o los arrumes sobre grandes mantas o plásticos para luego recoger las larvas y destruirlas. Otra alternativa es remover o picar el suelo donde se ha arrumado la papa en la cosecha o durante el almacenamiento.
2. *Los cultivos trampa:* Esta es una práctica que se hace en el departamento de Nariño y consiste en sembrar 20 días antes dos o tres surcos de papa alrededor del lote que se va a sembrar, con el fin de atraer y concentrar los adultos de gusano blanco que provienen de otros cultivos o del mismo lote. Para evaluar las poblaciones de gusano blanco se ponen recipientes a ras del suelo (trampas de caída) provistos de una tapa de triplex o de cartón que protege la boca del recipiente y permite que éste sirva de refugio a los adultos; la tapa se eleva con piedras de unos 3 cm de tamaño para permitir la entrada de los insectos. Cada 8 días se hacen conteos de las poblaciones de adulto de gusano blanco; cuando las poblaciones son mayores de 15 adultos por recipiente, se recomienda aplicar el producto químico al cultivo principal y dos aplicaciones al cultivo trampa. Si las poblaciones son bajas, se recomienda hacer dos aplicaciones del producto químico a la barrera o cultivo trampa en la época de germinación de la papa y antes del aporque (Peña, Yépes y Bolaños, 1999).
3. *Control biológico:* El uso de hongos entomopatógenos para el control del gusano blanco es una de las estrategias que puede ser utilizada en los planes de manejo integrado de plagas para reducir la población del insecto; entre estos hongos se encuentran *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. Estos hongos han sido probados en las condiciones de Nariño; las aplicaciones se hacen con bomba de aspersión, de manera similar a los insecticidas; se recomienda hacer tres aplicaciones: la primera, 20 días antes de la siembra del cultivo, es decir, en la preparación del terreno con el fin de incorporar el hongo al suelo. La segunda, a la germinación de la papa y la tercera aplicación antes del aporque (Peña *et al.*, 1996).
Las aplicaciones se deben hacer preferiblemente en un día poco soleado y dirigidas a la base de la planta, cubriendo el hongo con tierra, inmediatamente después de la aplicación.
4. *Recolección nocturna y seguimiento de adultos:* Los adultos del gusano blanco son muy activos en la noche; en la oscuridad, suben por los tallos de la planta para alimentarse de las hojas y aparearse. Este es el momento más oportuno para buscarlos y capturarlos, lo cual se hace sacudiendo las plantas sobre un platón. Esta medida permite conocer el lugar y el momento en que el adulto está penetrando en el lote y ayuda en su control.
Otra manera de saber el tiempo de llegada de los adultos al lote, es colocando trampas de paso. Éstas consisten en trozos de costal de fique húmedo, de 50 centímetros por 50,



Figura 8. Trampa de paso para la captura de adultos de gusano blanco.

colocados a una distancia de cinco o diez metros una de otra, localizándolas en los bordes internos de los lotes (Fig. 8). En el departamento de Nariño usan empaques de fique o cartón. Debajo de cada pedazo de costal se pone follaje fresco y se distribuye el contenido de una cuchara sopera de un insecticida carbofurán en forma granular. Esta práctica permite también saber cuándo y dónde hacer las aplicaciones. En el C.I. Tibaitatá, se están probando actualmente otros diseños de trampas más eficientes y prácticos.

5. **Control químico:** El seguimiento nocturno o la revisión de las trampas de paso nos indican el lugar y la cantidad de adultos que están entrando al lote. Esta información es importante para decidir si se utiliza el control químico, que se puede hacer de manera localizada en los cinco primeros surcos, alrededor del cultivo o en todo el lote. La sincronización del ciclo de la plaga con el de la planta, ha permitido establecer épocas para aplicaciones de insecticidas químicos así:
 - Para zonas de más de 2.900 msnm, donde se siembran variedades tardías con periodo vegetativo de alrededor de 200 días, tres aplicaciones así: A la emergencia, al aporque y 45 días después del aporque.
 - Para zonas entre los 2.600 y 2.900 msnm, siembra, emergencia de plantas y antes del aporque.
 - Para zonas por debajo de los 2.600, dos aplicaciones: A la emergencia de las plantas e inmediatamente antes del aporque (Calvache, 1989).
6. **Eliminación de malezas:** las malezas, como el corazón herido y la lengua de vaca, además de competir con el cultivo por agua, luz y nutrientes, son hospederos de los adultos de gusano blanco; por tal motivo se deben eliminar para evitar que sirvan como refugio de los adultos. Especialmente en la época crítica de presencia de la plaga en el cultivo.
7. **Cosecha oportuna:** Los productores de papa del país suelen demorar la sacada de la papa cuando los precios están bajos, en espera de que mejoren y puedan obtener mayores ganancias. Sin embargo, esta práctica aumenta los daños causados por el gusano blanco. También se sabe que los productores hacen aplicaciones de insecticidas durante este tiempo, denominadas "chuntaqueo", las cuales no tienen ningún efecto, ya que el gusano está en el interior del tubérculo, aislado del contacto con el insecticida. No se deben hacer aplicaciones en los 45 días anteriores a la cosecha pues es tiempo, dinero y trabajo perdido. Además, se corre el grave riesgo de contaminar con veneno el tubérculo para el consumo.

CHISAS

Las "chisas", "gallinas ciegas", "mojojeyes", "cuzos", "morrongos" o "gusano blanco" son un grupo de especies que pertenecen al orden Coleoptera, familia Melolonthidae. A los adultos se les conoce como cucarrones de mayo, marceños o cuaresmeros. En el país existe un complejo de más de 50 especies de "chisa" que atacan diferentes cultivos, pero en el cultivo de la papa las más frecuentes son: *Ancognata scarabaeoides* Burmeister; *Ancognata ustulata* (Burmeister); *Ancognata vulgaris* Arrow, *Phyllophaga obsoleta* Blanchard y *Clavipalpus ursinus* Blanchard.

Ciclo de vida

La hembra de la chisa penetra en el suelo después de la cópula y deposita los huevos individualmente o en grupos, a profundidades de 5 a 15 cm; éstos son de color blanco perla, casi esféricos y durante la incubación aumentan de tamaño. En el caso de *A. scarabaeoides*, recién puestos miden 2.13 mm de largo por 1.6 de ancho, y próximos a la eclosión miden 3.13 mm de largo por 2.53 mm de ancho. En el caso de *P. obsoleta*, inicialmente son elongados y posteriormente se vuelven esféricos (Londoño, 1996). La larva de la chisa recién nacida mide unos 5 mm de largo, es de color blanco translúcido con la cabeza ámbar, el cuerpo es grueso, encorvado y cubierto de pelos largos. En su desarrollo pasa por tres instares y en el último llega a medir hasta 50 mm de largo, según la especie; es de color blanco sucio con la cabeza de color marrón casi negro en *Ancognata* y ámbar claro en *Clavipalpus*; el cuerpo presenta forma de C, con tres pares de patas bien desarrolladas. Para poder diferenciar especies a nivel de larvas se utilizan las características del ráster y de la abertura anal y el color de la cabeza, como se muestra en la figura 9.

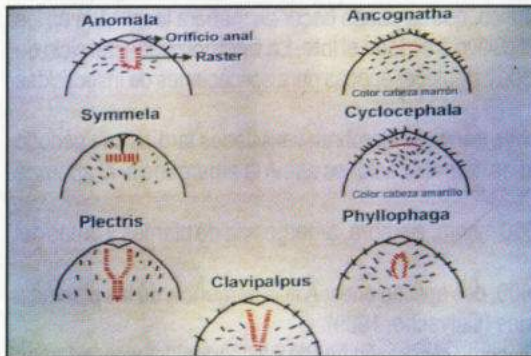


Figura 9. Características del ráster y de la abertura anal, útiles en la identificación de géneros en larvas de chisa en el campo.

Al llegar a su completo desarrollo, la larva desciende en el suelo hasta profundidades entre 70 cm y un metro, construye una celda o cámara pupal dentro de la cual se transforma en una pupa del tipo exarata o descubierta, caracterizada por la presencia externa de los apéndices del futuro adulto; su color es ámbar a café claro. La longitud es de 20 a 22 mm en el caso de *P. obsoleta*.

Los adultos de las chisas son cucarrones cuyo tamaño y color varía de acuerdo con la especie; los de *A. scarabaeoides* miden en promedio 2.5 cm de longitud y son de color negro brillante; los de *A. ustulata* y *A. vulgaris* son de tamaño similar a los de la especie anterior, pero de color amarillo con manchas negras sobre el protórax y los élitros. Los adultos de *P. obsoleta* son de color amarillo quemado con el pronoto marrón; miden en promedio 1.8 cm. En la especie *Clavipalpus* sp. pos *ursinus* los adultos son de color café y miden 2 cm de longitud. El género *Symmela* presenta cucarrones de color café que miden 0.7 cm de longitud (Ruiz y Pumalpa, 1989; Vallejo, 1995 y 1997, López-Ávila 1996, Londoño, 1996 y 1998).

En las especies mencionadas se presenta dimorfismo sexual; en general las hembras son de tamaño un poco mayor que sus respectivos machos. En las dos primeras, las hembras presentan los tarsos de las patas anteriores delgados y alargados, mientras que en los machos son especialmente engrosados, curvados y adaptados para agarrar. En *Clavipalpus*, las hembras tienen el abdomen más abultado en la parte caudal y los élitros no alcanzan a cubrirlo, mientras que en los machos esto sí ocurre. En *P. obsoleta*, las hembras son notoriamente más grandes que los machos, con la margen posterior del segmento anterior al pigidium transversa, mientras que en el macho tiene forma de v.

El comportamiento de la población de la chisa se puede resumir de la siguiente manera: los adultos aparecen con la llegada de las lluvias y pueden estar entre los meses de marzo, abril y mayo. Para *P. obsoleta* se han hecho observaciones de campo, verificándose su cópula pocos días después de la emergencia de los adultos. La hembra copulada se mete al suelo y allí deja sus huevos a pocos centímetros de profundidad.

Los huevos se podrán encontrar en abril y mayo y duran en promedio un mes. Las larvas se ubican principalmente en el área de raíces de la planta, donde permanecen de seis a siete meses (mayo-noviembre). Las pupas se forman a partir de diciembre y se localizan a profundidades entre 70 cm y un metro, donde permanecen hasta la llegada de las lluvias, es decir, un período de cuatro meses (Londoño, 1994). Observaciones de laboratorio indican que el estado pupal dura entre 40 y 60 días y si hay humedad suficiente en el suelo el adulto abandona la cámara pupal, atraviesa el perfil del suelo y sale a volar. Si no hay humedad suficiente los adultos permanecen en la cámara pupal hasta la llegada de las lluvias; comúnmente en el siguiente año (Londoño, 1992 y 1994).

Tabla 3. Duración en días del ciclo de vida de *Ancognata scarabeoides* y *Phyllophaga obsoleta* Blanchard, en condiciones de laboratorio

Estado	Especie	
	<i>A. scarabaeoides</i> C.I. Tibaitatá, 10.5-22.8°C 2600 msnm Ruiz, 1985	<i>P. obsoleta</i> Vallejo, 1997
Huevo	38.3	17
Larva	244.93	-
Primer ínstar	34.7	28
Segundo ínstar	47.51	43
Tercer ínstar	162.72	150
Pupa	78.83	45
Adulto		
Macho	16.62	27
Hembra	14.25	-
De huevo a adulto	346.68	310

El ciclo de vida de la chisa dura aproximadamente un año en unas especies y en otras hasta año y medio; las hembras pueden ovipositar de 200 a 300 huevos. Los adultos emergen del suelo y vuelan durante las últimas horas de la tarde y primeras de la noche, al final de abril y comienzos de mayo, cuando se inicia la temporada de lluvias. Durante los meses de octubre y noviembre se presenta otra emergencia de adultos, un poco menos abundante que la primera. Estos picos de población y la duración del ciclo de vida sugiere, por lo menos para la Sabana de Bogotá, la



ocurrencia de dos poblaciones diferentes. Los adultos son bastante atraídos por la luz artificial, especialmente luz negra y amarilla.

Daño y huéspedes

La chisa causa el mayor daño durante el tercer instar larval, cortando y consumiendo las raíces de las plantas, y en el caso de los tubérculos formando huecos grandes irregulares. Los adultos se pueden alimentar del follaje de la papa, pero al igual que en el caso del gusano blanco este daño no es económico. En la Figura 10 se muestra la escala de daño de chisa, que consiste en cuatro grados:

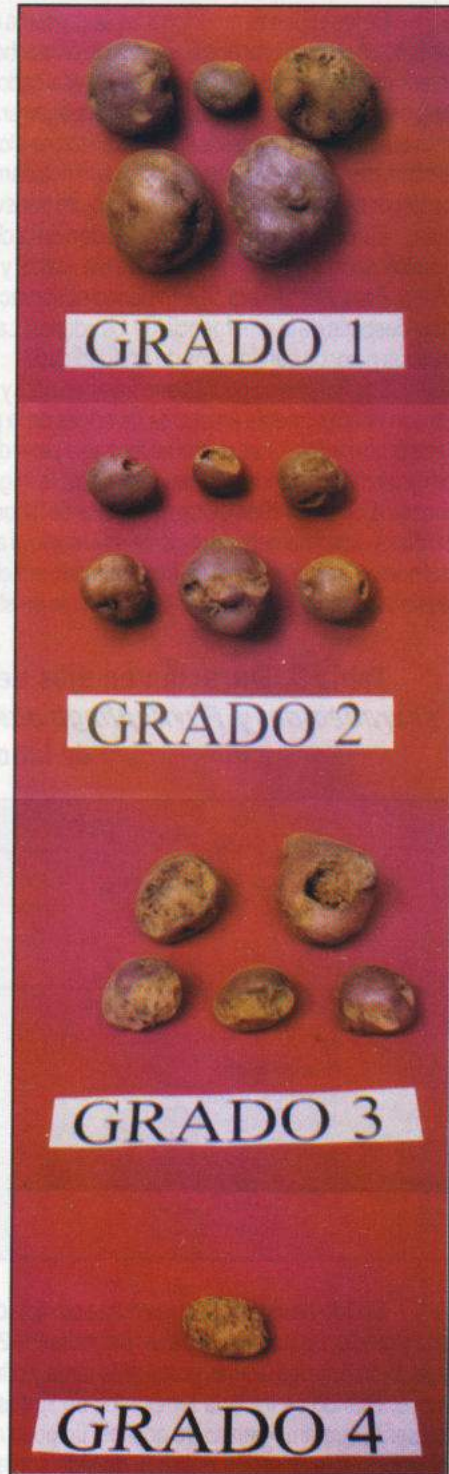
- Grado 1: 0-25 %
- Grado 2: 26-50 %
- Grado 3: 51-75 %
- Grado 4: 76-100 %

de daño del tubérculo.

Los hospederos principales son los pastos, en cuyo caso el daño se presenta en parches bien definidos, de color amarillento al principio y luego se secan; también se registran daños en otros cultivos, como trigo, cebada, maíz, hortalizas y ornamentales.

Cuando se mira el daño causado por chisa en papa, evaluado al momento de la cosecha, se ha podido detectar daño de este insecto en 50% de los tubérculos observados (incidencia), con deterioros entre 26 y 100% del tubérculo (severidad). Estos datos dan una idea sobre la importancia económica de la chisa en la producción de papa, ya que tubérculos con severidades menores a 25% pueden ser "camuflados" por el agricultor en los costales donde se comercializa el producto, intercalándolos con tubérculos buenos. Pero tubérculos con severidades superiores a 25% son difíciles de "camuflar" y, por tanto, los pierde o los comercializa a muy bajo precio (Arias, 1996, 1997). En un estudio del daño de chisa en cultivos de papa en el departamento de Antioquia, realizado por el ICA, se encontró una incidencia de 11% para 1995 y de 13.8% para el año 1996, una pérdida estimada de 10 mil millones de pesos (Jaramillo, Arévalo y Arias, 1996).

Figura 10. Escala para evaluar el daño de la chisa.



En el oriente antioqueño las especies que más se presentan en el cultivo de la papa son *A. scarabaeoides*, *Symmela* sp. y *P. obsoleta* (Arias, 1996 y 1997); *Symmela* sp. se presenta en altas poblaciones, pero su daño no es muy grave (Londoño y Ríos, 1997). Las chisas en Antioquia hacen daño en potreros, gramas, hortalizas, frijol, maíz, papa, flores y frutales, causando pérdidas entre 10 y 80% (Londoño, 1992, 1994).

Ruíz y Pumalpa (1989), en el departamento de Nariño, han encontrado como especie más frecuente a: *A. scarabaeoides* y en menor proporción *A. vulgaris*. Sánchez y Vasquez (1996); en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá reportan como especies de mayor presencia *A. scarabaeoides* y en menor proporción *Clavipalpus* sp. pos *ursinus*. En general se observa que por encima de 2.500 msnm la especie que predomina es *A. scarabaeoides* (Londoño y Ríos 1997).

Manejo de las chisas

El complejo de chisas en Colombia es bastante amplio y por eso debe manejarse con precaución. El primer paso a seguir es el reconocimiento de las especies incidentes y la valoración de su importancia local. El siguiente paso, es el conocimiento del ciclo de vida, la época de aparición de los adultos y de las larvas, lo cual es útil para establecer épocas de siembra y de aplicación de métodos de control. Igualmente se debe tener en cuenta:

1. *La preparación de los suelos* previa a la siembra, ha demostrado ser de gran utilidad en el manejo de este insecto plaga; esta práctica permite exponer las larvas a la acción del aire y del sol, factores del clima que les causan deshidratación y muerte, así como a la predación por aves de distintas especies (Rendón, 1996).
2. Se ha insinuado *el uso de algunos extractos de plantas* para el control de chisa; el principal efecto observado de éstos sobre la chisa es una irritación que obliga a las larvas a moverse hacia la superficie del suelo, sometiéndolas a la posibilidad de ser predadas por pájaros o deshidratadas por el efecto del clima (Higuita, 1993). Sin embargo, observaciones hechas sobre *Clavipalpus* sp. pos *ursinus* indican que los extractos pueden potenciar la acción de organismos entomopatógenos y aumentar la mortalidad sobre larvas de chisa; con el extracto acuoso de rábano (*Raphanus sativus*) un aislamiento del hongo *Metarhizium anisopliae* aumentó de 40 a 60% la mortalidad conseguida con el entomopatógeno solo (Londoño, 1996).
3. *Uso de la trampa de luz negra*, del espectro del ultravioleta o de bombillo: muy útil para el reconocimiento de especies y la determinación de la época de aparición de los adultos y los picos de vuelo. También sirve para disminuir la población de adultos del momento y de larvas del siguiente ciclo, si se usa comunitariamente por medio de campañas interinstitucionales y trampeos veredales.
4. Cuando la preparación del suelo se hace con azadón, como en el oriente antioqueño, *la recolección a mano de las larvas* ayuda a disminuir la población de la plaga.
5. *Control biológico*: Los agentes de control microbial de acción conocida, previa evaluación de la efectividad sobre la especie predominante, tienen un gran potencial en el manejo de chisas. Se requieren aún evaluaciones de campo que permitan ver el efecto de microorganismos en condiciones tradicionales de cultivo. De este modo, si los resultados siguen siendo promisorios, se podrá motivar la pujante industria de biológicos en Colombia. Algunos de los enemigos naturales de la chisa encontrados en el oriente antioqueño, han demostrado ser útiles en su control, no sólo por su incidencia en condiciones naturales, sino porque al ser multiplicados e inoculados al suelo causan mortalidades interesantes. Para la especie *A. scarabaeoides* puede usarse el aislamiento Ma-4 de *Metarhizium anisopliae* del Banco de Microorganismos de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (entregado a la industria colombiana de biológicos en 1997), con el cual se consiguen

mortalidades de 73% en L₃ a los 30 días de inoculado al suelo (Londoño, 1996) (Fig. 11). Cuando se trata de *P. obsoleta* se recomienda añadir al suelo, durante las labores de siembra y aporque, los microorganismos Ma-25 de *M. anisopliae* (hongo verde) y Bp-Ph de *B. popilliae* (enfermedad lechosa), los dos principales agentes de control biológico de la especie (Londoño y Ríos, 1998). (Fig. 12).



Figura 11. Crecimiento de *Metarhizium anisopliae* sobre "chisa" en condiciones naturales.



Figura 12. Crecimiento de *Bacillus popilliae* (enfermedad lechosa) sobre "chisa" en condiciones naturales.

Álvarez, Posada y Martínez, citados por Pardo (1994), observaron que *Clavipalpus* sp. pos *ursinus* tiene varios enemigos naturales en la Sabana de Bogotá: además de ser depreda-

dos por pájaros, también eran atacados por los microorganismos *Bacillus popilliae*, *Metarhizium anisopliae* y por nemátodos entomopatógenos (Fig. 13). En rosas bajo invernadero atacadas por *Clavipalpus* sp. pos *ursinus* Rodríguez, Rincón y Martínez, (1996), reiteraron que en el control de esta especie de chisa pueden ser útiles el aislamiento nativo de *M. anisopliae* forma *major* (Jhonsthor), la bacteria *B. popilliae* y el hongo *Beauveria bassiana* (Fig. 14), con cuya combinación se consiguen reducciones poblacionales de 90%. En esta recomendación debe tenerse la precaución de usar cepas nativas de *M. anisopliae*, ya que en un estudio en el que se evaluaron varios aislamientos nativos de *M. anisopliae*, no se consiguieron mortalidades interesantes con ninguno de ellos, a pesar de que entre los aislamientos estaba incluido uno de *M. anisopliae* var. *major* procedente de Antioquia, denominado en la colección local como Ma-4, siendo inocuo a *Clavipalpus* sp. pos *ursinus* en L3, procedentes de la Sabana de Bogotá (Londoño, 1996).



Figura 13. Nemátodos y parasitoides, enemigos naturales de la "chisa".



Figura 14. Crecimiento de *Beauveria bassiana* sobre adulto de "chisa".



Para el oriente de Antioquia, muchos agricultores conocen y buscan con ansiedad en sus fincas las "chisas lechosas", ya que saben que las chisas también se enferman y que las causas de mortalidad de las mismas pueden estar en sus predios. Hoy muchos de ellos creen en la posibilidad de que la bacteria *Bacillus popilliae* sirva para reducir las poblaciones de chisa porque la conocen y, sobre todo, porque la ven en sus lotes de cultivo. Esto los motiva a multiplicarla y a buscar información, la cual por lo regular está relacionada con saber quién puede venderles un producto con ese agente de control biológico.

6. **Control químico:** Se deben utilizar productos de reconocida eficacia y que no afecten los entomopatógenos. De acuerdo con la historia del lote y la presencia de la plaga, las aplicaciones se deben hacer a la siembra y al aporque, incorporando el producto al suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, G. D.; TRILLOS, O. 1996. *Estudios sobre la biología y ciclo de vida de la polilla de la papa Tecia solanivora (Povolny)*. Informe de pasantía. Corpoica, Regional 4. 55pp.
- ARAQUE, C. T. 1996. *Manejo integrado de polillas de la papa (MIP) en fincas piloto*. Curso de Manejo Integrado de las Plagas de la Papa. Paipa, Colombia. Junio de 1996.
- ARIAS, J. H. 1996. *Segundo informe de avance. Evaluación y transferencia de los resultados del efecto de la trampa de luz y de hongos entomopatógenos en el control de chisas en el oriente antioqueño*. Octubre de 1995-junio de 1996. Rionegro. Corpoica- Fundación Buen Pastor. 23p.
- ARIAS, J. H. 1997. *Tercer informe de avance. Evaluación y transferencia de los resultados del efecto de la trampa de luz y de hongos entomopatógenos en el control de chisas en el oriente antioqueño*. Febrero-agosto de 1997. Rionegro. Corpoica-Fundación Buen Pastor. 23p.
- BEJARANO, M. V.; C. E. NÚSTES; J. E. LUQUE. 1996. *Evaluación de la respuesta de trece genotipos de papa al daño de Tecia solanivora (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae)*. En: Resúmenes XXIII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Julio 17 - 19 1996. Cartagena, Colombia. p. 55
- CALVACHE, G., H. ALVARADO., L. F. 1980. *El gusano blanco de la papa Premnotypes vorax (hustache) y su control*. Instituto Colombiano Agropecuario. Documento de trabajo. Cod. 05-6-009-80. 35p.
- _____. 1980. *El gusano blanco de la papa y su control, en el cultivo de la papa*. Curso de actualización de conocimientos en el cultivo de la papa. Fedepapa. Bogotá. Pp. 81-89.
- _____. 1986. *Aspectos biológicos y ecológicos del gusano blanco de la papa Premnotypes vorax (Hustache)*. En memorias del curso sobre control integrado de plagas de la papa. Junio 29 - julio 29 de 1986. CIP - ICA. Bogotá, Colombia. p. 18 - 23.
- _____. 1989. *Importancia de los insectos plaga en el cultivo de la papa en Colombia: realizaciones y proyecciones*. En Seminario-Taller "Aspectos entomológicos en el cultivo de la papa". Pracipa, Bogotá, Julio 10 - 23 de 1989. pp. 1-17.
- HERRERA, F. 1997. *La "polilla guatemalteca" de la papa. Biología, comportamiento y prácticas de manejo integrado*. Corpoica. Regional Uno. Santafé de Bogotá. 14 p.
- HIGUITA, A. 1993. *Efecto de extractos naturales sobre chisa*. Tesis de Grado, Tecnología Agropecuario. Universidad Católica de Oriente. Rionegro. 39p.
- ICA. 1989. *Lista de insectos dañinos y otras plagas en Colombia*. Boletín Técnico No. 43. 4a ed. 662 p.

