



MANUAL DEL CULTIVO DE PAPA EN COSTA RICA (*Solanum tuberosum* L.)



Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor Agrícola (UE/IICA)

*Innovación para la seguridad alimentaria
y nutricional en Centroamérica y Panamá*



MANUAL DEL CULTIVO DE PAPA EN COSTA RICA (*Solanum tuberosum* L.)

Jeannette Avilés Chaves
Ricardo Piedra Naranjo

2016



Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor Agrícola (UE/IICA)

*Innovación para la seguridad alimentaria
y nutricional en Centroamérica y Panamá*

635.2

C8374c Costa Rica. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria

Cultivo de la papa [*Solanum tuberosum* L.] / Jeannette Avilés Chaves y Ricardo Piedra Naranjo. - San José, C.R.: INTA, 2016. 94 p.

ISBN 978-9968-586-11-5

1. *Solanum tuberosum*. 2. MANEJO DEL CULTIVO.

3. COSTA RICA. I. Título.

Autores:

Ing. Jeannette Avilés Chaves

Ing. Ricardo Piedra Naranjo, Ph. D.

Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA)

Editado por:

Laura Ramírez Cartín, INTA

Oscar Bonilla Arrazola, INTA

Comité Editorial del INTA:

Alfredo Bolaños Herrera

Carlos Cordero Jiménez

Juan Mora Montero

Laura Ramírez Cartín

María Mesén Villalobos

Nevio Bonilla Morales

Revisores técnicos:

Jaime Brenes Madriz, ITCR

Iván Serrano Bulakar, MAG

Diseño y diagramación:

Handerson Bolívar Restrepo / www.altdigital.co

San José, Costa Rica, 2017

CONTENIDO

PRESENTACIÓN.....	5
INTRODUCCIÓN.....	7
CAPÍTULO 1. GENERALIDADES DEL CULTIVO.....	9
VARIEDADES.....	12
Variedades más utilizadas en Costa Rica.....	14
MEJORAMIENTO GENÉTICO.....	21
Evaluación y selección de clones.....	22
Cultivares promisorios en proceso de selección.....	24
Cultivares de papa con tolerancia al estrés biótico.....	28
PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA.....	30
Producción de semilla prebásica.....	30
Producción de <i>vitroplantas</i>	31
Producción de microtubérculos <i>in vitro</i>	33
Otros sistemas rápidos de multiplicación de semilla de papa.....	33
Producción de semilla en invernadero.....	34
Producción de semilla artesanal.....	36
Almacenamiento de semillas.....	38
SUELOS.....	40
Manejo de suelos.....	40
Conservación de suelos.....	41
Factores físicos más importantes que afectan la erosión.....	42
Aptitud del suelo.....	43
CLIMA Y ZONAS DEL CULTIVO.....	45

CAPÍTULO 2. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO	47
Desarrollo fenológico.....	47
Siembra.....	49
Fertilización o abonamiento.....	49
Aporca.....	53
MANEJO DE MALEZAS	55
MANEJO DE ENFERMEDADES Y PLAGAS	56
Enfermedades fungosas.....	56
Enfermedades bacterianas.....	64
MANEJO DE PLAGAS	70
Insectos.....	70
Nematodos parásitos de la papa.....	78
Control biológico.....	80
Manejo de plagas vertebradas.....	83
MANEJO SEGURO Y RACIONAL DE LOS PLAGUICIDAS	85
COSECHA	86
CAPÍTULO 3. COSTOS DE PRODUCCIÓN	87
CAPÍTULO 4. GLOSARIO	89
LITERATURA CITADA	91

PRESENTACIÓN

El Programa Regional de Investigación e Innovación por Cadenas de Valor Agrícola (PRIICA) tiene como objetivo contribuir a incrementar la disponibilidad y el acceso de los alimentos en cuatro cadenas de valor. Contó con el financiamiento de la Unión Europea (UE), y fue administrado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y ejecutado a nivel regional mediante los institutos nacionales de investigación agrícola (INIA).

Para el caso de Costa Rica, el proyecto fue ejecutado por el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). Para ello se desarrolló el proceso investigativo en coordinación con diversos actores de los sectores público y privado de la agrocadena de la papa. Se integraron grupos de estos actores en las diferentes regiones agroecológicas con potencial para este cultivo, con el propósito de impulsar innovaciones tecnológicas que pudieran mejorar la competitividad y la agregación de valor en toda la cadena del cultivo de la papa. Sobresale la participación y la colaboración de las Agencias de Extensión Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de esas regiones, que desempeñan un papel fundamental en los procesos de innovación de las tecnologías generadas.

Una de las iniciativas del PRIICA fue promover la agricultura familiar, coincidiendo con la Política de Estado del Sector Agropecuario y el Plan Nacional de Desarrollo, las cuales cumplen una función trascendental en el ámbito rural y territorial, desde el punto de vista económico, social, cultural y ambiental. La agricultura familiar contribuye con la producción sostenible de alimentos, con la seguridad alimentaria a largo plazo y con la preservación de la biodiversidad y herencia cultural de las comunidades rurales. Asimismo, con este proyecto se promovió la equidad de género, con una amplia participación de las mujeres y los jóvenes en la actividad productiva. En este marco, el cultivo de papa en Costa Rica tiene una gran importancia económica y social y forma parte de la dieta del costarricense. Se encuentra incluido dentro de los alimentos que componen la canasta básica alimentaria por su gran valor nutritivo, disponibilidad y acceso durante todo el año.