- JARAMILLO P., J. A.; ARÉVALO P. y J. H. ARIAS R. 1996. *Impacto económico de tres plagas del tubérculo de la papa en el departamento de Antioquia*. En: XXIII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Cartagena de Indias. Julio 17, 18 y 19. 56p.
- LONDOÑO, M. E. 1992. *Informe anual de progreso*. ICA. Disciplina de Entomología. Programa de Leguminosas. Bogotá. 42p.
- LONDOÑO, M. E. 1994. *Informe avance de investigación desarrollada en chisa en el oriente antioqueño*. Convenio Corpoica-CIB-Cornare. Centro de Investigación "La Selva". Rionegro (Antioquia). 13p.
- LONDOÑO, M. E. 1996. *Potencialidad de diferentes aislamientos de *Metarhizium anisopliae* sobre larvas de pos *Clavipalpus**. Informe de Investigación. Rionegro (Ant): 4p.
- LONDOÑO, M. E. 1998. *La chisa o mojoyo, un modelo de investigación entomológica*. En: Cuarto Seminario Técnico. Corpoica, Regional 7, Bucaramanga. 4(4):47-55.
- LONDOÑO, M. E. y A. M. RIOS L. 1997. *Efecto de diferentes agentes de control biológico sobre *Phyllophaga obsoleta* y *Anomala undulata* (Col: Melolonthidae)*. En: Aconteceres Entomológicos. Para comprender los insectos: estudiarlos. GEUN, Socolen, Universidad Nacional Seccional Medellín. Medellín. pp 35-42.
- LÓPEZ-ÁVILA, A. 1996. *Insectos plagas del cultivo de la papa en Colombia y su manejo*. En: Papas colombianas con el mejor entorno ambiental. G. Robayo, comp. Comunicaciones y Asociados Ltda. Santafé de Bogotá. pp. 146-154
- PARDO L., L. C. 1994. *Escarabajos (Coleoptera: Melolonthidae) de importancia agrícola en Colombia*. En: Memorias XXI Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Julio 27-28 y 29. Medellín. Págs. 159-176.
- PEÑA, L.; BOLAÑOS, M.; YEPES, B.; MENA, J. 2000. *Hongos entomopatógenos para el manejo del gusano blanco *Premnotrypes vorax* de la papa*. Corpoica, Boletín Técnico No. 15. pp 15.
- PEÑA, LUIS. 1998. *Aspectos biológicos y manejo de gusanos blancos de la papa*. En: Segundo curso manejo sanitario del cultivo de la papa. Comité de Sanidad de la Papa. Departamento de Nariño. Ipiales. pp. 65-97
- PEÑA, L.; YEPES, B.; BOLAÑOS, M. 1999. *Los cultivos trampa*. Corpoica. Boletín Divulgativo No.1. pp. 11.
- RENDÓN C., F. 1996. *Informe de avances sobre el efecto de la mecanización sola y con adición de agroquímicos o productos biológicos sobre el control de chisa*. Proyecto MIP en frijol. Rionegro, (Antioquia). Convenio Corpoica-CIAT. Secretaría de Agricultura de Antioquia. Medellín. 8p.
- RINCÓN L., C. 1997. *La investigación en control biológico como alternativa fundamental en el manejo integrado de plagas*. Informe de pasantía. Corpoica, Programa Nacional de Manejo integrado de Plagas. 27 p.
- RODRÍGUEZ, D. A.; C. RINCÓN y D. MARTÍNEZ. 1996. *Manejo de la chisa en rosas*. En: XIII Congreso Sociedad Colombiana de Entomología. Julio 17, 18, y 19. Cartagena de Indias. p.27.
- RUIZ, N; N. PUMALPA. 1989. *Conozca la chisa y su control*. ICA, Programa de Choque Tecnológico. Plegable divulgativo (217). 7p.
- RUIZ, B. N. y L. POSADA. 1985. *Aspectos biológicos de las chisas en la Sabana de Bogotá*. Revista Colombiana de Entomología 11(1):21-26.
- SALAZAR B., E. 1996. *Ciclo biológico y dinámica poblacional del gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax* Hustache) en el municipio de Motavita (Boyacá)*. Tesis de Grado Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. 110 p
- SÁNCHEZ, G. y N. C. VÁSQUEZ. 1996. *Manejo de plagas en arracacha*. Ibagué. p. 43.
- SOTELLO, G. 1996. *La polilla guatemalteca de la papa *Tecia solanivora* (Povolny) Lepidoptera Gelechiidae*. Curso de Manejo Integrado de las Plagas de la Papa. Junio de 1996. Paipa, Colombia..
- VALLEJO, F. 1995. *Insectos rizófagos con énfasis en las familias Melolonthidae y Scarabaeidae*. Taller del convenio de cooperación técnica Cornare-CIB-Corpoica. 10 p.
- VALLEJO, F. 1997. *Contribución al estudio de las plagas subterráneas-chisa (Coleoptera, Scarabaeoidea: Melolonthidae) del oriente de Antioquia-Colombia*. Tesis Maestría en Entomología, Universidad Nacional. Medellín. 256 p.

26717

Manejo integrado de las enfermedades de la papa

José Luis Zapata ¹

ENFERMEDADES MÁS COMUNES DE LA PAPA EN NUESTRO MEDIO

A continuación se presentarán en forma muy resumida las principales enfermedades que afectan al cultivo de la papa en nuestro medio, las cuales tienen diferente origen y causas. Tal como los agricultores se han dado cuenta durante su actividad diaria, hay enfermedades que se observan en las hojas, en el tallo o en las papas o tubérculos; cada una de éstas tiene un manejo o control diferente; no todas las enfermedades se controlan con el mismo producto. Además, hay algunas para las que no existe control, como es el caso de los virus.

Se describirán las enfermedades causadas por bacterias, como las pudriciones y el moco; las causadas por hongos, como la roña, la mortaja o macana, la costra negra, la verticiliosis, la gota o gotera, la mancha negra de la hoja y la oidiosis o cenicilla, así como las enfermedades causadas por virus, o sea, el enrollamiento de las hojas, el mosaico rugoso, el mosaico suave y el amarillamiento de las venas de la papa.

El enfoque de este capítulo con relación al control, busca contribuir a que se establezca en los técnicos la cultura de la prevención de las enfermedades como aspecto principal para el manejo de ellas.

ENFERMEDADES CAUSADAS POR BACTERIAS

Pudrición Blanda

Organismo causal: *Erwinia carotovora* var. *carotovora* (Jones) Dye

La pudrición blanda del tubérculo, es una enfermedad de muy fácil diseminación y de desarrollo importante, especialmente en zonas muy húmedas y climas con temperaturas de más de 20°C.

¹ Ingeniero Agrónomo. Msc. Investigador Asociado. Programa de Investigación Agrícola. Corpoica. Regional Uno. E-mail: corpoic1@epm.net.co.

Sin embargo, es conveniente anotar que también se puede presentar en épocas secas y a bajas temperaturas.

Síntomas

El ataque a los tubérculos se produce en el suelo, antes de la cosecha o en el almacenamiento. La bacteria penetra por heridas, o por el extremo del estolón que comunica la papa con la planta madre. Al comienzo las lesiones tienen forma de heridas circulares húmedas, ligeramente hundidas, de color canela a castaño. En ambiente seco, las áreas se hunden profundamente, se endurecen y se secan. De esta manera se presenta una clara demarcación entre el tejido sano y el enfermo. Este último, es inodoro inicialmente, pero a medida que la pudrición avanza adquiere olor desagradable y se torna pegajoso, debido a la presencia de otros microorganismos secundarios.

Prevención

Para prevenir el desarrollo de esta enfermedad, se recomienda:

- ◆ Evitar la humedad excesiva del suelo durante la cosecha
- ◆ Cosechar cuando los tubérculos estén maduros y especialmente en época seca
- ◆ Proteger los tubérculos de la radiación solar directa
- ◆ No lavar los tubérculos para almacenarlos por períodos largos
- ◆ No causar heridas al tubérculo durante el ciclo de cultivo

Moco o Dormidera

Organismo causal: *Ralstonia solanacearum*

Esta es una enfermedad extremadamente destructiva en el cultivo de la papa. El control químico es antieconómico, por lo que no se recomienda. El mejor control es el uso de semilla sana y la rotación adecuada de cultivos hasta por un año, antes de sembrar papa nuevamente.

Síntomas

En el campo se observa marchitez y enanismo; las hojas se tornan de color verde pálido y las ramas de color bronce. Inicialmente sólo una rama del tallo presenta los síntomas de marchitez (Figura 1). Con el transcurso de los días, todas las ramas de la planta se marchitan sin pasar por amarillamiento. En tallos jóvenes se observan rayas oscuras y angostas, que corresponden a los haces vasculares infectados.

Para demostrar la presencia de la enfermedad en el tejido, se extrae una porción del tallo enfermo y se suspende en un vaso de agua. A través de la pared del vaso, se puede observar el flujo bacteriano que forma hilos de color lechoso y que se proyecta hacia el fondo (Figura 2).

Los tubérculos infectados no siempre muestran los síntomas. Cuando la infección es muy severa, el exudado bacteriano se aglutina en los ojos o en la cicatriz del estolón, por lo cual la tierra se adhiere a ellos.

Al hacer un corte transversal de la papa, a menudo presenta una coloración parduzca en el anillo vascular. Una ligera presión hace brotar del anillo el mucílago típico que tiene aspecto de pus; en otros casos el mucílago mana naturalmente.

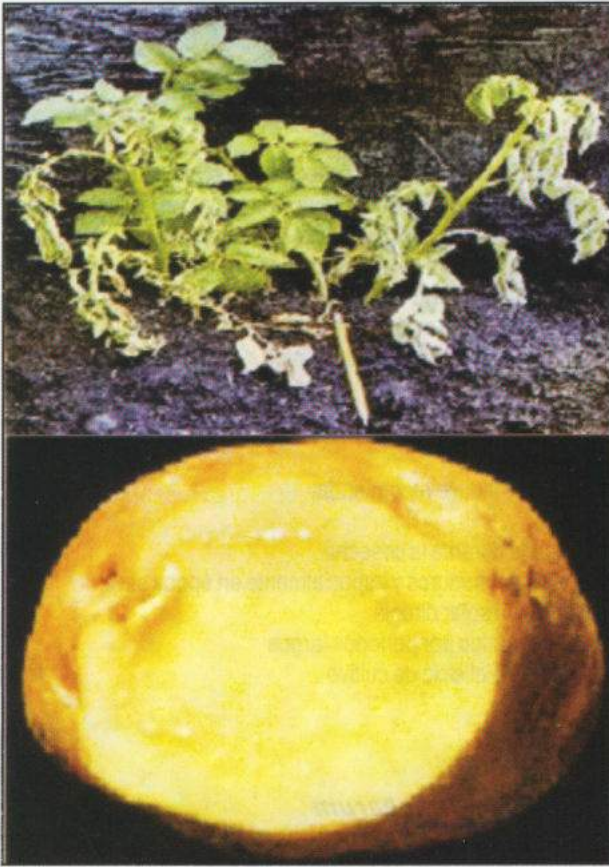


Figura 1. Planta y tubérculo afectado por el Moco.

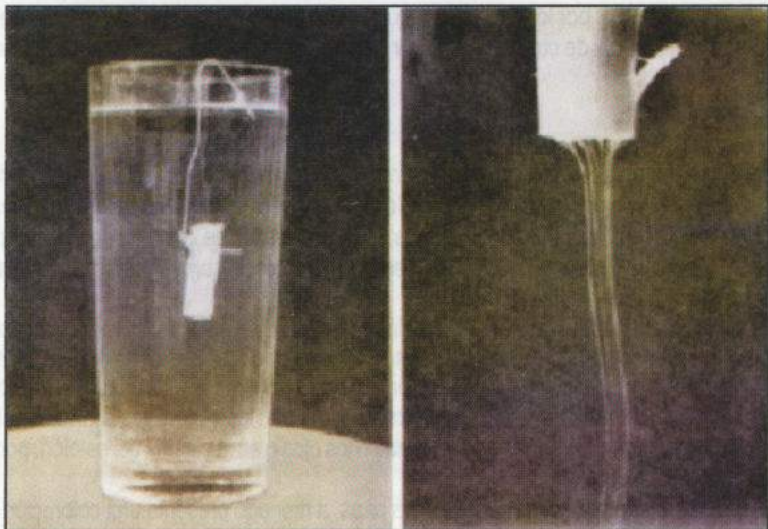


Figura 2. Flujo bacterial.

El moco también se puede presentar en los siguientes cultivos: tabaco, tomate de mesa, ají, berenjena, maní, banano y plantas ornamentales.

Prevención

Para prevenir esta enfermedad, es preciso:

- ◆ Utilizar semilla libre de la enfermedad.
- ◆ Rotar el cultivo con especies que no sean de la familia de las solanáceas.
- ◆ Controlar los nemátodos.
- ◆ Hacer un buen manejo agronómico.
- ◆ Practicar la cuarentena en caso de epidemia.
- ◆ Finalmente, recuerde que no hay variedades comerciales resistentes, por lo cual se debe tener mucho cuidado al comprar la semilla para el siguiente cultivo.

Sarna común

Organismo causal: *Streptomyces scabies*

La sarna es un problema en el tubérculo, que se encuentra en casi todo el mundo donde se cultiva papa, excepto donde el suelo es muy ácido.

Síntomas

El *Streptomyces* produce lesiones de diferentes tipos, que pueden ser superficiales o reticulares, profundas o cóncavas, e incluso protuberantes; varían en tamaño y forma y se pueden juntar, hasta afectar toda la superficie del tubérculo. En nuestro medio esto es muy común después de la segunda siembra con la misma semilla; de este modo, a medida que se repiten las siembras, aumenta la incidencia de la enfermedad.

Prevención

Para prevenir esta enfermedad es necesario:

- ◆ Mantener el suelo a capacidad de campo durante el crecimiento de los tubérculos.
- ◆ Evitar siembras repetidas de papa en el mismo lote.
- ◆ Rotar adecuadamente los cultivos, evitando la rotación con plantas crucíferas, de raíz carnosa, remolacha, etc.
- ◆ Mantener los niveles de pH entre 5 y 5.2 y evitar las aplicaciones innecesarias de cal.



ENFERMEDADES CAUSADAS POR HONGOS

Enfermedades de la raíz

Roña

Organismo causal: *Spongospora subterranea*

Síntomas

La infección de los tubérculos se presenta en forma de costra de color claro al principio, tornándose de color castaño cuando madura y se extiende debajo de la piel formando lesiones elevadas en forma de granitos. Debajo de la costra se depositan las esporas o semillas de la enfermedad. La costra está rodeada generalmente por bordes levantados y desgarrados.

La infección también se puede presentar en la raíz y en los estolones (donde se forman las papas). Son pequeñas manchas que se transforman en verrugas de color blanco lechoso. Si se presentan muchas verrugas, la planta se marchita y muere rápidamente. Cuando las verrugas maduran se tornan de color castaño oscuro y se desintegran fácilmente.

Prevención

Para prevenir esta enfermedad se recomienda:

- ◆ Sembrar variedades resistentes (ICA Puracé).
- ◆ Utilizar semilla libre de la enfermedad.
- ◆ Rotar los cultivos por períodos de más de 5 años.
- ◆ Sembrar en suelos arenosos.
- ◆ Evitar el uso de estiércol proveniente de ganado alimentado con papas enfermas.
- ◆ Evitar el uso de agua de riego proveniente de suelos infestados.

Torbo, martaja , tocineta o macana

Organismo causal: *Rosellinia* sp.

Síntomas

Las plantas atacadas por *Rosellinia* sp. detienen su desarrollo, se marchitan con amarillamiento de hojas y mueren lentamente. Los tallos pueden llegar a presentar canchales, las raíces y estolones toman coloración oscura y se cubren con una capa blanca. Los tubérculos enfermos se encuentran parcial o totalmente cubiertos con esta capa al momento de la cosecha. Al cosechar las papas, se observa una faja de hilos que se inician en la superficie y penetran hasta el centro del tubérculo.

La macana también se encuentra en la zanahoria, la remolacha y las malezas lengua de vaca, barbasco y corazón herido.

Prevención

La prevención de esta enfermedad se logra mediante:

- ◆ La recolección de todos los residuos de cosecha infectados (quemarlos).
- ◆ La eliminación de las malezas que sirvan como reservorio.
- ◆ La rotación por varios años con cultivos no susceptibles.
- ◆ El uso de variedades resistentes.
- ◆ La siembra en terrenos bien drenados.

Costra negra o rizoctoniasis

Organismo causal: *Rhizoctonia solani*

Síntomas

En la superficie de las papas maduras se forman esclerotes o costras muy pequeñas, de color negro, como terroncitos adheridos a la piel. Generalmente, la piel de la papa no presenta ninguna anomalía por debajo de los esclerotes. También se pueden presentar grietas, malformaciones, concavidades y necrosis en el extremo de la unión con el estolón.

Los daños en la planta se observan después de la siembra, cuando el hongo mata los brotes subterráneos, trayendo como consecuencia la desigualdad en el crecimiento del cultivo y la reducción en el rendimiento. También se observa un color púrpura en las hojas y engrosamiento de las mismas y, por último, formación de tubérculos aéreos. El síntoma más común es la presencia de estructuras de resistencia color café oscuro sobre los tubérculos cosechados.

Prevención

Esta enfermedad se puede evitar mediante:

- ◆ El uso de semilla libre de la enfermedad.
- ◆ El tratamiento de la semilla con benomyl o con carboxín.
- ◆ La siembra en lotes nuevos.
- ◆ El uso de variedades resistentes.
- ◆ La siembra profunda de la semilla, debe ser mayor dos veces su tamaño.
- ◆ El control de malezas.
- ◆ Evitar el exceso de humedad.

Verticiliosis o marchitez por *Verticillium*

Organismo causal: *Verticillium* spp.

Síntomas

La marchitez por *Verticillium* causa vejez prematura de la planta. Las hojas se ponen de color verde claro o amarillo y mueren jóvenes (muerte o vejez prematura).

Las plantas se pueden marchitar, especialmente en días soleados y calurosos, en cualquier época de desarrollo del cultivo. Generalmente se observa este síntoma en las hojas de un solo



lado del tallo. Cuando éste se corta, se observa el tejido de color castaño claro. Al ser partidas transversalmente, los tubérculos de las plantas afectadas muestran decoloración castaño clara o estrías color castaño en el sistema vascular. El tejido donde va pegado el estolón también se decolora. Estas decoloraciones hacen inservible la papa para la industria.

Prevención

Esta enfermedad se evita:

- ◆ Usando semilla libre de la enfermedad.
- ◆ Tratando la semilla con fungicidas sistémicos como el benomyl o con productos preventivos como mancoceb, captan o metirán.
- ◆ Controlando adecuadamente los nemátodos.
- ◆ Haciendo rotaciones de cultivos, más o menos largas.

Enfermedades del follaje o de las hojas

Gota, gotera, rancha o lanchar

Organismo causal: *Phytophthora infestans*

Síntomas

Los síntomas iniciales son manchitas pequeñas, oscuras, de forma irregular. En condiciones de alta humedad, las manchas progresan convirtiéndose en lesiones necróticas grandes, de color castaño a negro, que pueden causar la muerte de la hoja y pasar hasta el tallo, ocasionando en muchos casos la muerte de la planta. En la variedad Diacol Capiro se puede observar un halo verde claro o amarilloso en la zona dañada. En el envés de la hoja enferma, muy temprano en la mañana, se forma una vellosidad de color blanco, que son los esporangios o semillas del hongo. El cultivo severamente atacado emite un olor característico. La enfermedad se puede presentar en todas las edades del cultivo (Figura 3).

Las papas enfermas presentan decoloración superficial irregular. Las lesiones necróticas secas y de color marrón penetran desde la superficie del tubérculo.

La enfermedad también afecta al tomate, a la berenjena y al pepino de agua.



Figura 3. Síntomas de gota en el follaje.

Prevención

Para prevenir esta enfermedad es preciso:

- ◆ Usar semilla libre de la enfermedad.
- ◆ Destruir las fuentes de inóculo (pilas de tubérculos en el campo, papas toyas, otras plantas susceptibles).
- ◆ Usar variedades resistentes.
- ◆ Sembrar en época adecuada, con el fin de evitar las condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad.
- ◆ En el caso de epidemias severas, elegir y aplicar correctamente los fungicidas, tanto los protectantes como los curativos. Cuando se utilicen fungicidas protectantes, se debe cubrir 100% del cultivo, asperjando principalmente la parte inferior de la planta.
- ◆ Calibrar apropiadamente el equipo.

Tizón temprano o mancha negra de la hoja

Organismo causal: *Alternaria solani*

Síntomas

La infección inicial comienza casi siempre por las hojas inferiores más viejas; en nuestro medio se presenta generalmente después de la floración.

En un comienzo las lesiones se hacen evidentes como pequeñas manchitas, que luego se tornan ovoides, de color castaño negro. A menudo las lesiones presentan anillos concéntricos formados por tejido necrótico hundido y levantado alternadamente, dando apariencia de ojo de buey. El hongo también puede atacar los tubérculos, en los cuales presenta lesiones oscuras hundidas, de forma irregular, a veces rodeadas de bordes levantados de color bronceado. Las lesiones aumentan de tamaño durante el almacenamiento y las papas se arrugan cuando la infección es muy fuerte.

Prevención

La prevención de esta enfermedad se logra mediante:

- ◆ El uso de variedades resistentes.
- ◆ El uso racional de fungicidas. Generalmente son empleados para el control de la gota de la papa, pero también controlan la enfermedad.

Cenicilla, Oidiosis

Organismo causal: *Erysiphe* sp.

Síntomas

Las plantas infectadas presentan manchas alargadas de color castaño claro en los tallos y en las hojas, y a menudo se unen para formar áreas grandes, húmedas y ennegrecidas. Inicialmente las



manchas son de color blanco pulverulento y luego se van oscureciendo. Las hojas se necrosan y caen, dejando únicamente las hojas terminales de los tallos, que toman apariencia de roseta.

Prevención

En este caso se recomienda:

- ◆ Fungicidas a base de azufre.
- ◆ Riego por aspersión.

ENFERMEDADES OCASIONADAS POR VIRUS

Enrollamiento, enrollado

Agente causal: *Potato leafroll Virus (PLRV)*

Síntomas

Los síntomas primarios se manifiestan después de que las plantas sanas han sido picadas por pulgones virulíferos, provenientes de plantas afectadas por el virus; y se hacen evidentes en las hojas jóvenes, las cuales se muestran erectas, enrolladas y pálidas. En algunas variedades, las hojas jóvenes tienen los bordes rojizos y otras enrollan la base de las hojas.

Los síntomas secundarios se hacen evidentes después de que la planta emerge a partir de una papa infectada. Las hojas bajas se muestran enrolladas y las hojas superiores tienen un color más claro. En general las hojas se muestran rígidas y coriáceas y al sobarlas con la mano producen sonido crocante, como de papel.

Prevención

En este caso es conveniente:

- ◆ Usar variedades resistentes.
- ◆ Controlar pulgones con insecticidas sistémicos.
- ◆ Tratar las papas enfermas con termoterapia.

Mosaico rugoso

Agente causal: *Potato Virus Y (PVY)*

El PVY es considerado uno de los virus más importantes de la papa, debido a que se disemina fácilmente y puede disminuir hasta 80% del rendimiento del cultivo. Es diseminado ampliamente por áfidos. Su tiempo corto de adquisición e inoculación es característico de la transmisión no persistente por *Myzus persicae* u otros áfidos.

Síntomas

La severidad de los síntomas en el follaje de la papa, difiere ampliamente en relación con la cepa y la variedad del cultivo. Va desde síntomas leves hasta necrosis graves y muerte de las plantas infectadas.

Cuando la infección se produce tardíamente, el follaje puede que no presente síntomas, pero los tubérculos de estas plantas llevar consigo la enfermedad.

Los síntomas primarios se manifiestan en forma de necrosis o de amarilleamiento de las hojas y a veces la muerte temprana. Las plantas con infección secundaria son enanas, de hojas encarrujas y moteadas; a veces se produce necrosis de las nervaduras de las hojas y en los tallos.

Prevención

Para prevenir esta enfermedad se recomienda:

- ◆ Usar semilla libre de virus.
- ◆ Usar variedades resistentes.
- ◆ Entresacar plantas enfermas.
- ◆ Evitar altas poblaciones de pulgones en el campo, mediante el control biológico o la aplicación de insecticidas específicos.

Mosaico latente o mosaico suave

Agente causal: Potato Virus X (PVX)

Síntomas

La enfermedad puede ser del tipo latente, o sea, que no muestra síntomas en el follaje, con la excepción de una ligera reducción del vigor de la planta; puede también inducir mosaico rugoso con enanismo de la planta y reducción del tamaño de las hojas. Durante mucho tiempo se consideró como inofensivo. En combinación con otros virus puede provocar encarrujamiento, rugosidad o necrosis. Pruebas cuidadosas demostraron que puede reducir el rendimiento hasta en 15%.

Prevención

En este caso es conveniente:

- ◆ Usar semilla libre del virus.
- ◆ Evitar el contacto con plantas infectadas con el virus.
- ◆ Usar variedades resistentes.
- ◆ Entresacar plantas con síntomas.
- ◆ Lavar las manos antes de tocar las plantas sanas, cuando se manipulen plantas enfermas.

Amarillamiento de venas de la papa

Agente causal: Potato Yellow Vein Virus (PYVV)

Este virus es transmitido por la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), cuando se alimenta en una planta de papa enferma con amarillamiento y luego vuela y se alimenta nuevamente en una planta de papa sana.



Síntomas

Los síntomas de la enfermedad se manifiestan en forma de aclareo de las venas de las hojas terminales, iniciándose en los bordes de las hojas; a veces se presentan pequeños puntos amarillos en el limbo de la hoja, que posteriormente aumentan en número y tamaño hasta juntarse. Cuando el ataque es muy severo y la planta muy susceptible, el amarillamiento invade la totalidad de las hojas. El amarillamiento va desde amarillo brillante al principio hasta claro y opaco al final del cultivo (Figura 4).



Figura 4. Síntomas de amarillamiento de venas de la papa.

El virus se puede encontrar en forma asintomática en algunas malezas como barbasco, lengua de vaca, corazón herido, yerbamora y en plantas de tomate de mesa.

Prevención

- ◆ Utilizar semilla libre de la enfermedad.
- ◆ Hacer un manejo adecuado de la mosca blanca.
- ◆ Controlar las malezas lengua de vaca, corazón herido y barbasco, que son hospederos del virus.
- ◆ Retirar del cultivo las plantas de papa con síntomas iniciales de la enfermedad, si el lote es para semilla.

El uso de semilla sana es la práctica más importante para la prevención de las enfermedades que afectan el cultivo de la papa. Con esta práctica el agricultor ahorra mucho tiempo y dinero.

BIBLIOGRAFÍA

- BOKX, J. A. DE. 1980. *Virosis de la papa y de la semilla de papa*. Editorial Hemisferio Sur. S. A. Buenos Aires, Argentina. 303 pp.
- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. 1979. *Screening for resistance to PVX and PVY*. Circular VII (1), Lima, Perú.
- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. 1979. *Breeding for PLRV, PVX and PVY Resistance*. Circular VIII (1), Lima, Perú.
- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. 1989. *Fungal Diseases of Potato*. Report of the Planning Conference on Fungal Disease of the Potato. Lima, Perú. 212 pp.
- GUERRERO, O. 1994. *Principales enfermedades del cultivo de la papa, manejo y control*. Boletín técnico No. 228, Corpoica, Regional No.5. 29p.
- HENFLING, J. W. 1987. *El tizón tardío de la papa*. Boletín de Información Técnica 4. CIP-Lima, Perú.
- HOOCKER, J. W. 1980. *Compendio de enfermedades de la papa*. Traducido del inglés por Teresa Ames de Icochea. CIP-Lima, Perú. 166 pp.
- SALDARRIAGA, A. et al. s.f. *Compendio de estudios sobre amarilleamiento de venas de la papa en Colombia*. Datos no publicados.
- ZAPATA, J. L. 1996. *Evaluación y control de Phytophthora infestans en clones de papa, en el oriente antioqueño*. En: Papas colombianas con el mejor entorno ambiental. Comunicaciones y Asociados, Ltda. Bogotá, Colombia. 272 p.

Manejo integrado de malezas en el cultivo de la papa

Juan Manuel Arrieta Herrera ¹

INTRODUCCIÓN

La agricultura es la actividad que más influye en la evolución de las malezas, constituyéndose en un factor importante para la explotación agrícola. La mayoría fueron introducidas de áreas geográficas distantes; otras son "oportunistas", favorecidas particularmente por disturbios humanos.

Desde el punto de vista de las ciencias agrícolas, las malezas de cultivos (arvenses) se perciben simplemente como una molestia que debe eliminarse, dedicándose esfuerzos a la búsqueda de la mejor tecnología para la remoción de estas especies. Sin embargo, en épocas recientes las malezas se juzgan como un problema al cual se le deben aplicar principios ecológicos para su solución.

¿Por qué las malezas han llamado tanto la atención de los productores y más recientemente de los conservacionistas y científicos? Una respuesta práctica a esta pregunta probablemente involucre el potencial de las malezas para afectar la subsistencia de los productores agrícolas o reducir la biodiversidad. Pero, ¿cuáles son los atributos ecológicos de las malezas que les confieren esta habilidad de interferir en nuestras actividades y ocupar nuestra atención? El carácter cosmopolita de muchas de estas especies les otorga tres características comunes: a) su estrecha asociación con el manejo de los hábitats por parte del hombre, les brinda un poderoso medio de dispersión, b) su habilidad para incrementarse en forma rápida y abundante después de su introducción a un hábitat y su potencialidad para dominar una comunidad de plantas, les confiere un asombroso poder de colonización y, c) su habilidad para tolerar un amplio rango del hábitat y asegurar una reproducción a largo plazo, o sea, su capacidad regenerativa.

Los anteriores son, entonces, algunos de los rasgos característicos tendientes a asegurar el éxito de las malezas y su atención por el hombre: su potencial para invadir, dominar y persistir.

1 Investigador Adjunto, Programa Nacional Manejo Integrado de Plagas - Corpoica, Centro de Investigación Tibaitatá, Km. 14 vía Mosquera (Cundinamarca). E-mail: jarrieta@corpoica.org.co.

IMPORTANCIA BIOLÓGICA Y ECONÓMICA DE LAS MALEZAS

El término "maleza" es de naturaleza antropocéntrica y subjetivo, ya que según nuestros intereses particulares decidimos sobre el status de una especie vegetal. Esta subjetividad del concepto se refleja en las múltiples definiciones dadas por igual número de autores, las cuales pueden ser antropocéntricas, ecológicas o una mezcla de las dos. Una de las definiciones más completas es la acuñada por Pujadas y Hernández (García-Torres, 1997): "Plantas que crecen siempre o de forma predominante en situaciones marcadamente alteradas por el hombre y que resulta no deseables por éste, en un lugar y momento oportunos"

Otro concepto que es poco tenido en cuenta es el referente al *éxito* de las malezas en los agroecosistemas. En sentido evolutivo, este término se acepta como la continuación de una línea genética a través del tiempo, la cual se refleja en el número de individuos, capacidad de reproducción, área y rango de habitat ocupados. Sin embargo, en el contexto agrícola el éxito puede medirse por la rápida colonización de un sitio disturbado por una especie, la dificultad en la remoción de ellas y la supresión en la productividad de plantas cultivadas (Altieri, 1988).

Clasificación y características sobresalientes de las malezas

Las especies consideradas como "malas hierbas", se pueden clasificar de diversas maneras, atendiendo al habitat en el que se desarrollan, a las características de su ciclo biológico y a su morfología. Aquí sólo nos referiremos a las dos primeras.

Por su habitat, las malezas son: a) arvenses, o especies que invaden los cultivos; b) ruderales, o especies adaptadas a zonas marginales (bordes de caminos, carreteras, vías férreas, baldíos, etc., y, c) acuáticas, en tanto que reducen la circulación y aumentan las pérdidas de agua en canales de riego o drenajes.

Por su ciclo de vida, se denominan así: a) anuales, cuando completan todo su ciclo biológico en un mismo año, b) bianuales, si para completar su ciclo requieren dos años, c) perennes, cuando su vida se prolonga más de dos años, y d) parásitas, porque son capaces de establecerse y vivir a expensas de otras plantas y tienen ciclos biológicos perfectamente sincronizados con los de las plantas huéspedes

De las 250 mil especies vegetales reportadas en el mundo, cerca de 250 son consideradas malezas importantes. De acuerdo con Holm *et al.* (1977), 76 de estas especies pueden considerarse como las "peores malezas del mundo" y están distribuidas en 30 familias taxonómicas. De estas familias, cinco de ellas (Poaceae, Solanaceae, Convolvulaceae, Euphorbiaceae y Fabaceae) aportan el 75% de las especies que producen alimentos. Esto implica que muchas de nuestras especies cultivadas de importancia comparten taxas con grandes grupos de malezas, características debidas a un origen evolutivo similar.

Entre las características de las malezas que más favorecen la invasión y persistencia de ellas en los campos cultivados, destacamos las siguientes:

- **Dispersión de semillas:** muchas de las formas y tamaños de las semillas de las malezas tienen similitud con las de algunas especies cultivadas, razón por la cual en procesos de cosecha y selección se confunden y mezclan fácilmente. La dispersión en el tiempo se refiere a la periodicidad con que germinan las semillas de algunas malezas. Pero no todas las semillas que producen las plantas madres se incorporan al banco de semillas del suelo. Una considerable proporción puede ser recogida en las cosechas o consumida por roedores, insectos, aves, etc. (Figura 1).

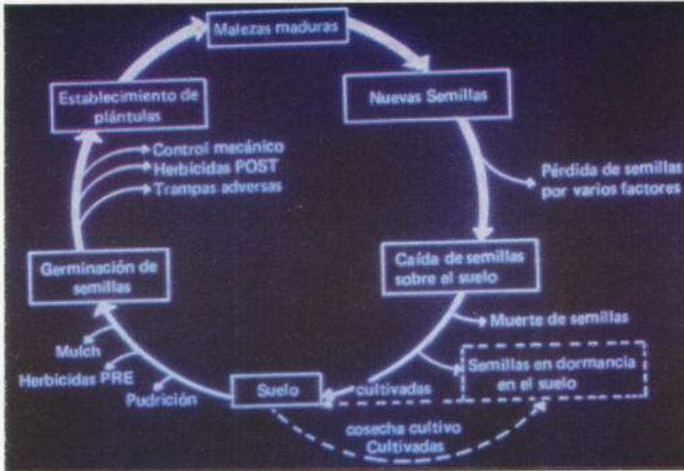


Figura 1. Ciclo esquemático de una población de malezas anuales.

- Dormancia y germinación de semillas: la dormancia y la germinación de las malezas son reguladas por la interacción compleja de factores ambientales, edáficos, fisiológicos y genéticos. Muchas prácticas agronómicas afectan la dormancia y la germinación, proceso en el cual influyen el microambiente y las condiciones edáficas alrededor de las semillas en el suelo. Factores como la penetración de la luz, el contenido de agua en el suelo, la fertilidad del suelo y la temperatura son modificados por la labranza, siembra, cosecha y otras prácticas de producción, las cuales estimulan o deprimen la germinación de las semillas de las malezas.

La mayoría de las especies malezas, tienen alta viabilidad y longevidad de sus semillas y germinación escalonada, lo cual les permite alta persistencia en el suelo. En general todas las especies tienen picos de germinación, particularmente en los meses de invierno o cuando los riegos son demasiado continuos. En las malezas anuales el patrón de germinación en campos intensamente cultivados indica que 44% de ellas germinan dentro de los 15 días después de la siembra (DDS), y 24% entre los 15 y los 30 DDS, fenómeno que depende más del tipo de especies vegetales presentes.

La dormancia es una característica que permite la sobrevivencia de varias de estas especies y puede ser innata si ocurre por inmadurez del embrión (ontogenia) o por la presencia de inhibidores químicos o la falta de un "impulsor" que estimule uno de los tantos procesos bioquímicos que en la semillas se suceden (por ejemplo, calidad de luz recibida). La dormancia inducida se define como la incapacidad para germinar de una semilla viable y madura, debido a determinadas condiciones después de la maduración, a saber: a) exposición a altos niveles de CO₂, b) cubiertas o tegumentos duros, c) aleloquímicos, a lo cual se añade la profundidad de las semillas en el suelo (Arrieta, 1999; *Bases técnicas para el cultivo del algodón*).

Impacto de las malezas en el medio agrícola

La ocurrencia, abundancia y naturaleza de las comunidades de malezas se han considerado de acuerdo con la manipulación del ambiente natural hecha por el hombre. Esta manipulación, necesaria para la producción agrícola, favorece la sucesión de especies secundarias, muchas de las cuales tienen genotipos "oportunistas" que han propiciado el desarrollo de las especies conocidas como "malezas".

La papa es un cultivo cuyo desarrollo requiere una inversión considerable, motivo por el cual exige mucha atención en todos los aspectos, siendo el de las malezas uno de los principales.

Como en este cultivo se ha pensado que las malezas no causan problema alguno, existen pocos trabajos orientados en este sentido. Sin embargo, haciendo un análisis de las prácticas llevadas a cabo por el productor, se considera que la papa es uno de los cultivos en donde se realiza un mayor control de malezas, ya que el productor aplica, de manera empírica, un *umbral de acción*, es decir, que elimina cualquier especie de maleza que aparezca, con el exceso de laboreo que hace permanentemente. Por ese tipo de actividades, el cultivo de la papa es considerado como uno de los mayores causantes de erosión en terrenos con más de 15% en su pendiente.

Sin embargo, la importancia de las malezas siempre se ha medido por las pérdidas económicas que causan directa e indirectamente sobre los sistemas cultivados. En Colombia, los costos de control constituían hace diez años entre 7 y 12% de los costos totales del producto. La dependencia casi que exclusiva de una medida de control (químico), la sucesión de especies secundarias más agresivas y la existencia de tolerancias y/o resistencias de ciertos biotipos a determinados grupos de herbicidas, entre otros aspectos, han contribuido al aumento sistemático de los costos, alcanzando estos más de 20% para el año 1998. En los principales sistemas de cultivos transitorios las pérdidas económicas por malezas se han valorado en más de 19.300 millones de pesos anuales. Particularmente en el cultivo de papa, éstas alcanzan casi 2.000 millones de pesos anuales (Corpoica, 1998).

RELACIÓN DE COMPETENCIA ENTRE LAS MALEZAS Y LA PAPA

En numerosas oportunidades se ha tratado de determinar los efectos causados por diversas poblaciones de malas hierbas sobre los rendimientos de los cultivos. Los resultados obtenidos han mostrado que las pérdidas pueden variar dependiendo de diversos factores: la especie de mala hierba y el cultivo, sus densidades respectivas, la duración del periodo de competencia, las condiciones climáticas del año, las características del suelo, etc.

Debido a la comprobación de otros factores (alelopatía) que pueden reducir o inhibir el crecimiento entre especies vegetales, distintos al conflicto natural por el uso de los recursos disponibles en el medio ambiente (competencia), se adaptó el término *Interferencia* para incluir todas aquellas interacciones existentes entre las plantas, sin precisar si los efectos negativos causados por las malas hierbas se deben a uno u otro factor.

Al analizar un proceso de competencia entre plantas, es importante determinar cuáles son los recursos más escasos en el medio y que serán objeto de un mayor conflicto entre ellas. Por ejemplo, en situaciones de sequía, el elemento de mayor competencia es el agua, mientras que en cultivos hortícolas o en papa, en donde hay buen suministro de agua y nutrientes, el factor de mayor competencia es la luz. Este es un aspecto principalmente drástico en papa, ya que a pesar de contar con un follaje amplio después de los 70 días de la siembra, es una especie de pobre competencia por la luz (Rodríguez, 2000).

La capacidad de las malas hierbas para competir por el agua del suelo depende de la estructura de sus sistemas radicales, de su rapidez de desarrollo y de su eficiencia en el uso del líquido. En este sentido, especies como *Rumex crispus* (lengüevaca), *Polygonum nepalense* (corazón herido), *Ambrosia artemisiifolia* (artemisa), *Raphanus raphanistrum* (rábano), *Senecio inaequidens* (escobilla) y *Amaranthus* sp. (bledo), se constituyen en excelentes competidoras. Por un lado, algunas poseen un aparato radical extenso y perenne, mientras que en otras su desarrollo está sincronizado con el de la especie papa, y, en otras, es más rápido, coincidiendo sus



períodos de máximas necesidades. Como resultado final, en los momentos de máxima exigencia de la planta de papa, la competencia es más severa.

Esas características de rapidez de desarrollo y de la estructura del sistema radical, le permiten a las malezas extraer de manera más eficiente los nutrientes del suelo. Las relaciones de competencia se pueden modificar igualmente por las prácticas de fertilización utilizadas en el cultivo. Así, siendo la papa uno de los cultivos más fertilizados con todas las fuentes, la fertilización nitrogenada favorece el desarrollo de especies gramíneas como *Lolium temulentum* y *Avena fatua*, al igual que dicotiledóneas como *Chenopodium album*. Otras fuentes que generan acidez en el suelo promueven la proliferación de *Rumex crispus*, *Polygonum nepalense*, *Polygonum segetum*, y otras.

En cuanto al fenómeno de la alelopatía, si bien es cierto que este tipo de interferencias es más frecuente contra los insectos plagas, no es descartable para el caso de las especies de malezas, ya que se ha demostrado que algunas especies vegetales son capaces de producir este tipo de efectos; sin embargo, este tema ha sido poco desarrollado, quizás por algunas evidencias contradictorias. Por ejemplo, es más dañino el efecto de las especies de malezas sobre semillas de especies cultivadas que viceversa, lo cual no augura éxitos futuros.

En el caso de las malezas, las semillas de algunas de ellas pueden ser inhibidas con la incorporación de residuos de especies cultivadas (cebada, trigo, centeno, avena), silvestres o malezas (nabo, vicia) como coberturas, aunque, en este último caso, el efecto inhibitorio se debe más a una asfixia física de los residuos vegetales que a una acción alelopática comprobada.

Por el tipo de semilla (vegetativa) en el cultivo de papa, el vigor en la brotación y el crecimiento inicial rápido, los efectos inhibitorios de muchos residuos de cosechas anteriores o incorporados, evitan la germinación de muchas especies de malezas. Esta característica permite desarrollar en la actualidad cultivos de papa bajo los sistemas de labranza de conservación, con coberturas vegetales como cereales menores y algunas leguminosas.

Factores que afectan a la competencia

Las relaciones de competencia entre los cultivos y las malezas están determinadas no sólo por las características intrínsecas de las especies de malas hierbas y por su densidad, sino por una serie de factores extrínsecos que maneja el agricultor en su medio, tales como:

a) tipo de cultivo: hay cultivos con alta capacidad de competencia por agua, nutrientes y oxígeno, como el caso de la papa, pero existen, de igual manera, otros pobres competidores, como por ejemplo, algunas hortalizas; **b) densidad y espaciamiento del cultivo:** mientras más denso y sano sea éste, mayor será su competitividad; en caso contrario, las malas hierbas invaden rápidamente el cultivo; **c) períodos de competencia:** éstos dependen fundamentalmente del tipo de malezas, ya que las que tienen patrones de germinación temprano serán intensamente competitivas (Figura 2). Así mismo, es importante conocer el período crítico de competencia del cultivo, tiempo después del cual las malezas tardías causan menos problema por la labor de aporque final (Figura 3). En el caso de la papa, este período se fija entre los 60 a 70 días después de la siembra para algunas variedades de consumo fresco; **d) condiciones del medio ambiente:** este factor puede hacer variar las relaciones de competencia; por ejemplo, la temperatura afecta en forma diferente ciertas especies, según su metabolismo o ruta bioquímica, sea ésta C_3 o C_4 . La papa, como especie C_3 , puede ser más competitiva aun que las C_4 bajo condiciones de temperatura entre 13 a 18°C.

Otro concepto importante en la lucha integrada contra las malezas es la utilización de los umbrales de tratamiento, los cuales indican a partir de qué nivel de infestación de la plaga en cuestión (insecto, enfermedad o mala hierba) empieza a ser necesaria la realización de trata-

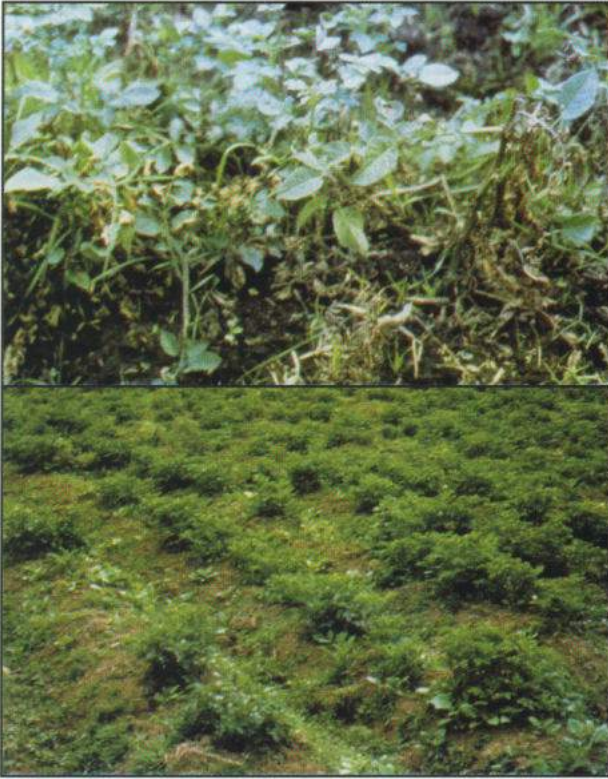


Figura 2. Cultivo con alta competencia de malezas en épocas tempranas.

Figura 3. Época crítica de competencia de malezas en papa.

mientos fitosanitarios, con el fin de mejorar el proceso de toma de decisiones para el manejo de las arvenses.

Factores que regulan el tamaño de las poblaciones de malezas

La potencialidad de las malezas para producir semillas es demasiado alto; sin embargo, la experiencia muestra que éstas mantienen una estabilidad en el tiempo, debido a tres causas diferentes: a) la producción real de semillas está muy por debajo de la potencial (factores dependientes de la densidad) en donde las malas hierbas tienen una enorme capacidad para adaptarse a los recursos disponibles en el medio; b) la mortalidad de plantas o semillas es muy elevada (Figura 1); y, c) las prácticas culturales utilizadas pueden mantener estas poblaciones bajo control (factores antrópicos). Esta acción puede ser directa, mediante la destrucción de una parte de la población, o indirecta por la modificación del medio.

Malezas frecuentes en papa

Los cultivos de papa en Colombia están localizados en las partes altas de las cordilleras, correspondientes a climas fríos y muy fríos (páramos), en donde se encuentra un grupo de plantas propias de esos climas, más o menos frecuentes en las diferentes regiones, las cuales se anotan en la tabla 1.



Tabla 1. Malezas de mayor frecuencia en cultivos de papa y sus características

Nombre científico	Nombre común	Altura sobre el nivel del mar	Nivel de persistencia	Agresividad con respecto a la papa	Tipo de Reproducción
<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de león	2500-3000	Media	Baja	Semillas
<i>Chenopodium album</i>	Cenizo	2500-2800	Media	Media	Semillas
<i>Polygonum segetum</i>	Gualola	1800-2600	Alta	Media - alta	Semillas, estolones
<i>Rumex crispus</i>	Lengua de Vaca	2500-3100	Alta	Alta	Semillas, rizomas
<i>Polygonum nepalense</i>	Corazón herido	2900-3200	Alta	Alta	Semillas, estolones
<i>Rumex acetocella</i>	Comunista	2500-2800	Alta	Alta	Semillas, estolones
<i>Amaranthus hybridus</i>	Bledo	2000-2800	Alta	Alta	Semillas
<i>Amaranthus dubius</i>	Bledo	2000-2500	Alta	Alta	Semillas
<i>Galisonga parviflora</i>	Guasca	2000-2500	Baja	Baja	Semillas
<i>Galisonga ciliata</i>	Guasca	2000-2500	Baja	Baja	Semillas
<i>Stellaria media</i>		2500	Baja	Baja	Semillas
<i>Malva silvestris</i>	Malva morada	2200-2500	Media	Media	Semillas
<i>Lepidium bipinnatifidum</i>	Mastuer-zo	2000-2500	Baja	Media	Semillas
<i>Hordeum vulgare</i>		2500-2800	Media	Media	Semillas
<i>Malvastrum peruvianum</i>	Malva blanca	2200-2500	Media	Media	Semillas
<i>Senecio inaequidens</i>	Escobilla	2500-2800	Alta	Alta	Semillas
<i>Trifolium repens</i>	Trébol blanco	2500	Alta	Alta	Semillas, estolones
<i>Sonchus oleraceus</i>	Cerraja	2000-2800	Media	Media	Semillas
<i>Sonchus asper</i>	Cerraja	2000-2800	Media	Media	Semillas
<i>Veronica pérsica</i>	Violetilla	2500	Baja	Media	Semillas
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	Artemisa	1800-2600	Alta	Alta	Semillas, estolones
<i>Spergula arvensis</i>	Miona	2500	Baja	Media	Semillas
<i>Anthemis arvensis</i>		2500	Baja	Baja	Semillas
<i>Lactuca inthybea</i>	Cerraja	2000-2800	Baja	Baja	Semillas
<i>Bidens pilosa</i>	Masiquía	2000-2500	Media	Baja	Semillas
<i>Pennisetum clandestinum</i>	Kikuyo	2500-2800	Alta	Alta	Semillas, estolones
<i>Ageratum conyzoides</i>	Manrubio	2500-2800	Alta	Alta	Semillas
<i>Raphanus raphanistrum</i>	yerba de chivo	2500-2800	Alta	Media - alta	Semillas, raíz
<i>Brassica spp.</i>	Rábano	2500-2800	Alta	Media	Semillas
	Nabo, Alpiste	2500-2800	Alta	Media	Semillas

(Sigue...)

Tabla 1. Continuación

Nombre científico	Nombre común	Altura sobre el nivel del mar	Nivel de persistencia	Agresividad con respecto a la papa	Tipo de Reproducción
<i>Solanum nigrum</i>	Yerba-mora	2500-2800	Media	Media - alta	Semillas
<i>Dactylis glomerata</i>	Pasto azul	2500-3000	Media	Alta	Semillas
<i>Lolium multiflorum</i>	Ray-grass anual	2500-3000	Alta	Alta	Semillas
<i>Portulaca oleracea</i>	Verdolaga	1600-2500	Alta	Alta	Semillas, estolones
<i>Panicum</i> sp.	Nudillo	2000-2500	Alta	Alta	Semillas
<i>Digitaria sanguinalis</i>	Coneja	2000-2500	Alta	Alta	Semillas
<i>Holcus lanatus</i>	Falsa poa	2500-3000	Media	Alta	Semillas
<i>Bromus catharticus</i>	Cebadilla	2200-3000	Baja	Media	Semillas
<i>Poa annual</i>	Pasto azul anual	2500-2800	Baja	Alta	Semillas

Es preciso resaltar del listado anterior que las especies más competitivas con el cultivo de papa son las especies gramíneas, seguidas, en su orden, por las polygonáceas (lengüevaca, corazon herido, gualola) y compuestas (artemisa, escobilla). Estas dos últimas familias tienen un agravante y es que con implementos como el azadón y los arados para ciertas prácticas culturales (aporques), incrementan sus poblaciones en el área cultivada. Además, son bastante tolerantes a ciertos grupos de herbicidas que se usan en papa para el control de malezas (metribuzina, linuron, ametrina).

Por otro lado, *Polygonum nepalense* se ha convertido, en los últimos cinco años, en una especie casi exclusiva de los cultivos de papa, con una plasticidad ecológica y fisiológica bastante alta en sus poblaciones, compitiendo desde la brotación de la semilla de papa hasta la cosecha y, principalmente, en los períodos en que los lotes quedan en barbecho, cuando la maleza cubre por completo el área y alimenta el banco de semillas del suelo. Es importante tener en cuenta el número de semillas por planta, característica que incide altamente en las poblaciones futuras de la maleza, sumándose a esto, además, el manejo agronómico que se lleve a cabo.

ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL DE MALEZAS EN PAPA

Al enfrentarse con un problema de malas hierbas, un productor puede tener varias opciones a escoger. Una de ellas es convivir con el problema, aceptando los criterios de los niveles de daño en el cultivo. Otra es desarrollar programas de desyerbas o proceder con la erradicación total de una especie en un área determinada. Por tanto, el tipo de opción depende de la situación concreta y de los objetivos que se proponga.

Tradicionalmente, estas opciones se han enfocado desde el punto de vista del control (erradicación) y no tanto del manejo (prevención) de malezas, razón por la cual se han introducido conceptos más amplios y prácticos como el de umbrales y épocas críticas de competencia. Dentro de estas estrategias del manejo de malezas, encontramos:

Prevención: esta se aplica en los casos en que interesa mantener un área geográfica específica o de mayor extensión (región o país) libre de especies de malezas agresivas y persis-



tentes, estableciendo medidas de tipo legal que eviten la contaminación de las semillas del cultivo y de la maquinaria que se lleva al campo para las labores de siembra. Al tratarse de especies de alta nocividad, es preciso erradicarlas inmediatamente en caso de introducirse en un país o área determinada.

Contención: en estos programas se acepta como inevitable la existencia de infestaciones de malas hierbas, intentando únicamente minimizar el impacto económico que éstas producen. De allí que es necesario, de acuerdo con el ciclo del cultivo establecido (semestralmente en el caso de la papa), hacer un seguimiento del nivel de infestación, de conformidad con un umbral económico de daño (nivel de poblaciones de malezas que causan pérdidas económicas).

En caso que este umbral sea positivo, es decir, que cause deterioro en la cantidad o calidad del tubérculo, el uso de una desyerba o de herbicidas selectivos se justificaría económicamente, siendo recomendable, por tanto, hacer dicha aplicación. Estos tratamientos son aplicables cuando el valor económico del cultivo y, por consiguiente, el riesgo de pérdida es elevado; si las malezas dominantes son del tipo persistente y cuando el costo de los herbicidas o de la mano de obra para el control garantice la rentabilidad de la práctica por realizar.

Reducción: esta estrategia trata de evitar no sólo las pérdidas económicas producidas en el cultivo, sino que, además, pretende reducir las poblaciones de malas hierbas hasta que estas alcancen niveles aceptables. Para ello se debe utilizar una serie de medidas (rotaciones, estrategias de fertilización, o control biológico) que promuevan la reducción en la reserva de semillas presentes en el suelo. Estas prácticas permiten efectos positivos (biológicos y económicos) a largo plazo y son recomendables cuando las especies dominantes son de elevada nocividad y poseen una estrategia reproductiva tipo "oportunista" (altamente agresivas en corto tiempo), como es el caso del ryegrass (*Lolium* spp.), del Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) o de cualquier otro tipo de especie gramínea, especialmente cuando éstas anteceden al cultivo de papa.

Erradicación: es la eliminación total de una especie de maleza en el área de cultivo. Estos programas son recomendables cuando se trata de especies agresivas que comienzan a establecerse en un área determinada del lote (por ejemplo, ryegrass, gualola, escobilla, corazón herido) y terminan por invadirlo totalmente.

Planificación y ejecución de programas de manejo de malezas

Tradicionalmente el control de malas hierbas se ha hecho utilizando planteamientos simplistas y extremos: o bien se hace un control rutinario, o se toman acciones cuando la gravedad de la situación lo exige; en el caso de la papa predomina el primero de éstos. Por tanto, es preciso que esta práctica disponga de algunos conocimientos (biológicos, agronómicos y económicos) que deben integrarse y concretarse en programas de gestión, orientándolos a resolver la problemática con mínimos costos económicos y sociales.

Para la implementación de estos programas deben agotarse varias etapas, claramente diferenciadas, como sigue: **1) El diagnóstico**, que consiste en identificar las especies presentes y definir claramente el problema (considerando factores del medio que afecten el desarrollo de esas especies), estimando posibles daños en el cultivo. **2) La planificación**, luego de evaluar posibles métodos de control y de considerar factores técnicos que permitan diseñar un programa de gestión efectivo, económico y seguro. En esta fase del programa es importante tener en cuenta la experiencia propia. Antes de decidirse por una de estas prácticas es preciso tener en cuenta si se adapta o no a las posibilidades reales del agricultor (disponibilidad de recursos económicos, técnicos o humanos); **3) La ejecución**, o sea la realización en forma correcta de las etapas anteriores para una mayor eficiencia y seguridad, llevando a cabo en el momento oportuno las

tareas planificadas, con las herramientas y equipos adecuados, y 4) **La evaluación de los resultados**, mediante un seguimiento a nivel de campo que respalde la tasa de decisiones oportunas en caso de alguna modificación.

Prácticas agronómicas que inciden en la dinámica de poblaciones y el manejo de malezas en papa

Preparación del suelo

Una de las principales razones que justifican el laboreo del terreno es, entre otras, su acción destructiva sobre las malas hierbas. Sin embargo, este concepto no es del todo absoluto, ya que los efectos causados por las operaciones de preparación, sean éstas con tracción animal o mecánica, son muy variables dependiendo del tipo de implemento utilizado, del tipo de maleza presente y de las condiciones bajo las cuales se llevan a cabo las operaciones. Por tanto, antes que definir una buena preparación, es más importante conocer la acción de los implementos y su relación con el problema de malezas y la resultante de esas interacciones.

En la acción del laboreo primario, la inversión del suelo causada por implementos de vertedera permite enterrar a determinadas profundidades la vegetación desarrollada en la superficie. Cuando se trata de especies de tipo anual, arbustivas y de reproducción sexual, la práctica es eficiente y recomendable; sin embargo, cuando se trata de especies perennes, de tipo rastrero y/o de reproducción asexual (gualola, lengüevaca, artemisa, corazón herido, gramíneas), es preciso hacer seguimientos permanentes y manejar los criterios de umbrales económicos de daño, ya que estas especies se enraízan nuevamente en el suelo, a partir de la estructura vegetativa incorporada (estolón, rizoma), aumentando significativamente sus poblaciones y haciéndose más difícil y costoso su manejo o control. En el caso del uso del arado del cincel, éste es igualmente inoficioso para este último caso (especies perennes o bien establecidas).

Para el laboreo secundario (adecuación del suelo para la semilla), el rastrillo californiano u otro tipo de rastras pueden destruir no sólo plántulas, sino, inclusive, especies de arvenses de tamaño considerable (Figura 4), generalmente cuando éstas se han establecido en cultivos de papa desde la época de floración del cultivo hasta la cosecha.

Algo importante antes de cumplir con esta etapa de preparación, es la revisión que debe hacerse de las especies de malezas presentes y de su estado de desarrollo, con el fin de tener una idea del tipo y número de poblaciones futuras en el momento del cultivo, producto del banco de semillas de malezas en el suelo, y de determinar igualmente el rol ecológico de aquellas que son huéspedes conocidos de plagas del suelo. Este es el caso de la lengüevaca (*Rumex crispus*), donde se refugian adultos de gusano blanco y el de la hierba mora (*Solanum nigrum*) y el nabo (*Brassica campestris*), que sirven de alimento a los adultos de este insecto plaga (Zenner de Polanía, 1988). Del lote también se deben eliminar los residuos de malezas gramíneas, ya que la hembra del gusano blanco deposita allí sus huevos.

Aunque no se ha definido claramente la habilidad competitiva del cultivo en sus estados tempranos de desarrollo (emergencia, plántula), por tratarse de una semilla asexual (tubérculo), que puede demorarse hasta 15 días en emerger después de la siembra, éste se encuentra en clara desventaja frente a las malezas, especialmente si estas son perennes, semiperennes y/o se reproducen vegetativamente. De allí que el tipo de implementos por utilizar en la preparación del suelo debe ser producto de un análisis que involucre cada una de las situaciones aquí descritas.



Figura 4. Cultivo de papa con franjas de especies arvenses, las cuales pueden servir de trampas o focos de infestación de insectos plagas.



Frente a la situación arriba planteada, el uso de herbicidas en preemergencia temprana (antes de que las malezas y el cultivo emerjan), se convierte en una ventaja, especialmente con productos de mediana residualidad que aseguren la ausencia de arvenses por 40 ó 50 días.

Desyerbas o manejo mecánico

Bajo esta práctica establecemos dos opciones: la tradicional, que se lleva a cabo con herramientas manuales, y otro sistema con implementos mecánicos, en especial con aperos como el cultivador de disco o el vibrocultivador, cuando el estado vegetativo de las malezas es abundante y existen especies convolvuláceas u otras como *Polygonum nepalense* (corazón herido) (Figura 5).

Por lo general, el productor de papa hace dos grandes desyerbas, independientemente del tipo de arvenses: que estén presentes, una a los 30 días aproximadamente y otra a los 60 días, cuando se hace el aporque definitivo. Sin embargo, son frecuentes las desyerbas a lo largo del ciclo vegetativo, lo cual involucra otros aspectos que se deben tener en cuenta:

- Si previo al establecimiento del cultivo, el lote se encuentra en barbecho, es decir, con malezas en estado reproductivo y de senescencia, el banco de semillas en el suelo es alto, lo cual sugiere que una remoción permanente del suelo, con cualquier tipo de implementos, estimulará la germinación de este banco activo, aumentando la frecuencia en las desyerbas.
- Si esas especies son de baja persistencia en el suelo (caso de cebadilla, cenizo, nabo, bolsa de pastor, guasca), en el corto plazo se pueden lograr grandes éxitos; si, por el contrario, las



Figura 5. Desyerbas oportunas en el manejo de malezas.

especies son de alta persistencia (lengüevaca, altamisa, escobilla, gualola), la posibilidad de reducir sus poblaciones es más remota.

En el caso de las especies perennes (lengüevaca y gramíneas) la acción de desyerbas permanentes puede causar la destrucción repetida de sus partes aéreas, consiguiendo el agotamiento de las reservas de carbohidratos que estas plantas tienen almacenadas en sus estolones, rizomas o tubérculos. Para evitar esto, es preciso que las prácticas se hagan en el momento adecuado, es decir, cuando la parte aérea ha alcanzado suficiente desarrollo y empieza a exportar sus asimilados hacia las estructuras de almacenamiento.

Por otro lado, cuando se hace la primera desyerba el cultivo de papa es aún muy susceptible a los trozadores, por lo que se recomienda que si la población de estos insectos es alta, antes de cualquier actividad sobre las especies arvenses debe primero controlarse la población de insectos plaga, ya que, de lo contrario todos los trozadores pasarán al cultivo (Zenner de Polanía, 1988).

Por todo lo anterior, es de gran importancia conocer el estado de desarrollo de las arvenses en el momento de ejecución de las desyerbas. En este sentido, se recomienda llevar a cabo las labores antes de que las especies arvenses anuales alcancen el estado de tres o cuatro hojas. Por el contrario, el control de especies perennes es más eficaz cuando las plantas han alcanzado un cierto desarrollo y agotado sus reservas subterráneas.

Aporques

El aporque definitivo se hace entre los 60 ó 70 días después de la siembra, aproximadamente, según la variedad, el clima y el sistema que se use para aporcar: manual (con azadón, zanjadora o aporcadora), con tracción animal o con aporcador de discos (con tractor) (Figura 6). Éste tiene como fin proteger los estolones y tubérculos en formación de los rayos solares, del exceso de temperatura (causantes de deformación) y del ataque de insectos.

La época para esta práctica depende del tamaño de los estolones (estructura donde se forman los tubérculos) en cada variedad, ya que si éstos son alargados (hasta 25 cm) se debe aporcar temprano (antes de 50 días) y con un caballón o surco bien alto. Esta práctica, que se acostumbra igualmente con variedades precoces, pretende ofrecer a los tubérculos en formación condiciones óptimas para su desarrollo, al proporcionarles mayor distribución del agua y mejor drenaje entre los surcos y, por otro lado, evitar que los tubérculos sean atacados por la gota (*Phytophthora infestans*).

La labor o remoción del suelo, así como entierra algunas semillas de estas especies, también renueva el banco de semillas en la superficie del suelo, especialmente de aquellas de más larga persistencia. En el caso de las especies perennes, la acción del laboreo del aporque puede ser de dos tipos: para agotar las reservas de carbohidratos que estas plantas tienen almacenados en sus estolones o rizomas, mediante la destrucción repetida de sus partes aéreas. Para conseguir dicho agotamiento es muy importante que las labores se lleven a cabo en el momento adecuado, es decir, cuando la parte aérea ha alcanzado suficiente desarrollo y empieza a exportar los nutrientes producidos hacia las estructuras de almacenamiento.

Cuando se usan herbicidas para el manejo de malezas en preemergencia, esta labor alcanza a hacerse sin presencia de malezas o con muy bajas poblaciones de éstas. Sin embargo, si las lluvias son escasas en esos momentos, el suelo se encuentra bastante endurecido y son más demoradas las labores. Como el herbicida actúa sobre la capa superficial del suelo, luego del volteo con azadón o máquina la población futura de malezas se ubicará, en un alto porcentaje, encima del surco y entre las



plantas de papa, aunque para esta época el cultivo se encuentra con un follaje en pleno desarrollo, el cual compite interespecíficamente muy bien, en particular con especies dicotiledóneas. Por tanto, si la población de gramíneas es bastante alta (especialmente si el lote viene de rotarse con pastos), una vez hechas las desyerbas es preciso eliminar del lote los residuos de malezas.



Figura 6. Desyerba y aporque mecánico de malezas en el cultivo de la papa.

Manejo del agua

Uno de los factores que ocasionan mayor pérdida en el cultivo de la papa es la deficiencia de agua en sus diferentes etapas (establecimiento, floración y maduración) por épocas prolongadas de verano, con lo cual se afectan los rendimientos y la calidad de los tubérculos producidos.

El agua en el manejo de malezas es importante, ya que los excesos o la escasez de ésta genera una mayor competencia de especies que toleran altos niveles de humedad y que son muy eficientes en su uso, como por ejemplo, el bleado, la altamisa, la lengüevaca, las gramíneas, el rábano y el nabo; por el contrario, en épocas de sequía se afecta la papa, pero predominan especies como la escobilla y otras de tipo perenne.

Cosecha y manejo de malezas

La época de cosecha está generalmente determinada por varios factores, pero el de mayor relevancia es la elasticidad de los precios en el mercado. Por tanto, la decisión de adelantar o retrasar la cosecha, dependiendo de esa situación, también lleva a generar otros problemas en el campo, como las infestaciones por plagas.

Para el caso de las malezas, si bien es cierto que el productor se mantiene eliminando todo tipo de hierbas a través del ciclo del cultivo, a partir de la semana 13 ó 14 (engrosamiento del tubérculo) suspende estas labores, momento a partir del cual comienza a repoblarse el cultivo con altas comunidades de arvenses. Si las desyerbas y aporques fueron de tipo manual y/o mecánico, predominarán especies de tipo anual y algunas perennes, especialmente compuestas y polygonáceas. Por el contrario, si se utilizaron herbicidas en preemergencia temprana o tardía, del grupo de triazinas o ureas sustituidas, predominarán para la época de la cosecha especies del tipo perenne o semiperenne, como las polygonáceas (*Rumex* sp., *Polygonum segetum*, *P. nepalense*, *P. aviculare*) y algunas gramíneas (*P. clandestinum*, *Panicum* sp.).

Cuando no se hace la desyerba oportuna a los 30 días, sino en el momento del aporque definitivo, predominarán las especies perennes como las anteriores, pero cuando esta labor es oportuna, el follaje de la planta de papa logra competir físicamente mejor con las arvenses.

Es preciso tener en cuenta todo lo anterior, ya que el tipo de prácticas agronómicas utilizadas incidirá en la dinámica poblacional de las malas hierbas y particularmente en las especies producto de sucesiones tardías (especies de mayor persistencia). De allí que el manejo de las arvenses con relación a la cosecha tenga dos situaciones claramente definidas. En el primero de los casos anteriores, las especies arvenses cumplirán su ciclo total, aportando toda su semilla al suelo, con lo cual se incrementa el banco de semillas y se generan poblaciones nuevas con mayor persistencia y adaptación al sistema. En estos casos, la cosecha manual es más difícil, demorada y costosa. Lo mismo sucede si se hace en forma mecánica, por cuanto el producto (tubérculos), al quedar mezclado con los residuos vegetales, demora la recolección y selección de éstos (Figura 7).



Figura 7. Cultivo de papa listo para la cosecha y con altas poblaciones de malezas.

En el segundo caso, cuando se usan herbicidas en preemergencia, las especies vegetales predominantes son perennes o semiperennes, las cuales no alcanzan a completar su ciclo reproductivo en el cultivo. Si la cosecha es manual (con azadón) o mecánica (con implementos enganchados al tractor), los residuos de malezas deben eliminarse del lote, ya que su sistema de propagación les permite establecerse nuevamente como plantas.

Si antes de la cosecha se hace la labor de defoliación con herbicidas de acción total (glifosato) o de contacto no selectivo (díquat, paraquat), los residuos de material vegetal serán muy pocos y con ello se facilita la labor de cosecha manual, pero especialmente si es en forma mecánica (Figura 8).



Figura 8. Cosecha de papa en lotes libres de malezas.



Rotaciones para el manejo de malezas

Los modelos de alteración en los ecosistemas agrícolas influyen en la composición de las comunidades de malezas. De allí que en los agroecosistemas altamente disturbados, las especies que los habitan están adaptadas a las respuestas del régimen de disturbio.

Los sistemas de rotación también se incluyen en el concepto global de manejo de residuos, definido como una práctica que deja más de 30% de éstos, provenientes de la cosecha anterior, cubriendo la superficie del suelo. Con esta práctica se pretende conservar la humedad del suelo, lograr mayor liberación de nutrientes contenidos en los residuos, controlar malezas y evitar la erosión del suelo.

Cada tipo de cultivo lleva asociado un conjunto específico de malas hierbas. Por tanto, los monocultivos tienden a seleccionar aquellas especies que estando bien adaptadas a ese cultivo, se escapan a los métodos habituales de control usados en éste. Por el contrario, las rotaciones tienden a diversificar las especies presentes, evitando que alguna de ellas se convierta en dominante. Cuanto más deficientes sean los cultivos utilizados en la rotación, bien sea por sus fechas de siembra, por sus características morfofisiológicas o por las prácticas agronómicas asociadas a dichos cultivos, menos posibilidades existen de que se conviertan en problemas.

Otro factor importante a tener en cuenta es el uso de cultivos "competitivos", como los cereales menores (cebada, avena, trigo), pastos y forrajes, los cuales tienen un desarrollo vigoroso y rápido, de mediana a elevada altura y follaje espeso. Desgraciadamente, en numerosas oportunidades no se emplean estos cultivos de manera adecuada.

En el caso de las rotaciones que se establecen con el cultivo de papa, algunos productores las hacen con hortalizas, que son especies débilmente competidoras (cebolla, ajo, remolacha, crucíferas, lechuga, etc), presentándose el predominio de especies dicotiledóneas anuales o bianuales, como cenizo, rábano, nabo, mastuerzo, bledo, violetilla, sonchus y otras (Pinzón, 1996).

Cuando se rotura la pradera para sembrar papa, y después de este primer ciclo se repite nuevamente con papa, comienzan a predominar especies arvenses de tipo perenne, como lengüevaca, artemisa, corazón herido, gualola, sangre de toro, kikuyo, nudillo y falsa poa. Si la rotación inmediata se hace con cultivos poco competitivos, se suman las poblaciones de dicotiledóneas anuales.

Por todo lo anterior, se considera que en cualquiera de los dos casos es necesaria una permanente supervisión para manejar oportunamente las malezas, especialmente cuando comienzan a predominar las especies perennes, ya que aumenta el costo por desyerbas. Una adecuada rotación con cultivos de papa puede ser aquella que nos permita sólo con ella manejar 50% o más de las poblaciones o comunidades de malezas, basados en el no incremento del banco de semillas en el suelo y en la no invasión tardía de malezas en el momento de la cosecha, lo cual incrementaría sustancialmente los costos de producción.

Lo importante es el fundamento en los conceptos anteriores para tomar las decisiones oportunas bajo una situación concreta o real. A manera de ejemplo, una rotación adecuada a mediano plazo (3 años) podría ser: roturación de pastos - papa - papa - cereal (maíz) - hortalizas (liliáceas) - papa - hortalizas - pastos (alfalfa).

Los dos cultivos continuos de papa incrementan las poblaciones de dicotiledóneas y, entre ellas, de algunas perennes. Sin embargo, si para la cosecha de estos cultivos se usan herbicidas en la defoliación de la papa y de las malezas, facilitando esta actividad, se rompería la dinámica de las arvenses mediante la siembra del cultivo de maíz y el uso de cultivadas mecánicas y de herbicidas en preemergencia. Bajo esta situación aumentaría la población de gramíneas, pero con un cultivo de hortalizas, preferiblemente liliáceas o zanahoria, se podrían manejar mejor si se utilizan herbicidas en preemergencia temprana o tardía y con altas densidades de siembra del cultivo.

El siguiente cultivo de papa llega con bajos niveles de población de especies gramíneas en su inicio, lo cual es un hecho importante para la prevención y manejo del gusano blanco (*Premnotrypes vorax* Hustache). Cuando estas arvenses comienzan a predominar nuevamente, se pueden convertir en una especie de trampa para el insecto plaga (Zenner de Polanía, 1988).

Posterior a este cultivo es recomendable establecer otro tipo barbecho o forraje, como alfalfa, que aporte buena cobertura, aproveche la fertilización del cultivo anterior de papa y permita un descanso al suelo, para luego, con un suelo reposado, establecer cultivos de maíz, manejando la estructura del suelo y las poblaciones de dicotiledóneas que hayan podido crecer y depositar semillas en el suelo. Después, se puede continuar con papa y repetir la rotación. Si existe la alternativa de establecer pastos nuevamente para ganadería, esta es una buena opción.

Como se puede observar, es necesario definir criterios de manejo integrado de malezas (culturales, físicos, mecánicos, químicos), al igual que tener en cuenta el manejo de otras plagas y de la conservación del suelo.

Manejo químico

A pesar de que el cultivo de papa se ha caracterizado tradicionalmente por no utilizar herbicidas regularmente, ya que el manejo se ha efectuado de manera mecánica (azadón o implementos mecánicos), en la última década se ha generalizado el uso de estos agroquímicos, debido al incremento en las áreas, a los costos de la mano de obra, a su relativa escasez y también al aumento de la siembra de papa para la industria.

El control químico, dada la elaboración de productos cada vez más específicos, tiene la ventaja de ser hecho en épocas en que otros métodos no son aplicables. Sin embargo, siempre deben usarse bajo recomendación y como complemento a los métodos culturales y mecánicos, por cuanto la decisión de su utilización depende del cultivo, de la aplicación de las malezas presentes, del factor económico y de la efectividad y disponibilidad de otros métodos (Romero, 1990).

Herbicidas recomendados para el control de malezas

En papa, por utilizarse una semilla de tipo asexual (tubérculo), cuya brotación y emergencia en condiciones normales (semilla óptima) es más tardía que la de las semillas sexuales, se facilita el uso de herbicidas preemergentes de acción total (Figura 9), que actúan sobre un gran número de



Figura 9. Estado del cultivo aplicación de 60 días de herbicidas en preemergencia, con su aporte definitivo.



especies dicotiledóneas y gramíneas, en germinación o en estado de 2 a 4 hojas. Aunque el listado puede ser mucho mayor, en la Tabla 2 se registran los herbicidas más recomendados, indicándose sus dosis y épocas de aplicación.

Tabla 2. Principales herbicidas utilizados en papa. Dosis y épocas de aplicación

Producto	Dosis	Época de aplicación con respecto al cultivo	Tipos de malezas que controla
Linurón	1.0 - 1.5 kg ia/ha	Preemergente	Ancha
Metribuzina	0.5 - 0.7 kg ia/ha	Preemergente	Mono y dicotiledóneas
Prometrina	1.0 - 1.5 kg ia/ha	Preemergente	Ancha y gramíneas anuales
Diurón	0.8 - 1.6 kg ia/ha	Preemergente	Ancha y algunas gramíneas
Oxyfluorfen	0.8 - 1.0 kg ia/ha	Preemergente	Ancha y algunas gramíneas
Rimsulfuron	27 gr ia/ha 18 gr ia/ha	Preemergente Postemergente	Ancha y gramíneas Ancha y gramíneas

Selección del herbicida

Para seleccionar el herbicida se debe conocer la clase de malezas presentes en el cultivo. En la mayoría de los casos la población de malezas es muy variada y existe la posibilidad de que se encuentren algunas especies resistentes a un determinado herbicida.

Al seleccionar el producto que va a utilizar, conviene tener en cuenta que el más barato no siempre es el más económico. Es necesario usar siempre herbicidas como complemento a buenas prácticas culturales. No es aconsejable emplear los preemergentes en posemergencia, ni tampoco mezclar herbicidas de contacto con sistémicos.

BIBLIOGRAFÍA

- ALTIERI, M. A. 1988. *Weed Management in Agroecosystems: Ecological Approaches*. CRC Press. Boca Ratón, Florida, USA. 340 p.
- CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA. 1998. *Principales avances en investigación y desarrollo tecnológico por sistemas de producción agrícola*. Corpoica 5 años. Bogotá. p. 359-389.
- GARCÍA-TORRES, L. y FERNÁNDEZ-QUINTANILLA, C. 1997. *Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas*. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Ediciones Mundo Prensa. Madrid, España. 348 p.
- HOLM, et al. 1977. *The world's worst weeds. Distribution and biology*. The University Press of Hawaii. Honolulu.

- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1999. *Comercialización de Plaguicidas*. División de Insumos Agrícolas. Santafé de Bogotá. Junio de 1999. 51 p.
- LINDQUIST, J. L. et al. 1995. *Modeling the population dynamics and economics of Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) control in a corn (*Zea mays*) - soybean (*Glycine max*) rotation*. Weed Science, 43: 269-275.
- NELSON, D. C. and THORESON, M. C. 1981. *Competition between potatoes (*Solanum tuberosum*) and weeds*. Weed Science 29: 672-677.
- OGG, A. G. and DAWSON, J. H. 1984. *Time of emergence of eight weed species*. Weed Science, 1984. 32: 327-335.
- PINZÓN, H. 1996. *Para rotación de papa: hortalizas, situación y perspectivas*. En: Papas colombianas: con el mejor entorno ambiental. Editor Gabriel Robayo Vanoy. p. 155 - 158.
- RODRÍGUEZ, J. F. y ESCOBAR, H. 2000. *Determinación de la época crítica de competencia de malezas con la variedad industrial de papa Unica*. Trabajo de Grado, Facultad de ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca. Fusagasuga. Sin publicar.
- ROMERO, C. 1990. *Control de malezas en papa*. ICA. Programa de Fisiología Vegetal, C.I. Tibaitatá. Mosquera. p. 51-56.
- ZENNER DE POLANÍA, I. 1988. *Curso de actualización en el cultivo de la papa*. Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. Centro de Investigaciones Tibaitatá. Mosquera. p. 165-194.

Análisis de las pérdidas de papa durante la cosecha

Carmen Yojana Morales V.¹
 Hugo Reinel García B.²
 Gonzalo Alfredo Rodríguez B.³

INTRODUCCIÓN

Aunque no existen estudios que analicen en forma permanente, a través del tiempo, las pérdidas de papa durante la cosecha, que contemplen los ciclos climáticos que beneficien o no la presencia de plagas, de una parte, y que consideren los precios altos y bajos, de otra parte, lo que permitiría visualizar de mejor manera la influencia de estas variables sobre dichas pérdidas, se consideró pertinente incluir en el presente manual este trabajo, porque muestra la tendencia de estas pérdidas en Cundinamarca, uno de los departamentos más productores de papa en Colombia.

ANTECEDENTES

Según la FAO (citado por Murcia, 1999), la superficie dedicada al cultivo de la papa en Colombia fue de 175.222 hectáreas durante el año 1998, con una producción de 2'817.830 toneladas, localizadas principalmente en Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia. De acuerdo con estadísticas del Ministerio de Agricultura, en el departamento de Cundinamarca se cultivaron 61.459 hectáreas de papa en 1998, las cuales produjeron 1'014.824 toneladas. Esto significa que en este departamento se concentra 35,1% del área dedicada al cultivo y alrededor de 36% de la producción nacional.

-
- 1 Zootecnista, Universidad De Ciencias Aplicadas y Ambientales. UDCA.
 - 2 Ing. Agrónomo, MSc. Coordinador del Programa Nacional de Maquinaria Agrícola y Poscosecha, C.I. Tibaitatá. A.A. 240142, Bogotá. Colombia. hgarcia@corpoica.org.co.
 - 3 Investigador Adjunto del Programa Nacional de Maquinaria Agrícola y Poscosecha, C.I. Tibaitatá.

En la cosecha de la papa se presentan pérdidas cercanas a 20% de la producción, afectando significativamente la productividad y la rentabilidad del cultivo. Uno de los pocos trabajos existentes en Colombia sobre el tema, es el realizado por Arcila en el C.I. Obonuco de Corpoica en Pasto, sobre *Evaluación y cuantificación de pérdidas*. En ese estudio se encontró que en los municipios de Túquerres, Pupiales, Guachucal y Pasto, los daños y pérdidas de papa en precosecha y cosecha son en promedio de 21,1% del total cosechado. Las enfermedades y plagas son las que más contribuyen con dichas pérdidas.

En Inglaterra, McRae (1.998) hizo un estudio de caracterización de daños mecánicos durante la cosecha mecanizada de la papa, en el cual se establecen índices de daño de acuerdo con el número de cortes presentados en una muestra de papa. Se evaluó la importancia del daño, estableciéndola como leve si la profundidad del corte es menor o igual a 3 mm y severo si la profundidad es mayor.

Para establecer la viabilidad de la reducción de las pérdidas durante la cosecha es necesario conocer los volúmenes, la clase y las causas de las mismas y la justificación económica de su reducción.

ANÁLISIS DE LAS PÉRDIDAS DURANTE LA COSECHA

El objeto del presente estudio fue establecer, cuantificar y clasificar las pérdidas que se presentan durante la cosecha en tres variedades de papa; además, generar las bases para el establecimiento de una propuesta para valorar los residuos de cosecha y evitar la propagación de plagas y enfermedades causadas por los mismos.

El estudio se hizo de agosto a octubre de 1999 en El Rosal, Facatativá, Funza, Sibaté, Subachoque, Simijaca, Chipaque, Zipaquirá y Villapinzón (Figura 1), municipios que pueden considerarse como los más representativos del sistema de producción de papa en el departamento de Cundinamarca.

Se evaluaron las pérdidas en la cosecha de tres variedades de papa: Criolla, Parda Pastusa y Capiro o R-12. En total se observaron lotes de 15 productores, siete de papa Parda Pastusa, por ser la de mayor participación en la producción. Como se muestra en la Tabla 1, para papa criolla se evaluaron lotes de cuatro productores, dos en el municipio de Facatativá y dos en El Rosal, y en cada lote se hicieron cinco repeticiones.

Las repeticiones por productor consistieron en evaluar la papa dejada de cosechar en parcelas de 25 m² de área, enmarcando un cuadro de cuatro surcos y media calle por la longitud correspondiente a los 25 m², de acuerdo con la distancia entre surcos. La ubicación de las parcelas dentro del lote era completamente al azar, Figura 2, y la recolección de la papa se hacía buscando todos los tubérculos que habían quedado en el lote después de la cosecha. Se procuró ir inmediatamente después de cosechado el lote, para evitar la perturbación de los resultados por la recolección de los residuos ("rastreo").

En el caso de la papa Capiro se evaluaron lotes cosechados manualmente y con máquina, para tener una idea preliminar de las pérdidas en los dos sistemas de recolección.

La papa recogida de las parcelas experimentales se llevaba al Laboratorio de Poscosecha de Corpoica en Tibaitatá y se clasificaba de la siguiente manera:

- Papa sana.
- Papa con daño causado por plagas.
- Papa con daño mecánico (cortada).
- Papa con daño causado por enfermedades.
- Papa con daño fisiológico.



Figura 1. Municipios seleccionados para el muestreo.

Tabla 1. Municipios muestreados

Variedad	Municipio	Número de productores evaluados	Repetición por productor
Criolla	Facatativá	2	5
	El Rosal	2	5
Parda Pastusa	Facatativá	1	3
	El Rosal	1	3
	Zipaquirá	1	3
	Chipaque	2	3
	Simijaca	1	3
Capiro (R-12)	Villapinzón	1	3
	Funza	2	4
	Sibaté	1	4
	Subachoque	1	4
Total	9	15	

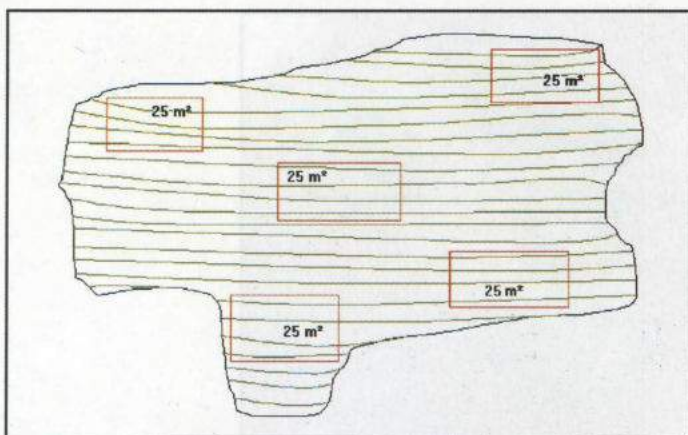


Figura 2. Distribución aproximada de las áreas de muestreo en un lote.

Luego de esta selección se procedió a pesar cada una de las muestras. Los datos obtenidos se tabularon y se hicieron análisis por porcentaje y cantidad de pérdidas, análisis de varianza por SAS, prueba de Duncan al 5% y análisis de correlación de cada una de las variables.

Identificación y cuantificación de los daños de papa

Producción Total de Papa (PTP, kg/ha):

$$PTP = \frac{(\text{papa cosechada} + \text{papa sin cosechar}) \text{ kg}}{(\text{área sembrada}) \text{ ha}}$$

Producción Total Perdida (PTPr, kg/ha): Corresponde a la papa que se queda en el lote después de la cosecha y puede ser papa sana y papa afectada por daños de plagas o enfermedades, o daños de tipo mecánico y/o fisiológico:

$$PTPr = \frac{(\text{papa sin cosechar}) \text{ kg}}{(\text{área sembrada}) \text{ ha}}$$

Se denomina Pérdidas por Daños por Plagas la papa afectada por insectos plaga como el gusano blanco (*Premnotypes vorax*), la chisa (*Ancognata scarabaeoides*), la polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*), el trozador (*Euxoa* sp.) y el espartillo (Figura 3).

Daños por Enfermedades: corresponden a los tubérculos que presentan pudriciones causadas por hongos que afectan la calidad del producto en el momento de la cosecha.

Daños Mecánicos: corresponden a los daños ocasionados al tubérculo por los azadones o por la máquina cosechadora (Figura 4).

Daños Fisiológicos: son los causados por la exposición de tubérculos a la luz, provocándoles verdeamiento y aumento de los niveles de solanina.



*Figura 3. Causantes de daño por plagas:
a. Chisa y b. Trozador.*

RESULTADOS DEL ESTUDIO

Los datos correspondientes a daños y pérdidas durante la cosecha se presentan en la Tabla 2.

Se muestran los resultados promedio de todas las evaluaciones de las pérdidas por papa sin cosechar para las tres variedades. Independientemente del valor de la producción por hectárea, se observa que el mayor porcentaje de las pérdidas corresponde a papa sana.

En el caso de la variedad criolla, la producción total de papa cosechada en los lotes evaluados fue de 17.755 kg/ha, de los cuales 16.216 kg/ha (91,33%) se comercializaron y los 1.539 kg/ha corresponden al total de papa perdida y representan 8,67% del total de la producción (Tabla 3). De éstos, 74,2% de las pérdidas totales equivalen a papa sana no recolectada, 11,3% pertenecen a daños fisiológicos, 8,7% de los daños son aportados por tubérculos con daños mecánicos y la menor incidencia se presentó por efecto de las plagas, con 5,78%.



Figura 4. Causantes de daño mecánico:
 a. Azadones y
 b. Máquina cosechadora.

Tabla 2. Clasificación y cuantificación de las pérdidas de las tres variedades

Tipo de pérdidas	Criolla		Capiro o R-12				Parda Pastusa	
	kg	%	Mecánico kg	%	Manual kg	%	kg	%
Papa sana sin cosechar	1.142	74,20	1.020	62,77	2.070	67,65	1.836	71,72
Papa con daño de plagas	89	5,78	50	3,07	65	2,12	80	3,12
Papa con daño fisiológico	174	11,30	200	12,31	110	3,59	103	4,02
Papa con daño mecánico	134	8,70	240	14,77	390	12,75	310	12,01
Papa con daño de enfermedades	0	0	115	7,07	425	13,90	230	8,98
Total de pérdidas	1.539	100,0	1.625	100,0	3.060	100,0	2.560	100,0



Tabla 3. Cuantificación de daños y pérdidas durante la cosecha de papa Criolla, Capiro y Parda Pastusa

Detalle	Variedad Criolla		Variedad Capiro-R12		Variedad Parda Pastusa	
	kg/ha	%	Sistema mecánico kg/ha	Sistema manual kg/ha	Kg/ha	%
Producción total de papa, kg/ha	17.755	100,00	28.822	29.075	18.534	100,00
Producción de papa comercial, kg/ha	16.216	91,33	27.197	26.015	15.974	86,18
Pérdidas totales, kg/ha	1.539	8,67	1.625	3.060	2.560	13,81
Papa gruesa	612	3,45	320	820	501	2,70
Papa pareja	198	1,12	365	765	596	3,22
Papa rica	332	1,87	335	485	739	3,99
Total papa sana perdida	1.142	6,43	1.020	2.070	1.836	9,90
Polilla (<i>Tecia solanivora</i>)	36	0,20	15	0	0	0,00
Chisa (<i>Ancognata scarabaeoides</i>)	49	0,28	0	65	23	0,12
Espartillo	4	0,02	0	0	0	0,00
Trozador (<i>Euxoa</i> sp.)	0	0,00	35	0	0	0,00
Gusano blanco (<i>Premnotrypes vorax</i>)	0	0,00	0	0	57	0,31
Total papa perdida con daño de plagas	89	0,50	50	65	80	0,43
Producción con daño fisiológico	174	0,98	200	110	103	0,56
Producción con daño mecánico	134	0,75	240	390	310	1,67
Producción con enfermedades	0	0,00	115	425	230	1,24
Total papa sin cosechar con daño y enfermedades	308	1,73	555	925	643	3,47

En cuanto a la variedad Parda Pastusa, el total de papa cosechada en la zona fue de 18.534 kg/ha, de los cuales 15.974 kg/ha corresponde a papa comercializada (86,18%). Al hacer el análisis de las pérdidas de papa presentadas en esta variedad, se tiene que los tubérculos sanos no recolectados ascienden a 71,7% del total. En orden de importancia, las pérdidas por daño mecánico fueron de 12,0%, por enfermedades 8,98%, por daño fisiológico 4,02% y en una proporción muy baja se encuentra el daño causado por plagas, con apenas 3,12%.

La otra variedad incluida fue la Capiro o R-12, en la que se encontraron dos sistemas de cosecha: mecánico y manual.

En la cosecha mecánica, el total de papa cosechada fue de 28.822 kg/ha, de los cuales 27.197 kg (94,36%) fueron comercializados y los 1.625 kg restantes (5,64%) correspondieron al total de papa perdida. Como se puede observar, en este sistema se presenta una menor incidencia de pérdidas durante la recolección. Del total de pérdidas, 62,77% corresponde a papa sana sin cosechar, seguido en participación por los daños mecánicos con un aporte de 14,77% del total, 12,31% de los daños fueron fisiológicos, 7,07% estuvo afectado por daño de enfermedades y finalmente tan solo 3,07% el daño provocado por plagas.

Manualmente se cosecharon 29.075 kg/ha, de los cuales 26.015 kg (89,48%) fueron comercializados y 3.060 kg (10,52%) se establecen como papa total perdida. En este caso la papa sana sin cosechar ascendió a 67,6% del total, mientras que 13,9% fueron tubérculos afectados por enfermedades, 12,7% por daño mecánico, 3,6% por daño fisiológico y la pérdida más baja se presentó por daño de plagas, con 2,1%.

Las pérdidas producidas por ataque de plagas se encontraron en menor porcentaje en todas las variedades estudiadas, una posible razón de este resultado es el efecto climático, ya que para el período en cuestión se presentó un invierno prolongado.

Las pérdidas en forma detallada se presentan en la Tabla 3. Como se observa en ella, para la papa sana que se queda en el lote no hay diferencias entre papa gruesa, pareja y riche, lo cual permitiría deducir que no existe una tendencia predeterminada por parte de los obreros recolectores, sino que ellos dejan el tubérculo por razones no establecidas, principalmente por el sistema de pago a destajo, que los lleva a recolectar la mayor cantidad de bultos en el menor tiempo.

Lo anterior se corrobora al analizar que la papa dañada por plagas, enfermedades, problemas fisiológicos o cortes presentan niveles muy bajos, estimándose que no hay una clasificación durante la cosecha. El daño por plagas y enfermedades refleja la presencia de estos patógenos en los lotes evaluados. Como se observa en la Tabla 3, la polilla apareció con mayor incidencia en la papa criolla; las plagas más comunes para las tres variedades fueron la chisa y el gusano blanco; éste apareció con mayor incidencia en la Parda Pastusa.

El daño fisiológico aparece con alguna importancia (0,38 a 0,98%) en las tres variedades, y es interesante hacer notar que el daño mecánico fue mayor en la papa Capiro cosechada manualmente (1,34% de la producción) que en la cosechada con máquina. En la comparación de la cosecha manual y mecánica es necesario resaltar que las diferencias en producción son poco significativas (28.822 contra 29.075 kg/ha), pero las diferencias en las pérdidas sí son altamente significativas: 5,64% de la producción total en el sistema mecánico y 10,52% en el sistema manual.

En la mayoría de ocasiones, estos residuos o esta papa no cosechada es recolectada posteriormente, generalmente por personas de bajos recursos de la zona, los cuales la emplean para alimentación humana y animal.

En cuanto a las pérdidas económicas, teniendo en cuenta tan solo la papa sana sin cosechar, en el caso de la variedad Criolla, se encontraron unas pérdidas promedio de 1.142 kilogramos por hectárea, es decir, 9,36 cargas, las cuales en precios de agosto y septiembre de 1999 (\$ 30.000/carga) representaron un valor de \$274.080.



En la variedad Capiro o R-12, el precio de compra es el mismo para los dos sistemas de recolección (mecánico y manual). Para la fecha del estudio (octubre de 1999) el precio de venta por carga fue de \$20.000; por tanto, las pérdidas en el sistema manual fueron de 16,56 cargas, que representan \$331.200. Las pérdidas en el sistema mecánico fueron de 8,16 cargas, con este precio de venta representan \$163.200.

Para el caso de Parda Pastusa, las pérdidas en papa sana ascendieron a 1.836 kg/ha, para un total de 14,69 cargas, que en precios de septiembre a octubre de 1999 (\$25.000/carga) sumaron \$367.200.

Sin embargo, los anteriores datos son solo un indicativo de cuánto se está perdiendo, pero para saber cuánto se podría recuperar es necesario hacer estudios más detallados para determinar los costos de la recolección de los remanentes en el campo.

CONCLUSIONES

La variedad en la que se presentaron mayores pérdidas fue la Parda Pastusa con 13,81% de la producción total, seguida de la Capiro sistema manual con 10,52%. Las menores pérdidas se encontraron en la Capiro sistema mecánico con 5,64% del total.

Al observar la producción total perdida, se ve claramente que la mayor participación de las pérdidas es por papa sana sin cosechar, la cual en la totalidad de los casos fue superior a 62,0%. Una de las razones para explicar este resultado es la situación de mercado del producto al momento del estudio (segundo semestre de 1999), ya que para esta época los precios de venta fueron muy bajos y en muchos casos no cubrieron los costos, razón por la cual mucho producto no se cosechó.

Teniendo en cuenta tan solo la papa sana que no fue cosechada, las pérdidas oscilaron entre 8,16 y 16,56 cargas por hectárea; estos extremos se presentaron en la variedad Capiro en los sistemas mecánico y manual, respectivamente.

Desde el punto de vista económico, las pérdidas oscilaron entre \$163.200 y \$367.200 en pesos de 1999, en las variedades Capiro (sistema mecánico) y Parda Pastusa, respectivamente.

RECOMENDACIONES

Es necesario hacer este mismo tipo de estudio en todas las zonas productoras de papa del país y durante varios periodos, para conocer de manera más precisa la incidencia de las pérdidas y realizar una comparación entre las distintas regiones y así desarrollar investigaciones enfocadas a establecer correctivos o usos alternativos de las pérdidas de papa durante la cosecha.

Se debe trabajar en programas de alimentación animal que ofrezcan a los productores alternativas de uso de los residuos de cosecha, lo cual dará un valor agregado a los volúmenes de papa perdidos durante la cosecha, contribuirá en la consecución de materias primas económicas y, además, al eliminar estos residuos de los lotes se evitan focos de infestación y contaminación.

BIBLIOGRAFÍA

- ARCILA, G. BELÉN. 1996. *Evaluación y cuantificación de daños y pérdidas de papa en precosecha y cosecha en la zona productora de Nariño*. Revista Fedepapa No. 15. Bogotá.
- McRAE, C. DOUGLAS. 1998. *Potato damage during harvesting*. Crop Production. UK.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1998. *Anuario estadístico del sector agropecuario y pesquero*. Santafé de Bogotá.
- MURCIA C. GILBERTO. 1999. *Conservación de suelos de ladera bajo el sistema de producción papa (*Solanum tuberosum*)*. Artículo técnico. Programa Nacional de Maquinaria Agrícola y Poscosecha. Corpoica, Tibaitatá.

BIBLIOTECA AGROPECUARIA

Almacenamiento de papa para consumo directo e industrial

Gonzalo Alfredo Rodríguez Borray¹

INTRODUCCIÓN

La papa es el producto agrícola de mayor ponderación en la canasta de bienes alimenticios de la población colombiana y uno de los productos de mayor crecimiento en industrialización durante los últimos años. Sin embargo, el mercado de la papa está caracterizado por fuertes oscilaciones de precios debido a factores estacionales y cíclicos de su oferta.

En primer término se presentan variaciones estacionales en la producción de papa a lo largo del año, con dos cosechas bien definidas; en el primer semestre se obtiene la cosecha de "mitaca", entre los meses de diciembre a febrero y durante el segundo semestre la cosecha principal, de junio a septiembre. Los periodos de siembra y cosecha están definidos por factores climatológicos como la lluvia y las heladas, de tal forma que los productores buscan sembrar al comienzo de las lluvias, para favorecer el desarrollo del cultivo y evitar tener cultivos (en etapas tempranas de desarrollo) durante la época de heladas, la cual se presenta regularmente entre diciembre y enero. Ante una demanda constante por este tubérculo y las oscilaciones de la oferta, los precios varían, presentándose picos máximos en abril y mayo y valores mínimos en octubre y noviembre.

Por otro lado, se presentan variaciones cíclicas en la oferta y en los precios, debido a aspectos más complejos que están relacionados con factores climatológicos de carácter cíclico y factores de mercado. Dentro de los climatológicos de carácter cíclico se puede destacar la alternancia de largos periodos de lluvia y de sequía, como el Fenómeno del Pacífico, que involucra años de lluvia abundante, con un incremento apreciable en la productividad del cultivo y años con escasez de lluvia, con prolongados períodos secos, que favorecen la presencia de plagas y disminuyen la productividad. Desde el punto de vista del mercado, la presencia prolongada de una

1 Economista Agrario, Ingeniero Agrónomo y Magíster en Economía. Actualmente Investigador Adjunto del Programa Nacional de Maquinaria Agrícola y Poscosecha de CORPOICA. C.I. Tibaitatá, km 14 vía a Mosquera (Cundinamarca). Telefax 3443128. E-mail: grodriguez@corpoica.org.co.

alta oferta con precios bajos, hace que muchos productores decidan no sembrar o disminuyan significativamente sus áreas de siembra y los cuidados al cultivo, lo cual se refleja posteriormente en una baja de la oferta general del producto y en un incremento apreciable del precio, tradicionalmente conocido como período de "bonanza". Ante esta situación de precios altos, nuevamente los agricultores se ven interesados en ampliar la superficie de cultivo de papa y en obtener una alta productividad, generándose el incremento de la oferta y nuevamente la caída de los precios, repitiéndose el ciclo una vez más.

Debido a los anteriores factores de oscilación de la oferta y de los precios, en diversas oportunidades se ha planteado la necesidad de desarrollar sistemas de almacenamiento que permitan conservar la papa en buenas condiciones durante cuatro o cinco meses y así regular la oferta y disminuir la oscilación de precios a lo largo del año. Como es obvio, la actividad de almacenamiento será rentable económicamente siempre que los costos unitarios incurridos en el almacenamiento sean inferiores a la diferencia esperada de precios entre el período de cosecha (inicio de almacenaje) y el período de escasez (final del almacenaje).

También debe tenerse en cuenta que los precios no son predecibles fácilmente por la deficiencia en los sistemas de información de mercado de la papa y por la naturaleza misma de los cambios climatológicos, lo cual, en conjunto, involucra un alto riesgo de no obtener la rentabilidad esperada luego del almacenamiento. Este aspecto hace necesario que los sistemas de almacenamiento a implementar, además de ser eficientes técnicamente para conservar el producto en condiciones aceptables por el consumidor directo e industrial, sean de bajo costo de inversión y operación y sean lo suficientemente flexibles para adecuarlos en el momento en que se vislumbre la expectativa de obtener un mayor margen de ganancia al desarrollar el almacenamiento de la papa.

ASPECTOS TÉCNICOS DEL ALMACENAMIENTO

Desde el punto de vista técnico, el almacenamiento es una operación que tiende a resolver el problema de conservar la papa en buenas condiciones para su posterior consumo directo o industrial, en épocas de baja oferta del producto en el mercado.

Fisiología de la papa en poscosecha

Los cambios fisiológicos que ocurren en la papa durante el almacenamiento están influidos por factores como la variedad, la madurez de los tubérculos, la duración del almacenamiento y las condiciones ambientales del almacén.

Dormancia

Cada variedad tiene un estado de dormancia, durante el cual las yemas permanecen en estado latente. Una vez pasado el período de dormancia las yemas comienzan a brotar y a crecer de manera continua.

Suberización

La suberización es un proceso fisiológico que consiste en la cicatrización de heridas o lesiones causadas al tubérculo durante la cosecha, mediante la formación de una capa de células corchosas sobre las lesiones. Una suberización rápida tiene la ventaja que impide la penetración



de microorganismos que generan pudriciones. La suberización no se provoca a temperaturas inferiores a 12°C y es lenta e incompleta cuando la humedad relativa es inferior a 75%. Según las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa, el proceso puede demorar entre 1 y 3 semanas después de la cosecha. Cuando la proporción de tubérculos afectados por pudrición es baja, se deben crear condiciones ambientales para una suberización rápida; en cambio, si la proporción de tubérculos dañados por pudrición es alta, no conviene provocarla sino más bien enviar la papa a cuartos fríos o destinarla para un pronto consumo.

Transpiración

La transpiración de los tubérculos se provoca por la circulación del aire, que tiende a nivelar el contenido de humedad del ambiente con el contenido de humedad del tubérculo, generándose flujos de agua hacia el ambiente, por evaporación de agua presente en los tubérculos. De esta forma, la transpiración es favorecida cuando se almacena papa en condiciones de baja humedad relativa.

Respiración

La respiración es un proceso fisiológico que consiste en la combinación del almidón y los azúcares del tubérculo con el oxígeno del aire, provocándose la eliminación de agua y gas carbónico; por esto la respiración es un proceso vital del tubérculo, que contribuye a su deshidratación. La respiración alcanza su máximo nivel inmediatamente después de la cosecha. Su ritmo tiende a aumentar en la medida en que aumenta la temperatura de almacenamiento, siendo más acentuado en los tubérculos inmaduros que en los maduros y mayor en los que presentan heridas o cortes que en los sanos. Aun cuando la respiración de los tubérculos se reduce al bajar la temperatura, éstos siguen emitiendo calor, que aumenta cerca de 0,5°C por día, cuando el ambiente es de 10°C y de 0,3°C si el ambiente es de 4°C. Este aspecto es importante de tener en cuenta, pues en el almacenamiento la papa que tenga acumulación de tierra y de restos orgánicos, la circulación de aire será menor y ocurrirá entonces una elevación de la temperatura. La mayor temperatura del almacén provoca el incremento de la tasa de respiración y en un ambiente mal ventilado y escaso en oxígeno provoca la formación del corazón negro, que es el primer paso a la pudrición del tubérculo y al deterioro de los brotes.

En conjunto, la deshidratación causada por los procesos de transpiración y de respiración se traduce en pérdida de peso del tubérculo durante su almacenamiento.

Verdeamiento

Este proceso consiste en la acumulación de solanina en los tubérculos, el cual generalmente es inducido por la presencia de luz durante el almacenamiento. En la papa para consumo, el verdeamiento es indeseable pues además de deteriorar el aspecto y el sabor de los tubérculos, la solanina constituye un agente antinutricional para el consumo humano y animal, por su carácter tóxico.

Cambios químicos

Los cambios químicos más importantes que ocurren en los tubérculos de papa durante su almacenamiento están relacionados con la conversión de almidón en azúcares y la oxidación de

éstos por respiración. Entre 10 y 15°C la reacción es reversible (almidón-azúcar-almidón). A más bajas temperaturas, la conversión del almidón en azúcar aumenta y ésta queda almacenada en el tubérculo. A temperatura cercana a 8°C, el aumento de azúcar es lento pero aumenta rápidamente si baja la temperatura.

Condiciones de la papa que se va a almacenar

Para almacenar papa para consumo se debe partir de ciertas condiciones iniciales, específicas de los tubérculos, que permitan conservarla en buenas condiciones. Dentro de estas condiciones se deben tener en cuenta las siguientes:

- Las variedades de papa presentan características diferentes en su fisiología de poscosecha; por tanto, se debe procurar no mezclarlas en el almacenamiento.
- La papa que se va a almacenar debe haber alcanzado su madurez fisiológica, punto que se logra cuando los tubérculos presentan el más alto contenido de materia seca y el mínimo contenido de azúcares. Esto es importante especialmente para el procesamiento industrial, que busca una materia prima con altos niveles de materia seca y muy bajos contenidos de azúcar.
- Antes de iniciar el almacenamiento se debe lograr la suberización de los tubérculos, es decir, la cicatrización de heridas o lesiones causadas al tubérculo durante la cosecha. Una adecuada suberización se logra manteniendo los tubérculos a temperatura de 15 grados centígrados y humedad relativa de 90% durante quince días; con esto se induce la formación de una capa de células corchosas sobre las lesiones, que impide la penetración de microorganismos que generan pudriciones.
- La papa cortada o fuertemente lesionada durante la cosecha debe ser eliminada y utilizada para otros fines, como por ejemplo la alimentación animal, pues al almacenarla de esta forma se convierte en un foco para la propagación de pudriciones.
- La superficie de los tubérculos debe estar limpia y seca, pues si está húmeda y con bastante tierra adherida a su piel dificulta la aireación y favorece la proliferación de microorganismos causantes de pudrición.
- Debe evitarse el almacenamiento de papas deformes o atacadas por plagas, como el gusano blanco, la polilla guatemalteca y el espartillo.
- Con el fin de facilitar el manejo uniforme y un monitoreo permanente de las condiciones de calidad de los tubérculos, antes de almacenar la papa se debe clasificar según el tamaño. En el caso del almacenamiento de papa para consumo industrial se debe hacer de acuerdo con su uso previsto, por ejemplo, separando las papas destinadas para *chips* y para papa a la francesa. En el primer caso se seleccionan papas parejas y en el segundo se prefieren las gruesas con alto contenido de materia seca.

Condiciones ambientales del almacén

La temperatura, la humedad relativa y la luz dentro de la bodega constituyen las variables ambientales más importantes para un adecuado almacenamiento de la papa.

Después de la etapa de suberización, la temperatura de almacenamiento debe bajarse rápidamente para lograr dos efectos simultáneos: reducir las tasas de transpiración y respiración y aminorar la actividad de los microorganismos que causan la pudrición, los cuales en conjunto se



reflejan en la disminución de las pérdidas de peso de los tubérculos almacenados y en el mantenimiento de la calidad de los mismos.

La humedad relativa óptima que requiere una bodega para almacenar papa para consumo es de 90%; valores más bajos favorecen la rápida deshidratación de los tubérculos, con apreciables pérdidas de peso y deterioro de la apariencia de la piel del tubérculo (arrugamiento); valores más altos pueden generar condensación de agua sobre los tubérculos, lo que aumenta la probabilidad de pudriciones.

Las temperaturas más adecuadas de almacenamiento de papa para consumo deben fluctuar entre 5 y 8°C cuando se realizan almacenamientos por dos a cuatro meses, y de 4 a 5°C cuando se almacena por más tiempo. Cabe anotar que temperaturas más altas provocan la rápida deshidratación y pérdida de peso del tubérculo, y temperaturas muy bajas favorecen la formación de azúcares o endulzamiento de la papa, disminuyendo la calidad del producto, especialmente de la destinada al consumo industrial, porque además de afectar su sabor, origina un oscurecimiento indeseable en las frituras.

En cualquier caso es necesario buscar condiciones de oscuridad con las cuales evitar la promoción de los procesos fisiológicos de brotación y verdeamiento de los tubérculos.

TIPOS DE ALMACENAMIENTO

Del anterior análisis se deduce que un adecuado almacenamiento para su posterior consumo directo o industrial debe reunir condiciones ambientales que permitan:

- minimizar la deshidratación de los tubérculos
- evitar las pudriciones
- evitar el ataque de plagas y microorganismos
- impedir la formación de azúcares
- evitar el verdeamiento
- retardar el desarrollo de brotes

Todas estas condiciones deben lograrse por medio de un manejo adecuado y de bajo costo, que permitan que el almacenamiento sea una operación rentable.

Entre los diferentes tipos de almacenamiento que se han probado en el país, con diversos resultados de aplicabilidad técnica y económica, están los siguientes:

Silos con ventilación natural

Son construcciones de almacenamiento bajo condiciones de oscuridad, que utilizan madera o ladrillo para las paredes, con recubrimiento de materiales termoaislantes (aislan la papa almacenada del calor del ambiente externo) como el tamo, la cascarilla de arroz o tierra, tejas de asbestocemento o de aluminio. En estos sistemas se acondicionan ventanas en las paredes y ductos o chimeneas en el techo, que permitan el intercambio de aire. Se coloca un piso falso en madera, con ductos para facilitar la ventilación por debajo. Generalmente estos se construyen para una capacidad de almacenamiento de 20 a 25 toneladas de papa, pensando en su uso por medianos y pequeños agricultores. Son económicos, tanto en su construcción como en su funcionamiento, ya que utilizan el aire frío de las noches para proporcionar una buena ventilación y no requieren del uso de ventiladores ni sistemas eléctricos o mecánicos. Este sistema natural de ventilación consiste en abrir las ventanas durante las horas de la noche y la madrugada, generalmente de 9 p.m. a 6

a.m. y mantenerlas cerradas el resto del día. Así, la papa almacenada queda aislada de las altas temperaturas del día y se propicia una adecuada ventilación durante la noche.

Los silos pueden ser subterráneos, semi-subterráneos o superficiales, aconsejándose el uso de estos últimos pues no requieren condiciones especiales de terreno y no tienen problemas de nivel freático que puedan causar daños a la papa almacenada.

Para facilitar el paso del aire y evitar daños en los tubérculos por aplastamiento, se aconseja una altura de almacenamiento de 1 a 1,2 metros, preferiblemente a granel o usando sacos de polipropileno.

Una experiencia con este tipo de almacenamiento se llevó a cabo en el municipio de Chocontá, Cundinamarca. Allí se construyó una ciudadela de 130 silos semisubterráneos, que consistieron en construcciones enterradas a 1,3 m de profundidad, con 6 m de ancho y 20 m de largo, con techos semiesféricos armados con tejas de asbesto-cemento, paredes de ladrillo de escoria y piso en tierra pisada, en donde se utilizaron plataformas de madera para depositar la papa. Como aislantes térmicos en el techo y en las paredes del silo se emplearon tierra y tamo de cebada. Para la ventilación se instalaron chimeneas en la parte superior y una ventana en madera de 1,2 m de ancho por 0,5 m de alto en la parte posterior del silo. Para el manejo de la papa se construyó una puerta en triplex de 1,5 m de ancho por 1,7 m de alto. La capacidad de almacenamiento de un silo de estas características es de 80 toneladas de papa. Cabe anotar que aunque su diseño fue adecuado para el almacenamiento de papa desde el punto de vista técnico, el inadecuado manejo financiero y administrativo de la ciudadela hizo inviable su operación por la falta de rentabilidad.

La principal exigencia del almacenamiento en silos semisubterráneos es que se construya en sitios con nivel freático bajo. Dado que en la Sabana de Bogotá y en la mayor parte de las zonas paperas se tiene un nivel freático alto, a 30-50 cm de la superficie del suelo, si se quiere construir este tipo de silos se debe buscar una colina o un terreno alto, con piso firme y seco y con buen drenaje y ventilación.

Para garantizar un buen almacenamiento en los silos con ventilación natural, el diseño, los materiales de construcción utilizados y el manejo de las ventanas deben mantener el interior del silo bien aislado térmicamente del exterior, con temperatura media de 11°C y humedad relativa media de 85%. Bajo estas condiciones se puede almacenar papa hasta por dos meses, sin el uso de antigerminantes, y con una pérdida de peso de 5%. Para periodos de almacenamiento superiores se requiere el uso de antigerminantes que inhiban el crecimiento de brotes. Experimentalmente se ha probado la utilización del Cloro IPC como antigerminante, lográndose el almacenamiento de la papa en buenas condiciones hasta por 7 meses, con pérdidas de peso menores a 10%.

Silos con ventilación forzada

Estas construcciones tienen las mismas características de los silos con ventilación natural, solo que en este caso se acondicionan sistemas de ventiladores mecánicos y conductos que provocan el paso de aire forzado del exterior al interior del silo.

Los sistemas de ventilación forzada más sencillos consisten en ventiladores movidos por motores eléctricos, diesel o gasolina, y ductos de diversos diámetros y materiales que conducen el aire forzado hacia el interior del silo y a través de los tubérculos almacenados. En estos casos el aire se toma directamente del exterior, en las horas de la noche y de la madrugada.

En regiones donde se presentan heladas o temperaturas muy bajas, inferiores a 4 grados centígrados, se recomienda el acondicionamiento de termostatos para regular el funcionamiento de los ventiladores de acuerdo con la temperatura externa al silo; así, si durante la noche o la



mañana se presentan temperaturas muy bajas, el sistema de ventilación se apaga, evitándose el daño de los tubérculos por congelamiento y formación de azúcares.

El sistema más sencillo y flexible de almacenamiento de papa a campo abierto y con ventilación forzada discontinua, fue evaluado por el CEGA para el almacenamiento de hasta 20 toneladas y consiste en un túnel rústico, armado de la siguiente manera:

Se nivela un terraplén de aproximadamente 80 metros cuadrados (10 x 8 m) con zanjas en las partes superiores, para evitar la entrada de agua de escorrentía. Sobre el terraplén se ponen aproximadamente 110 sacos de polipropileno (previamente lavados y secados) llenados hasta la mitad con gravilla y cocidos por las bocas, de tal forma que una vez extendida la gravilla dentro de los sacos se forma sobre el terraplén una capa de aproximadamente 20 cm de espesor, la cual sirve de piso del túnel de almacenamiento.

Una vez preparada la capa sobre el terraplén, se procede a tratar la papa sumergiendo los bultos durante un minuto en una solución, usando 100 centímetros cúbicos de cloro IPC como antigerminante, y 100 centímetros cúbicos del protectante Mertec, disueltos en 100 litros de agua por tonelada de papa.

Se hacen arrumes de 21 bultos cada uno, colocando en la hilera inferior del arrume 8 bultos, 7 en la siguiente, y 6 en la superior. Los bultos se colocan parados, ligeramente recostados hacia el centro del arrume. Finalmente, para dar estabilidad a la pila, se amarran los arrumes entre sí con zunchos de plástico. En los tres últimos arrumes se disminuye progresivamente el número de bultos por arrume, reduciéndolos a 18, 15 y 12 con el fin de darle forma de "cuello de botella" al extremo de la pila.

A continuación, en el extremo de la pila, se pone una manguera de succión de 14 pulgadas de diámetro, construida en caucho forzado con un espiral de alambre para darle estabilidad, y conectada a un ventilador. En el punto de contacto entre la manguera y el arrume se ponen los últimos bultos formando una cámara de succión. Posteriormente se procede a tapar el arrume con una lámina de polietileno negro de 10 metros de ancho por 15 metros de largo, con el fin de proteger la papa de la luz. En la parte inferior se aprisiona cuidadosamente el plástico contra la base, con el fin de evitar la entrada de aire y conformar el túnel de ventilación. En la parte trasera del arrume se deja suelta la lámina con el fin de permitir la entrada del aire. Posteriormente se acopla el equipo de ventilación y se pone en funcionamiento, haciendo que con la fuerte succión la lámina de polietileno se adhiera fuertemente al arrume de papa, taponando y corrigiendo así algunas entradas laterales del aire.

Sobre la lámina de polietileno, y cubriendo totalmente la pila de papa, se ponen sacos de polipropileno acostados y rellenos de tamo, unidos cuidadosamente formando un "colchón aislante térmico". Los costales con tamo se amarran con zuncho de plástico y encima del "colchón aislante" se coloca una segunda lámina de polipropileno de color blanco para proteger la pila de las lluvias y de la radiación solar. En la parte posterior de la pila se deja la puerta de la entrada del aire, acondicionándola de forma tal que durante las horas de ventilación forzada permanezca abierta y una vez terminada la ventilación se cierre. La papa en el túnel puede ser almacenada durante dos meses y medio, con pérdidas en peso de 4.6%, que se consideran bajas teniendo en cuenta que en el almacenamiento de papa es aceptable una pérdida de hasta 10%.

Algunos sistemas más complejos de ventilación forzada, como el evaluado en el páramo de Letras por la Federación de Cafeteros, incluyen la regulación de la humedad relativa del silo mediante sistemas de humectación. La humectación del aire, que entra al túnel por tiro forzado, se efectúa por atomización del agua; esto se hace con aire a presión y a través de 2 boquillas controladas por válvulas solenoides, las que al recibir la señal del termostato cierran o abren el paso del aire. Para mantener la presión en el interior de la tubería de conducción de aire, se instala

un compresor de aire en el exterior de la bodega. Adicionalmente, se humedece el aire por efecto de la evaporación del agua contenida en un tanque con capacidad para 500 litros. Todas las operaciones de funcionamiento de la bodega descritas hasta este punto se controlan mediante un sistema electrónico fabricado en el país; este sistema acciona las válvulas solenoides y los ventiladores, de acuerdo con las señales recibidas de termostatos e higrostatos ubicados en el interior de la bodega. Bajo estas condiciones, la papa puede ser almacenada hasta por 8 meses, sin cambiar significativamente sus características organolépticas.

Bodegas refrigeradas

El sistema de almacenamiento en frigorífico o refrigeración consiste en el control automatizado de las condiciones de temperatura, mediante la utilización de fuentes refrigerantes como el freón. Este sistema es recomendado para el almacenamiento a escala industrial y sus especificaciones y recomendaciones de implementación no son materia de análisis de este manual, el cual está dirigido a pequeños y medianos productores.

CONSIDERACIONES FINALES

Una de las principales razones del fracaso de los programas de almacenamiento de papa para consumo en fresco e industrial a gran escala, como el de la ciudadela de silos de Chocontá, parece ser la falta en el país de una "cultura de almacenamiento de papa", pues, de un lado, tanto los comercializadores como los consumidores prefieren adquirir papa fresca y reconocen y castigan con precios bajos la papa que ha sido almacenada durante largos períodos y que presenta síntomas de deshidratación (arrugamiento de la piel) y/o brotación de los tubérculos (puntos blancos sobre la piel). De otro lado, los productores de papa no tienen la tradición de almacenar e incurrir en costos adicionales de bodegaje, y prefieren disponer de liquidez inmediata después de la cosecha para atender sus compromisos de crédito y los requerimientos de inversión del siguiente ciclo de cultivo.

Desde el punto de vista financiero no se ha podido comprobar la factibilidad de los programas de almacenamiento de papa para consumo en el país, pues si bien estacionalmente se presentan oscilaciones de los precios en el mercado, el almacenamiento conlleva un incremento de los costos del producto y presiona la baja relativa de los precios, lo cual en últimas puede no resultar rentable para el productor. En este sentido se afirma, por ejemplo, que mientras el almacenamiento implica un incremento de 30% en el costo del producto, la diferencia de precios entre épocas de abundancia y escasez, dentro de un mismo año, generalmente solo llega a 20%, lo cual implicaría una pérdida neta para el productor.

Las variaciones cíclicas de los precios resultan en incrementos de 500% y más entre los períodos de precios bajos y altos, lo cual justificaría plenamente el almacenamiento; sin embargo, tales situaciones son coyunturales y, por tanto, no permiten una plena y permanente utilización de las inversiones fijas en infraestructura para el almacenamiento a gran escala. Por lo anterior, sistemas más flexibles de almacenamiento y de bajo costo de inversión y operación permitirían responder oportunamente y en forma rentable a tales situaciones. En este sentido, la experiencia de almacenamiento en pequeña escala, a campo abierto y con ventilación forzada, parece ser la más apropiada para que los productores puedan enfrentar las situaciones coyunturales de una baja drástica de los precios de la papa en el mercado.

Las condiciones de almacenamiento en los silos de Chocontá deben ser evaluadas técnicamente en la práctica y valorada su factibilidad económica, especialmente para el almacenamiento de papa con destino a la industria, lo cual permitiría un manejo a gran escala. Por ejemplo, si los



silos son apropiados técnicamente, se debe establecer la logística requerida para el manejo de la papa y el volumen mínimo de producto a almacenar para que el sistema sea rentable.

Otro sistema que debe ser evaluado a nivel industrial, con las variedades utilizadas y promisorias para procesamiento, es el almacenamiento en las condiciones de páramo, o bajo condiciones ambientales similares, pues los resultados técnicos de la experiencia son exitosos y su ubicación geográfica y la infraestructura de vías tienen ventajas económicas que debieran ser aprovechadas.

A nivel de pequeño y mediano productor se deben hacer investigaciones orientadas a adaptar y transferir sistemas flexibles y de bajo costo para el almacenamiento de papa en finca, que le permitan enfrentar las situaciones cíclicas de caída drástica en los precios en el mercado del tubérculo. En este sentido, sistemas como el almacenamiento en bodegas oscuras con ventilación natural, y el almacenamiento en campo abierto con ventilación forzada, como las expuestas en este documento, deben ser ajustados a las condiciones ambientales y socioeconómicas específicas de diferentes regiones productoras de papa en el país.

Por último, un aspecto que ha adquirido bastante relevancia en los últimos años se refiere a la necesidad de generar tecnologías e implementar medidas eficientes de control de la polilla guatemalteca en el almacenamiento de la papa, que es en la actualidad uno de los problemas prioritarios a resolver.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, ÁLVARO. 1976. *Diseño y construcción de dos bodegas experimentales para almacenamiento de papa*. ICA, Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería. Bogotá.
- ARÉVALO, J. 1969. *Comparación de dos sistemas de almacenamiento de papa*. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Bogotá.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. 1987. *Reunión técnica de la Red Latinoamericana de agroindustria de frutas tropicales*. Manizales. 39 p.
- IICA. 1999. *Acuerdo de competitividad de la cadena agroalimentaria de la papa*. Colección Documentos IICA, Serie Competitividad No. 14. Tercer Mundo Editores, Bogotá, D.C.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLÓGICAS. 1963. *Construcción y operación de un silo semisubterráneo con capacidad para 80 toneladas de papa*. Bogotá.
- LÓPEZ, EMÉRAMO. 1995. *Producción, mercadeo e industrialización de la papa en Colombia*. Fedepapa. Bogotá.
- MONROY, JAIME Y CAICEDO, FRANCISCO. 1979. *Comparación de tres sistemas de almacenamiento de papa*. ICA, Tibaitatá. Mosquera.
- MORA, EDILBERTO. 1985. *Almacenamiento de papa a nivel de pequeño productor en el área central de Boyacá*. Tesis de Agronomía. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja.
- PINTO, REYNALDO. 1981. *Ensayos sobre almacenamiento de papa en silos rústicos con ventilación natural*. ICA, Tibaitatá. Mosquera.
- PINTO, R. Y RODRIGUEZ A. 1983. *Almacenamiento de papa de consumo a nivel de agricultor*. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, Tibaitatá. Mosquera. 45 p.
- REVISTA CONSTRUCCIÓN COLOMBIANA. 1966. *Una moderna ciudadela de silos para almacenar papa*. Bogotá.

- SIABATO, TARCISIO. 1985. *Regulación del mercado de papa mediante almacenamiento*. En: Revista Coyuntura Agropecuaria. Tercer Trimestre de 1985. CEGA. Bogotá. pp 131-142.
- SIABATO, TARCISIO. 1996. *Almacenamiento de papa a campo abierto con ventilación forzada discontinua*. En: Revista Coyuntura Agropecuaria. CEGA, Bogotá. pp 39-54.
- SILVA, ÁLVARO. 1976. *Evaluation of food market. Reforma de Corabastos*. Bogotá.

Internet:

- www.DrLandry'sResearch. Postharvest Quality Management of Potato Following Systems Approach. Julio de 2000.
- www.BasicAmericanFoods. Potato Storage and Processing. Julio de 2000.

Fernando Cantón R.
Jefe del C. Curvitas R.

INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se exponen algunas orientaciones metodológicas y conclusiones relacionadas con la aplicación de la técnica de la oferta de la papa para consumo y procesamiento como la papa. Las orientaciones se refieren a la papa para consumo y procesamiento de semillas. De igual manera se exponen algunas orientaciones metodológicas para mejorar la rentabilidad y competitividad de este cultivo.

ASPECTOS METODOLÓGICOS PARA EL ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CULTIVO DE LA PAPA

Dentro de este componente se consideran los costos, insumos y rentas relacionados con la actividad productiva, para tanto los componentes de insumos, costos y sus respectivos valores respectivos. Se realiza el procedimiento para la obtención de la información, el tipo de datos para diligenciar la información de costos y rentas, algunas orientaciones para el análisis de los sistemas de control y se discute cómo calcular los beneficios y la rentabilidad de los principales sistemas de producción de papa.

Se incluye, igualmente, algunas orientaciones para el mejoramiento de la oferta productiva de los sistemas de producción locales de Colombia.

1. Coordinador (E) Programa Nacional de Estudios Socioeconómicos de la papa - Toluca.
2. Investigador del Programa Nacional de Estudios Socioeconómicos de la papa - Toluca.

Orientaciones metodológicas para el análisis económico del cultivo de la papa

Fernando Cardozo P.¹
José del C. Carranza R.²

INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se exponen algunas orientaciones metodológicas y conceptuales relacionadas con la aplicación práctica de la teoría de los costos de producción a una especie de importancia económica como la papa. Las orientaciones se refieren a la papa para consumo y para la producción de semilla. De igual manera se señalan las principales alternativas tecnológicas para mejorar la rentabilidad y competitividad de este cultivo.

ASPECTOS METODOLÓGICOS PARA EL ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CULTIVO DE LA PAPA

Dentro de este componente se consideran los costos, beneficios y retornos relacionados con la actividad productiva, para lo cual es conveniente adelantar los análisis conceptuales y sus estructuras respectivas. Se señala el procedimiento para la obtención de la información, el tipo de formato para diligenciar la información de costos y mediante ejemplos se ilustra el análisis de las estructuras de costos y se discute cómo calcular los beneficios y la rentabilidad de los principales sistemas de producción de papa.

Se incluyen, igualmente, algunas alternativas pertinentes para el mejoramiento de la eficiencia productiva de los sistemas de producción modales de Colombia.

1 Coordinador (E) Programa Nacional de Estudios Socioeconómicos de Corpoica. Tibaitatá.
2 Investigador del Programa Nacional de Estudios Socioeconómicos de Corpoica. Tibaitatá.

CONCEPTOS BÁSICOS PARA EL ANÁLISIS ECONÓMICO

- **¿Qué son los costos de producción?** Los costos de producción en cualquier actividad representan los pagos que el productor hace por el uso de los factores productivos: tierra, trabajo, capital, tecnología y administración. Para establecerlos es necesario llevar registros detallados de todas las actividades desarrolladas y sus costos respectivos, tanto del recurso humano como de la maquinaria y los insumos utilizados.
- **¿Cuál es la utilidad de los costos de producción?** Son múltiples los usos de los costos de producción de cualquier actividad productiva de una empresa agropecuaria. Entre las principales aplicaciones donde son útiles los costos de producción se pueden mencionar:
 - Elaboración de presupuestos para priorizar y definir alternativas de acción.
 - En el control de los gastos de la empresa por línea de producción o producto.
 - En el establecimiento de cálculos económicos en cada actividad productiva.
 - En la estructuración y análisis del estado de pérdidas y ganancias.
 - En el aporte de información para solicitudes de créditos y cálculos de tributación.
 - En el análisis de los productos y de las empresas, donde se toman los costos como indicadores comparativos de competitividad.
 - En los estudios de investigación de mercados, y de referencia competitiva.
- **¿Cómo se clasifican los costos de producción?** Existen dos grupos de costos de producción:

El **primer grupo** está relacionado con aquellos costos que varían en el corto plazo de acuerdo con el tamaño de la empresa o los volúmenes que se desean obtener. En consecuencia, reciben diversas denominaciones: costos variables, directos, explícitos, asignables, evitables, etc. A este grupo pertenecen todos los costos que implican pagos en dinero o en especie, por concepto de insumos, mano de obra, alimentos y droga para animales, transporte de insumos, servicios personales o de maquinaria y equipos.

Estos costos tienen tres características a saber: a) son atribuibles o asignables a determinada línea de producción de la finca, b) varían con los cambios de tamaño o escala realizados en la empresa y c) determinan los niveles producidos.

Algunos costos variables, como los factores de producción que se encuentran en la finca, no causan desembolso de dinero; con ellos el productor tiene dos alternativas: utilizarlos o venderlos a precios del mercado. Estos costos se denominan de oportunidad y se deben asumir al seleccionar cualquier alternativa de producción y al asignar los factores para su ejecución. Como ejemplos se pueden citar las semillas de la finca; granos, residuos de cosecha y forrajes para alimentación de animales, mano de obra familiar. Estos factores tienen un valor que habría que pagar para adquirirlos, en caso de no poseerlos.

El **segundo** se refiere a los componentes de costos que se ocasionan aunque no se realice ningún proceso productivo. Estos no varían en el corto plazo proporcionalmente con los niveles de producción o ajustes de la empresa y no pueden ser distribuidos en determinadas actividades. La denominación tiene correlación con los costos anteriores, así: fijos, indirectos, implícitos, generales, inevitables, etc. Como ejemplo de estos costos se pueden mencionar los referentes al personal fijo en la finca, los impuestos prediales, los servicios (agua, luz, teléfono), las depreciaciones, seguros, arriendos, intereses, etc.

¿Cómo se establecen los costos? Es necesario definir el procedimiento para la toma de información y registrar las actividades para la producción que se lleven a cabo, tanto técnicas como operativas, y el costo de los factores asociados con tales actividades. Para ello se elabora un plan



para la toma de información y se diseñan las matrices o cuadros independientes, con denominaciones específicas de cada uno de los componentes de la estructura, donde se consignan los rubros de gastos.

Estos aspectos se explicarán más adelante, pero antes precisemos algunos aspectos conceptuales.

COSTOS DE PRODUCCIÓN Y COSTOS DE TRANSACCIÓN

En el análisis de los costos se debe distinguir entre costos de producción y costos de transacción. Los **costos de producción** son aquellos directamente imputables a la transformación física de un bien o servicio para su producción e intercambio. En cambio, los **costos de transacción son aquellos que se generan más allá de la producción**. El concepto de costos de transacción incluye los términos de intercambio, cuando dos o más partes están haciendo negocios, así como los costos de asegurar que las partes cumplan el contrato. Los costos de transacción se pueden clasificar en: costos de regateo o costo de negociar; costos de información (mercados, predicción de precios) y costos de monitoreo y control.

En un extenso estudio sobre cadenas agroalimentarias, Baquero *et al* (1997) encontraron que la producción de papa fresca que está conectada a los mercados regionales y al gran mercado de libre competencia se caracteriza por altos costos de transacción para el productor, expresados en costos de tiempo e información en que se incurre para la búsqueda y selección de compradores. En algunas zonas productoras de Boyacá el productor incurre en costos de tiempo y transporte para llevar muestras a sus clientes potenciales en el mercado local, para precios, volúmenes y formas de pago.

COSTOS DE PRODUCCIÓN Y COSTOS DE OPORTUNIDAD

A menudo se presenta la confusión de si en la estimación de los costos de producción de un producto agrícola como la papa se deben considerar los costos de oportunidad. Ante todo tratemos de entender primero qué significan los costos de oportunidad. En economía, el costo de oportunidad se entiende como una medida del valor que se le asigna al sacrificio de una oportunidad alternativa. El criterio que se debe seguir es que el costo de uso de cualquier recurso no es nunca menor que su más valiosa oportunidad de uso. Si algún recurso productivo se utiliza en forma que su rendimiento sea menor que el valor máximo alternativo o "valor de oportunidad", dicha utilización no cubrirá el costo (Lopera *et al*, 1986).

Costo de oportunidad de la mano de obra

El costo de oportunidad de un factor de producción se hace explícito en la medida en que las alternativas de uso en el mercado existan realmente. Si un pequeño productor de papa no tiene en el mercado otras alternativas para emplearse que en su propio cultivo, quiere decir que el costo de oportunidad de esa mano de obra es cero. Cuando la mano de obra es contratada, el costo de oportunidad se determina por el salario prevaleciente en la zona.

Sin embargo, el nivel de ocupación puede variar en forma estacional, por lo cual el costo de oportunidad de la mano de obra cambiará para un periodo dado. Si asumimos que para el cultivo de la papa las épocas de mayor demanda de la mano de obra son, por ejemplo, las de siembra,

aplicación de fertilizante y recolección, la probabilidad de ocupación tenderá a ser mayor que en el resto de labores, por lo cual el costo de oportunidad también será mayor para dichas labores. Todo dependerá de cuántas oportunidades reales existan para el uso de esa mano de obra.

Costo de oportunidad del capital

Si un agricultor dispone de suficiente capital para gastos de operación en insumos variables para la producción agrícola, el costo de oportunidad de este capital es la tasa de rendimiento (interés), la cual se estima a partir de la tasa de prestar este capital a terceros o la tasa que obtendría en actividades alternativas (producir maíz o frijol en vez de invertir en papa). En ambos casos los niveles de riesgo deben ser comparables o similares.

Costo de oportunidad de la tierra

La tierra es uno de los factores de producción agropecuaria que más controversia ha generado entre distintas escuelas económicas, en cuanto si su precio o renta que genera hace parte de los costos de producción.

Todo terreno incorporado a la frontera agrícola de un sistema económico está en capacidad potencial de generar una renta a su propietario, por lo cual puede decirse que tiene un "costo de oportunidad", concepto que no debe ser confundido con el de costo de producción, pues el primero se refiere al ingreso que el propietario percibiría de la tierra al destinar ésta a otro uso alternativo factible (por ejemplo, tener un estanque piscícola en vez de sembrar papa). En términos generales, el mejor uso económico alternativo que tiene el propietario de un terreno frente a su explotación directa (que incluye dejarla en descanso), es cederla en arrendamiento (Balcázar, 1985).

¿Entonces, hasta dónde el costo de la tierra se considera una parte importante de los costos de producción?

En el estricto sentido económico, el arrendamiento no puede considerarse como un elemento constitutivo de los costos de producción en explotaciones agrícolas, ya que lo que afecta es la distribución del margen sobre costos de la explotación entre el empresario agrícola y el propietario de la tierra (Balcázar, op cit , 1985).

Para arrendatarios o aparceros el costo de la tierra es un costo real y efectivo. Hay regiones en donde el agricultor dueño de la tierra sí tiene la opción real de arrendar a otro productor o existe un activo mercado de tierras. En estos casos la tierra sí tiene un costo de oportunidad (Lopera, 1986).

Además de las anteriores consideraciones, los cambios institucionales y del entorno afectan el precio de la tierra para la producción agrícola. Hoy en día cobran importancia los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), las migraciones forzadas y las actividades especulativas de mayor renta pero de mayor riesgo.

ANÁLISIS DE PRECIOS

Dentro del sistema capitalista, los precios son los indicadores más importantes para la toma de decisiones de producción y de compra.

Para entender mejor la función de los precios, veamos primero algunas características de los mercados y las relaciones de precios. Los mercados pueden existir en tiempo, forma o espacio y las relaciones de precios son mantenidas a través del almacenamiento, el procesamiento y el transporte. Esas funciones de mercado añaden utilidad a los productos. De tiempo, mediante el almacenamiento; de forma, mediante el procesamiento y de lugar, mediante el transporte. Las relaciones de precio



entre esos mercados, bajo condiciones competitivas, son expresadas por la ley de un precio tal que bajo competencia todos los precios dentro de un mercado tienden al equilibrio cuando las asignaciones son hechas por los costos de almacenamiento, procesamiento y transporte.

Los precios de los productos agrícolas pueden ser observados a diferentes niveles en los sistemas de comercialización (ejemplo, finca, productor, procesador, mercado mayorista, detallista) y su reporte puede hacerse sobre bases diarias, semanales, mensuales, anuales o por cosecha.

En la producción agrícola los precios manifiestan alta fluctuación, que a su vez reflejan la estacionalidad de la producción, cambios en el comercio exterior o en los patrones de consumo. Debido a la sistemática variación en los precios, el tomador de decisiones debe ser muy cuidadoso al definir la calidad y cantidad del producto (si es por variedad de papa) y otras características relevantes tales como el periodo de tiempo, el sistema de mercadeo, los tipos de demanda y la localización física, cuando se usa información de precios y cuotas.

Análisis de tendencia, variaciones estacionales y variaciones cíclicas

Teniendo en cuenta que los precios representan un factor tan relevante en el mercado de productos agrícolas como la papa, es necesario conocer su comportamiento a través del tiempo para facilitar la toma de decisiones.

Para entender el comportamiento de los precios se acude a métodos como el de análisis de tendencia y el de variaciones estacionales y cíclicas. **La tendencia** refleja el comportamiento temporal de la serie de precios en el largo plazo. Las variaciones estacionales se reproducen con una cierta regularidad, periodo a periodo.

Las fluctuaciones estacionales de los precios de la papa suelen ir asociadas a factores climatológicos, especialmente por los periodos de distribución de lluvias e incidencia de plagas y enfermedades, entre otros, y son aquellos que ocurren dentro de un año dado, a lo largo de los diferentes meses. Estos análisis anteriormente complejos y dispendiosos de realizar, hoy es posible hacerlos en forma rápida con Software especializado; sin embargo, se requiere de ciertos criterios estadísticos y económicos para entender el significado de la tendencia o la variación observada.

Las variaciones cíclicas son aquellas que ocurren a través de varios años y se deben, en general, a factores diversos, los que hacen que en determinados años, de una manera más o menos periódica, se presente una mayor demanda o mayor oferta del producto respectivo.

Para el caso de la papa se ha podido confirmar que existe una relación directa, aunque rezagada, entre el precio al productor y los ciclos de producción. Aumentos en los precios generan aumentos en la producción y la desaceleración del crecimiento de los precios produce la pérdida de dinamismo en el crecimiento de la producción.

También hay que considerar las expectativas de precio. Mejores expectativas de precio animan nuevas inversiones entre los cultivadores que determinan un aumento del área cosechada y por consiguiente mayor producción.

ESQUEMA PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN DE COSTOS

Del procedimiento que se siga para la obtención de información de costos de producción, así como de la calidad de la misma, va a depender en gran medida la realización de un análisis confiable de la rentabilidad de las actividades de producción de papa.

Para la toma de información se sugiere seguir el esquema de la Figura 1, propuesto por Carvajal *et al* (2000), en el cual se señala el tipo de actividades a desarrollar y la secuencia de las mismas.



Figura1. Secuencia de las actividades de toma y análisis de información.



Aun cuando el esquema propuesto es válido para la toma de información de costos de producción, también es posible aplicarlo a otro tipo de estudios relacionados con la actividad productiva de la papa. Debe tenerse en cuenta que es conveniente balancear el nivel de información deseado contra el costo de su obtención.

ESTRUCTURAS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN

La estructura de costos de producción constituye un resumen o agregación de los gastos que se hagan en un período de tiempo o ciclo vegetativo, en cada uno de los aspectos relacionados con las actividades desarrolladas en la finca, la empresa o el sistema de producción. No existe un modelo único de estructura de costos, porque los componentes son diferentes para cada finca, sistema de producción y nivel de tecnología. La estructura propuesta comprende **dos grupos de costos** que corresponden a los rubros directos e indirectos de los factores de producción, teniendo en cuenta el sistema, el lugar y la variedad utilizada, los cuales se organizan en tablas con seis columnas para facilitar el análisis.

En la **primera columna** se ubican los diferentes componentes de la estructura, y en las cinco restantes (sistema, unidad, cantidad, valor por unidad y valor total) la información que permite la valoración de cada uno de los costos a precios de mercado, aspecto que se ilustra en la tabla 1.

Los costos directos (variables) están compuestos por cuatro componentes:

- **Maquinaria y equipos** requeridos para las labores del suelo, aplicación de insumos, riegos, cosecha, etc.
- **Insumos**, como semillas, fertilizantes, correctivos, herbicidas, fungicidas, insecticidas, empaques, cabuya, etc.
- **Mano de obra**, (de nómina, permanente, ocasional, contratos) para desarrollar en la finca las actividades de producción, cosecha, selección, empaque, el cargue y descargue,
- **Transporte** del personal responsable de la producción, insumos utilizados y productos obtenidos en la finca.

Los costos indirectos (fijos) comprenden: intereses, arriendos, administración, asistencia técnica, imprevistos etc.

En la **segunda columna** al referirse al **sistema** en el numeral uno se escribe cómo se hacen las labores que requieran utilización de maquinaria o equipos pertinentes al cultivo y en el numeral dos se especifican los **productos** utilizados; si es necesario se debe preparar una tabla adicional para el listado y especificación de los otros insumos en las demás columnas.

En la **tercera columna** se escribe la **unidad** utilizada para el costeo: horas máquina (HM), kilos (kg), litros (lt), bultos (but), toneladas (t), jornales (jor), riegos (N°), costales (N°), varias (var) cuando son más de una y diferentes.

En la **cuarta columna** se registran las **cantidades** usadas para una hectárea y por un ciclo de cultivo o cosecha.

En la **quinta columna** se registra el **valor por unidad** o costo unitario del factor, equivalente al costo comercial en la zona de producción, expresado en miles de pesos (\$000).

La **sexta columna** contiene el valor total de las actividades, insumos o aplicaciones. Se obtiene al multiplicar las cantidades de la cuarta columna por sus respectivos valores consignados en la columna quinta, expresado en miles de pesos (\$000). El **costo total** de producción por hectárea se obtiene con la suma de los costos directos más los indirectos.

Tabla 1. Modelo de estructura de costos del sistema de producción de papa. 1999

Estructura	Sistema	Unidad	Cantidad	Vr/Unidad	Vr/Total
A. COSTOS DIRECTOS (\$000)					
1. Maquinaria (preparación suelo y tapada)					
- Arada					
- Cincelada					
- Rastrillada					
- Surcada					
- Tapada					
- Otros					
Subtotal maquinaria					
2. Insumos (productos)					
- Correctivos					
- Semillas					
- Fertilizantes					
- Herbicidas					
- Insecticidas					
- Feromona (control <i>Tecia</i>)					
- Fungicidas y adherentes					
- Cabuya					
- Empaques					
Subtotal insumos					
3. Mano de obra (jornales todo costo)					
- Aplicación correctivos y fertilizantes					
- Siembra					
- Prevención y control sanitario					
- Desyerba, aporque, corte de rama					
- Cosecha, selección y empaque					
- Otros: riego, celaduría, bulteo, etc.					
Subtotal costos mano de obra					
4. Transporte de insumos y productos					
TOTAL COSTOS DIRECTOS = CD					
B. COSTOS INDIRECTOS = CI					
1. Arrendamiento (de 6 meses)					
2. Asistencia técnica					
3. Intereses (15% de CD de 6 meses)					
4. Imprevistos (5% Costos Directos)					
5. Otros					
Subtotal costos indirectos = CI					
TOTAL COSTOS/ha = CET = CD + CI					

Fuente: Corpoica. Programa de Socioeconomía.



Para que la información y el análisis de los costos de producción de un cultivo, en este caso la papa, sea útil en la toma de decisiones sobre niveles de inversión, cálculo de necesidades de insumos productivos y de niveles esperados de rentabilidad, cada estructura de costos identificada debe tener una connotación referida a una región específica y al tipo de explotación en particular, ya que los montos y composición de los costos se encuentran condicionados y determinados en sus variaciones por la diversidad de condiciones agroecológicas, físicas y socioeconómicas que se presentan en las diferentes regiones donde se cultiva papa en el país (Carvajal *et al.*, 2000).

Análisis de la estructura costos de producción de papa para consumo

La papa es uno de los cultivos que tiene más altos costos de producción. Los costos indican el nivel de tecnología utilizado. El proceso de agrupar y presentar los costos operativos constituye la conformación de la estructura de costos directos (variables), indirectos (fijos) y totales (variables más fijos).

En la tabla 2 se muestran las estructuras de los costos en los departamentos más productores de papa. Los costos de dicha tabla tienen fines demostrativos, por lo que los niveles o montos deben verse con precaución.

En Cundinamarca y Boyacá, las necesidades de capital para financiar el desarrollo de una hectárea tecnificada de esta especie bordean los siete millones de pesos y en Nariño los cinco millones. Se observa que los costos variables descienden de Cundinamarca, Boyacá hasta Nariño; sin embargo, la participación sobre los costos totales presenta una tendencia inversa en estos departamentos. Los costos variables promedios de los tres departamentos representan cerca de 87% de los costos totales y su distribución porcentual es la siguiente: mano de obra 23%, transporte 22%, fertilizantes 16%, insumos para control sanitario 13%, semillas 10% y empaques 6%.

Igualmente, se hace relevante la mayor participación de los insumos, la mano de obra y el transporte. Nariño presenta los costos más altos en semillas y fertilizantes, 13.6% y 20.3% respectivamente, y en contraste también ostenta los más bajos por concepto de mano de obra, por corresponder a la de menor costo del país.

El transporte es más barato en Cundinamarca por la proximidad de las zonas de producción a los grandes centros de consumo y a las industrias procesadoras. Sin embargo, estos factores afectan en forma negativa el valor del arrendamiento, que es el más alto de los tres departamentos en estudio.

Análisis de la estructura de costos de producción de semilla certificada de papa

La estructura de costos de producción de semilla de papa presenta en muchos de sus rubros un patrón similar a la de producción de papa para consumo; sin embargo, en términos estrictamente económicos es más costoso producir semilla, por cuanto involucra actividades adicionales y es exigente en requerimientos de insumos y manejo técnico.

Para analizar la estructura de costos de producción de semilla acudimos a los resultados reportados por Carvajal *et al.*, (2000), en su estudio *Determinación de costos de producción de papa para procesamiento y semilla en Cundinamarca y Boyacá*, en el cual identifican dos fases: una agronómica o de cultivo, y una segunda correspondiente a manejo poscosecha. Este significa un período de producción de la semilla superior a 10 meses; 6 de los cuales corresponden al

Tabla 2. Estructura de costos de producción y rentabilidad del sistema comercial de papa. Septiembre 1999

Estructura	Departamentos					
	Cundinamarca		Boyacá		Nariño	
	(\$000)	(%)	(\$000)	(%)	(\$000)	(%)
A. COSTOS DIRECTOS						
1. Insumos						
- Correctivos						
- Semillas	540	10.9	450	9.6	660	15.9
- Fertilizantes	964	19.4	729	15.5	986	23.8
- Herbicidas	26	0.5	40	0.9	0	0.0
- Insecticidas	313	6.3	334	7.1	239	5.8
- Feromona (control <i>Tecia Solanivora</i>)	35	0.7	30	0.6	32	0.8
- Fungicidas y adherentes 9 aplicaciones	380	7.6	350	7.5	214	5.2
- Cabuya						
- Empaques	480	9.6	480	10.2	240	5.8
Subtotal insumos	2738	55.0	2413	51.4	2371	57.2
2. Maquinaria (preparación suelo y tapada)	180	3.6	160	3.4	126	3.0
- Arada						
- Cincelada						
- Rastrillada						
- Surcada						
- Tapada						
- Otros						
Subtotal maquinaria						
3. Mano de obra (jornales a todo costo)	1904	38.3	1864	39.7	819	19.8
- Aplicación correctivos y fertilizantes						
- Siembra						
- Prevención y control sanitario						
- Cosecha, selección y empaque						
- Otros: riego, celaduría, bulteo, etc.						
Subtotal mano de obra						
4. Transporte insumos y productos	880	17.7	1175	25.1	800	19.3
TOTAL COSTOS DIRECTOS = CD	3618	72.7	3588	76.5	3171	76.5
B. COSTOS INDIRECTOS = CI						
1. Arrendamiento por 6 meses	400	8.0	150	3.2	140	3.4
2. Asistencia técnica	235	4.7	235	5.0	200	4.8
3. Intereses (15% de CD de 6 meses)	543	10.9	538	11.5	476	11.5
4. Imprevistos (5% Costos Directos)	181	3.6	179	3.8	159	3.8
5. Otros						
Subtotal costos indirectos = CI	1359	27.3	1103	23.5	974	23.5
TOTAL COSTOS/ha = CET = CD + CI	4977	100.0	4691	100.0	4145	100.0
Costo de producción (\$/ton)	156		156		148	

Fuente: Corpoica. Programa Nacional de Estudios Socioeconómicos. Con base en información de los Creced de las Regionales.



periodo vegetativo del cultivo y 4 a la maduración de la semilla, debido a que su comercialización regularmente se hace en estado de brotación.

Los costos de la semilla certificada de papa se han estimado en aproximadamente 10.4 millones de pesos corrientes por hectárea para el presente año, para el caso de Cundinamarca, mientras que para los casos consultados en Boyacá pueden ascender a 15.2 millones de pesos/ha (Tabla 3).

Tabla 3. Participación porcentual de los diferentes componentes de costos de producción por ha de semilla certificada de papa por departamento. 2000

Rubros	Cundinamarca %	Boyacá (1° caso) %	Boyacá (2° caso) %
Preparación terreno	2.1	2.0	2.7
Mano de obra	18.0	9.8	16.4
Transporte	3.0	1.5	3.1
Insumos	42.2	48.5	40.1
Costos variables	65.0	62.0	62.2
Costos fijos	22.2	21.1	21.5
Total costos de producción de cultivo	87.3	83.0	83.7
Costos de poscosecha	13.0	17.0	16.3
<hr/>			
Total costos de producción de papa para semilla certificada	\$10'366.951	\$15'226.064	\$11'675.187
<hr/>			
Rendimiento cultivo (t/ha)	30.0	22.5	30.0
Costo/t papa	\$345.565	\$676.714	\$389.173
Costos/t de semilla	\$691.130	\$845.892	\$518.897

Fuente: Carvajal *et al.* op cit, página 31.

Con un rendimiento medio para la producción de semilla certificada en Cundinamarca de 30 t/ha, y de 22.5 t/ha en Boyacá, los costos por unidad producida (t/ha) muestran diferencias entre los departamentos analizados, superando Boyacá en 32% los costos de producción registrados para Cundinamarca.

Los costos totales del cultivo representan 83% y 87.3% en Boyacá y Cundinamarca, respectivamente. Mientras que el porcentaje restante (17% y 12.7%) corresponde a lo incurrido durante el periodo de maduración de la semilla en ambos departamentos.

Dentro de los costos de cultivo, los variables representan las mayores erogaciones al productor, estimándose en 62% para los cultivos de Boyacá y 65% en Cundinamarca. Sin embargo, en valores reales, la información suministrada en Boyacá indica un incremento de 28.5% de los costos variables respecto a lo registrado en Cundinamarca, lo cual es atribuible principalmente al uso intensivo de agroquímicos en Boyacá.

La participación de la semilla alcanza en Cundinamarca 12.1% y en Boyacá los fungicidas para la gota 14%, el control para el gusano blanco y polilla (chuntaqueda) (12.3%).

En cuanto a los costos fijos, se presentan diferencias entre Cundinamarca y Boyacá en el rubro correspondiente a la depreciación de equipos e infraestructura, el cual no se valora en

Boyacá, mientras que en Cundinamarca representa 0.5% de los costos fijos. Otro aspecto que inclina la balanza de costos fijos para Boyacá es un mayor valor de la administración del cultivo, justificado por problemas de inseguridad en la zona.

Los costos de producción incurridos en la fase de poscosecha, corresponden principalmente al tratamiento de la semilla, con uso intenso de agroquímicos en Boyacá. Otro aspecto que diferencia los costos en esta fase respecto a Cundinamarca, es el valor de bodegaje o almacenamiento de la semilla.

PRECIOS DE LA PAPA

Los precios de papa dependen del comportamiento climático que determina la cantidad y estacionalidad de la oferta del producto, de la variedad y el mercado. En 1999, los precios pagados al productor, promedios ponderados por el aporte a la oferta, fueron de \$280.000 por tonelada. Los precios, según la variedad, bordearon los \$213.000 por tonelada para la Diacol Capiro y \$288.000 para la variedad Parda Pastusa. En 1999, esta variedad mantuvo un precio superior entre 5 y 62% respecto a la variedad Diacol Capiro. La diferencia de precio bajó en el corrido del año 2000 a 16,9%, debido a la recuperación a partir de febrero (Tabla 4).

En 1999, los mayores precios de la variedad Parda Pastusa se registraron en los meses abril, mayo, septiembre y octubre, y los menores se dieron en junio y julio. En el primer semestre del año 2000 los precios indican un comportamiento similar.

ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DE LA PAPA

Los objetivos de los agentes económicos se orientan a maximizar las utilidades por el uso o aplicación de sus factores en los procesos productivos. Reflejan entonces el punto de vista o interés privado.

Indicadores financieros

Los indicadores financieros están relacionados con los costos y beneficios resultados de los procesos productivos, entre los cuales cabe mencionar los siguientes:

La rentabilidad es un indicador de la ganancia o retribución económica de la inversión en los procesos productivos de las actividades agropecuarias, empresariales o comerciales. Equivale a la eficiencia del capital invertido y cambia de acuerdo con las ventajas competitivas regionales. Se utiliza como criterio para la asignación de recursos. Es una función de los rendimientos, la calidad del producto y los precios de los insumos y productos, los cuales conforman los costos y los ingresos o beneficios de la actividad productiva.

En consecuencia, la rentabilidad sufre reducción en los siguientes casos: a) cuando los precios de los insumos suben en mayor proporción que el de los productos, b) cuando los precios al productor caen más rápidamente que los costos de producción o permanecen estables mientras que los costos aumentan, c) cuando los precios y los costos permanecen estables, pero bajan los rendimientos, se presentan pérdidas o baja la calidad del producto.

En papa, la rentabilidad está determinada por los costos de producción, los precios de venta del producto y la variación de los rendimientos físicos de la producción.

Cuando baja la rentabilidad de una especie ocurren algunos impactos, entre los cuales se encuentran: disminución del área sembrada para la siguiente cosecha, sustitución por otras

Tabla 4. Precios mayoristas mensuales de la papa en Corabastos. Bogotá. Colombia

Detalles	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Promedio
1999													
R-12	118.8	148.3	218.8	294.5	303.0	227.3	199.5	193.0	207.0	198.5	193.0	253.0	212.9
P. Pastusa	192.8	192.0	229.5	326.0	425.8	292.8	271.3	292.3	322.5	325.0	303.0	290.0	288.6
% R12/Ppast.	62.3	29.5	4.9	10.7	40.5	28.8	36.0	51.5	55.8	63.7	57.0	14.6	37.9
2000													
R-12	347.0	572.0	730.0	172.0	650.0	391.0							567.0
P. Pastusa	352.0	550.0	710.0	911.0	864.0	504.0							648.5
%R12/Ppast.	1.4	-3.8	-2.7	27.9	32.9	28.9							16.9

Fuente: CCI - Minagricultura. Sipsa. Varios números.

especies de mayor productividad, contracción de la oferta del producto en el mercado, aumento de las importaciones, pérdida de divisas y empleos, aumento del precio en el siguiente ciclo, transferencia de recursos hacia otros sectores de la economía.

Para el análisis de rentabilidad se registra la información en una tabla que contenga cinco columnas, denominadas: estructura, unidad, valor por unidad y valor total, las cuales se diligencian en forma similar a la de los costos de producción. Para mayor facilidad se ilustra con la siguiente tabla:

Tabla 5. Rentabilidad del sistema de producción de papa

Departamento _____ Municipio _____
 Variedad _____

Estructura	Unidad	Cantidad	Vr/Unidad	Vr/Total
Costo de producción por ha = CT	\$000/ha			
Rendimientos	Ton/ha			
Cantidad comercializada clase: 1a.	cargas			
2a.	cargas			
3a.	cargas			
Ingreso Bruto = IB = ventas de 1a. + 2a. + 3a.	\$000/ha			
Rentabilidad: $R = ((IB - CT)/CT) * 100$	(%)			

Fuente: Corpoica. Programa Nacional de Estudios Socioeconómicos.

Ejemplo ilustrativo

Por vía ilustrativa veamos cómo se calculan algunos indicadores de rentabilidad:

El ingreso bruto (IB) en papa, comprende la suma de todos los ingresos por venta de la cosecha, especificando la cantidad y precio de cada clase comercializada. Asumiendo que con la variedad Parda Pastusa se lograron rendimientos de 22 t/ha en la región productora de Cundinamarca, y que los precios pagados al productor fueron \$288.000 por tonelada (precios corrientes de 1999), entonces el IB es igual al Precio (\$/t) X rendimientos (t/ha)=\$288.000/t X 22 t/ha= \$6.336.000.

La rentabilidad se calcula para un período determinado, mes, semestre, cosecha o año, con los valores de costos totales (CT) e ingresos brutos (IB) correspondientes, utilizando la fórmula $R = ((IB - CT)/CT) X 100$ y se expresa en porcentaje. Con los datos anteriores, y tomando el dato de costos totales de la tabla 2:

$R = (6.336.000 - 4.977.000)/4.977.000 X 100 = 27.3\%$. Este indicador conviene compararlo con la tasa de interés que ofrece el mercado financiero a través de las corporaciones de ahorro (costo de oportunidad del capital), para ver en qué medida resulta más favorable al productor producir papa y así orientar mejor sus decisiones de inversión. Por supuesto que en el mercado financiero es posible encontrar una amplia gama de opciones de inversión.



Como el ciclo productivo de la papa se completa en el corto plazo (menos de un año), se puede también optar por el uso de indicadores de corto plazo como el margen bruto (MB) y el ingreso neto (IN) y la relación ingreso total/costo total.

El margen bruto es la diferencia entre el ingreso bruto (IB) y los costos variables (CV). Representa el monto disponible para cubrir los costos fijos y la ganancia del productor o de la empresa. Se calcula mediante la fórmula: $MB=IB-CV$. De acuerdo con lo anterior, y teniendo en cuenta que los CV equivalen a los costos directos (CD) de la tabla 3, el $MB= (\$6.336.000-\$3.618.000)=\$2.718.000$.

El ingreso neto es la diferencia entre el ingreso bruto (IB) y los costos totales (CT) y representa la ganancia o utilidad neta del productor o de la empresa. Se calcula así: $IN=IB-CT$ o también $IN=IB-(CV+CF)=6.336.000-(3.618.000+1.359.000)=\$1.359.000$.

La relación Ingreso/costo (I/C) resulta de dividir el ingreso bruto o total (IB) por el costo total (CT). Indica la retribución que se obtiene por unidad monetaria de inversión: $IC=IB/CT = 6.336.000/4.977.000=1.27$.

ALTERNATIVAS PARA MEJORAR RENTABILIDAD DE LA PAPA

Primero que todo, cabe indicar los avances tecnológicos logrados para mejorar la competitividad de la producción nacional de la papa. Las más recientes investigaciones demuestran que:

- Las nuevas variedades puestas en el mercado responden a los requerimientos de la demanda.
- El factor administración del cultivo y los aspectos críticos de la producción y de la poscosecha han mejorado substancialmente.

Otros aspectos de la competitividad están circunscritos al entorno económico en cuya modificación tienen poca influencia los productores. Sin embargo, el camino más expedito para impulsar la competitividad, además del cambio tecnológico, es la consolidación y afianzamiento de la cadena agroindustrial de la papa. La cadena permite concertar acciones y conciliar intereses entre los distintos agentes que la integran. También facilita una mayor integración y coordinación en función de las necesidades de los mercados.

Conviene resaltar que para incrementar la competitividad de la papa desde la óptica de la producción básica de campo, se debe analizar y tratar de modificar los rubros que la determinan, orientando la producción hacia la competitividad; por ejemplo: disminuir los costos de producción, aumentar los rendimientos y la calidad de la papa, y ofrecer un producto de conformidad con la exigencia de los mercados finales del consumo fresco e industrial. Esto se logra parcialmente siguiendo alguna de las siguientes recomendaciones:

- **Celebrar contratos** de coordinación para la financiación y compra del producto, dividir los riesgos y asegurar el mercado con anticipación.
- **Uso del sistema de labranza mínima:** el procedimiento consiste en reducir la preparación del suelo a una arada y a una o dos rastrilladas. Procurar una labranza profunda con arado de cincel para romper capas endurecidas.
- **Quebrar la estacionalidad** mediante el uso del riego, realizar siembras escalonadas, no depender de la estación de lluvias, obtener mejores rendimientos, mayor calidad y regular la oferta, con lo cual se logran mayores precios del producto.

- **Diversificar** la producción y transformar el producto según las posibilidades.
- **Utilizar semilla certificada:** ésta se caracteriza por ser homogénea, sana, seleccionada, y tratada, lo cual conduce a obtener buena población de plantas, altos rendimientos y calidad aceptable. Estos aspectos bajan los costos por tonelada y suben el precio del producto. Cuando se usan variedades resistentes a la gota se bajan los costos de control en 50%, pues se disminuyen los gastos en insumos y mano de obra, al pasar de 16 aplicaciones de fungicidas a 8.
- Hacer **análisis de suelos** para establecer las necesidades de nutrientes requeridos y en esta forma suministrar los elementos y cantidades demandados por el suelo y el cultivo.
- **Preparar mezclas de fertilizantes** a nivel de finca, utilizando las fuentes de fertilizantes simples, apoyados por los técnicos de la zona, con lo cual se ahorra 15% respecto al costo de fertilizantes de fórmulas comerciales compuestas.
Por otra parte, con el uso de fertilizantes y biocontroladores orgánicos obtenidos en la finca y biofertilizantes comerciales (inoculantes, metarhizium) se pueden sustituir algunas cantidades químicas para bajar los costos de la fertilización del cultivo, mejorar la sostenibilidad de la producción y contribuir a la conservación ambiental.
- **Aplicar MIP (Manejo Integrado de Plagas ampliamente expuestos en este manual) en los procesos de producción. Establecer los niveles económicos** de prevención y control de plagas y enfermedades. Seguir planes de **rotación de productos sanitarios**, incluyendo los de mayor período de protección en épocas lluviosas, adelantar **rotación de cultivos** para disminuir la incidencia de gusano blanco, gota y malezas. Estas medidas disminuyen el número de aplicaciones, las cuales implican costos en insumos y mano de obra.
- Utilizar biocontroladores contra las principales plagas de la papa así:
 - **Contra la polilla de la papa (*Tecia solanivora*)**
 - a) Tratamiento de la semilla con baculovirus (*Baculovirus phthorimaea*), producto comercial formulado en polvo de talco o caolín, aplicado en dosis de 5 kg de baculovirus por tonelada de semilla (equivalente a 5g de producto por cada kg de semilla). Controlar la polilla en condiciones de almacenamiento.
 - b) Uso de trampa con feromonas sexual de *Tecia solanivora* en los cultivos, para captura de machos con el fin de bajar la población por falta de fecundación de hembras; la feromona viene comercialmente impregnada en pequeños cauchos que se ponen alrededor del cultivo a razón de 16 trampas por hectárea. La feromona y el manejo de las trampas alcanzan el 1% de los costos variables.
 - **Contra el gusano blanco**
 - c) Utilizar nuevas alternativas como biocontroladores con base en *Beauveria bassiana*, en proceso de validación.

BIBLIOGRAFÍA

- BAQUERO H. I; CARDOZO P. F; ACEVEDO F. F; RIVERA C. S. L; MARTÍNEZ A. R. 1997. *Costos de transacción en la conformación de cadenas productivas del sector agroalimentario: caso de las cadenas de arroz, papa, lácteos y cebada*. Corpoica. Subdirección de Sistemas de Producción. Programa Nacional de Estudios Socioeconómicos. C.I. Tibaitatá. Mosquera. 132 pp.



- BALCÁZAR V. A. 1985. *Costos de producción en la ganadería bovina. Metodología del índice de costos de producción*. Cega. Bogotá. 102pp.
- CARRANZA J. del C. R. 1994. *Algunas técnicas de análisis de resultados de investigación*. Corpoica. Subdirección de Sistemas de Producción. Programa Nacional de Estudios Socioeconómicos. C.I. Tibaitatá. Mosquera. 34pp.
- CARRANZA J. del C. R. 1992. *Algunas recomendaciones tecnológicas para reducir costos de producción agrícola*. ICA. Colombia. Mimeografiado. 22 pp.
- CARRANZA J. del C. R. 1994. *La papa frente a la apertura económica*. Corpoica. Programa Nacional de Estudios Socioeconómicos. C. I. Tibaitatá. Mosquera. 29pp.
- CARRANZA J. del C. R. 1999. *Metodología para el análisis socioeconómico de resultados de investigación*. Corpoica. Programa Nacional de Estudios Socioeconómicos. C.I. Tibaitatá. Mosquera. Mimeografiado. 17 pp.
- CARVAJAL G. CASTILLO S. T. 2000. *Determinación de costos de producción de papa para procesamiento y semilla en Cundinamarca y Boyacá*. Convenio Corpoica-McCAIN. Regional Uno. Sistemas de Producción. Mosquera. 50pp.
- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. CIP. 1992. *Control biológico de la polilla de la papa con Baculovirus phthorimae*. Boletín de Capacitación -2. Lima Perú. 26 pp.
- CORPOICA. 1998. *Las grandes transformaciones del sector agropecuario colombiano en la última década: una visión regional*. Dirección Ejecutiva. Programa Nacional de Estudios Socioeconómicos. Red de Pensamiento Socioeconómico. C.I. Tibaitatá. Mosquera. 300 pp.
- HERRERA F. J. GÓMEZ G. L. E. CORZO C. P; CERÓN L. M DEL S. 1998. *Producción y almacenamiento artesanal de semilla de papa bajo el enfoque del manejo integrado de plagas*. Corpoica- Sena. Santafé de Bogotá. 27 pp.
- LOPERA P. J. 1999. *Lecturas sobre economía campesina y desarrollo tecnológico*. Corpoica- Sena. Bogotá. 141pp.
- LOPERA P. J.; LOPERA R. H. 1986. *Manual de análisis socioeconómico de resultados de ajuste de tecnología*. Junta de Acuerdo de Cartagena -Padt Rural. Ica. Manual de Asistencia Técnica No. 37. Medellín, Colombia. 99pp.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. 1999. *Anuario estadístico 1998*. Santafé de Bogotá. Colombia.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. 2000. *Cifras de área, producción y rendimiento*. Preliminares 1999. Bogotá.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. S.f. *Sistema de información de precios y volúmenes transados*. Varios Números. Corporación Colombia Internacional. Santafé de Bogotá, Colombia.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. 1999. *Acuerdos de competitividad. Cadenas agroindustriales, forestales y pesqueras*. Documento resumen. Bogotá. 24pp.

BIBLIOGRAFÍA

Semilla certificada de papa...



**Cultivos sanos
Plantas más vigorosas
Tubérculos de calidad
Mayor rendimiento**

...que buena inversión !

Consulte a su semillero autorizado
más cercano

Plan Nacional de Semilla