El objetivo de este manual es servir como una herramienta de apoyo técnico para todos los actores de la cadena de producción. Es un instrumento para actualizar conocimientos en tecnologías y prácticas del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en Costa Rica. Se apoya en experiencias y trabajos de investigación de técnicos, profesionales y productores involucrados en el cultivo, para quienes expresamos el agradecimiento por sus valiosos aportes.

Las fotografías y los bosquejos incluidos en esta publicación forman parte del proceso de investigación y transferencia de tecnología en varias fincas del país y pertenecen a los autores; en caso contrario se indica la fuente.

Jeannette Avilés Chaves
Ricardo Piedra Naranjo

INTRODUCCIÓN

La papa es originaria de la región andina de Sudamérica. Las primeras siembras se realizaron cerca de las orillas del lago Titicaca, entre las fronteras de Perú y Bolivia (Henkes y Dunn 1981). Existe evidencia arqueológica de que varias culturas antiguas, como la Inca, la Tiahuanaco, la Nazca y la Mochica, cultivaron la papa. Aparentemente las especies de papa cultivada se originaron a partir del nivel diploide (dos pares de cromosomas). Entre 160 y 180 de las 2000 especies de *Solanum* conocidas forman tubérculos, de las cuales solo ocho son especies comestibles cultivadas (Pumisacho y Sherwood 2002).

A nivel mundial, las regiones con mayor extensión cosechada son Asia y Oceanía, con 8 735 961 hectáreas y un promedio de producción de 15,7 t/ha. Le siguen Europa, con 7 473 628 hectáreas y un promedio de producción de 17,4 t/ha; África, con 1541,49 hectáreas y un promedio de 10,8 t/ha; América Latina, con 963 766 hectáreas con un promedio de 16,3 t/ha y, en último lugar, América del Norte, con 615 878 hectáreas y con el mayor rendimiento de 41,2 t/ha (FAO 2008).

El mundo afronta un desafío decisivo: garantizar la seguridad alimentaria a las generaciones presentes y futuras, para lo cual el cultivo de la papa juega un papel muy importante. En los próximos 20 años se prevé que la población mundial crecerá en promedio unos 100 millones de personas anualmente. Más del 95 % de este aumento se dará en los países en desarrollo. La papa es un cultivo que produce más alimentos por unidad de superficie en comparación con el arroz o el maíz. La tasa de crecimiento de este tubérculo en países en desarrollo se ha incrementado mucho desde el año 2005. De las más de 300 millones de toneladas de papa que anualmente se producen en el mundo, más del 50 % proviene de las naciones en desarrollo, siendo el tercer alimento con mayor consumo a nivel global (superado por el arroz y el trigo) (Bode s. f.).

La papa es la principal fuente de alimento para los habitantes de las zonas altas de muchos países, con un consumo anual per cápita creciente, que pasó de 17,42 kg/año en 2002 a 20,84 kg/año en 2012, de acuerdo con información del Programa Integral de Mercadeo Agropecuario (PIMA) (Gutiérrez 2014).

En Costa Rica, el cultivo de la papa es una actividad a la que pequeños y medianos agricultores se han dedicado durante muchos años. Este tubérculo, de gran importancia para consumo en fresco y para comercialización industrial, ocupa una posición preponderante en la canasta básica. La principal zona productora de papa en el país es la provincia de Cartago, donde se cultivan alrededor de 2800 hectáreas, seguida por Zarcero con 300 hectáreas (MAG 2016).

La papa prefrita congelada representa el 90 % de todos los tipos de papa importada y ha aumentado un 23 % en los últimos cuatro años. Se consumen 36 t/día de papa prefrita congelada, con respecto a 4200 t/año de papa en fresco (Vindas 2013). Las importaciones de papa en fresco en 2015 fueron de 1902 toneladas. La fuga de divisas por importación de 18 000 toneladas de papa prefrita congelada tuvo un valor de 1326 millones de colones y ocasionó un desplazamiento de 1300 hectáreas, con los consecuentes impactos económicos para el sector papero (MAG 2016).

Según datos de la Comisión Nacional de la Papa (MAG 2016), el rendimiento promedio nacional es de 25 t/ha. Adicionalmente, a junio de 2016 la producción total anual había presentado un incremento sostenido desde 2013, pasando de 52 000 toneladas métricas a aproximadamente 90 000 toneladas métricas en 2015 y a 75 836 toneladas métricas a junio de 2016 (SIM-CNP 2017).

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES DEL CULTIVO

El cultivo de papa es una planta anual herbácea, con hojas alternas, simples, sin estípulas. La inflorescencia es una cima terminal, algunas veces se reduce en ciertas variedades a inflorescencias en forma de umbelas y en otras a unas pocas flores al extremo de un eje sencillo. Las flores nacen en pedúnculos delgados, que tienen al medio un plano de abscisión o partes pequeñas, por el que se desprenden (figura 1). El período de floración varía de pocos días a meses, según el cultivar. El cáliz se forma de cinco partes unidas; la corola de una sección inferior, tubular, que se expande arriba en cinco pétalos unidos, morados, blancos, amarillos, rojos o azules, según el cultivar. El fruto es una baya de dos celdas, de forma esférica u ovoide que contiene numerosas semillas adheridas a placentas parietales (León 1987).

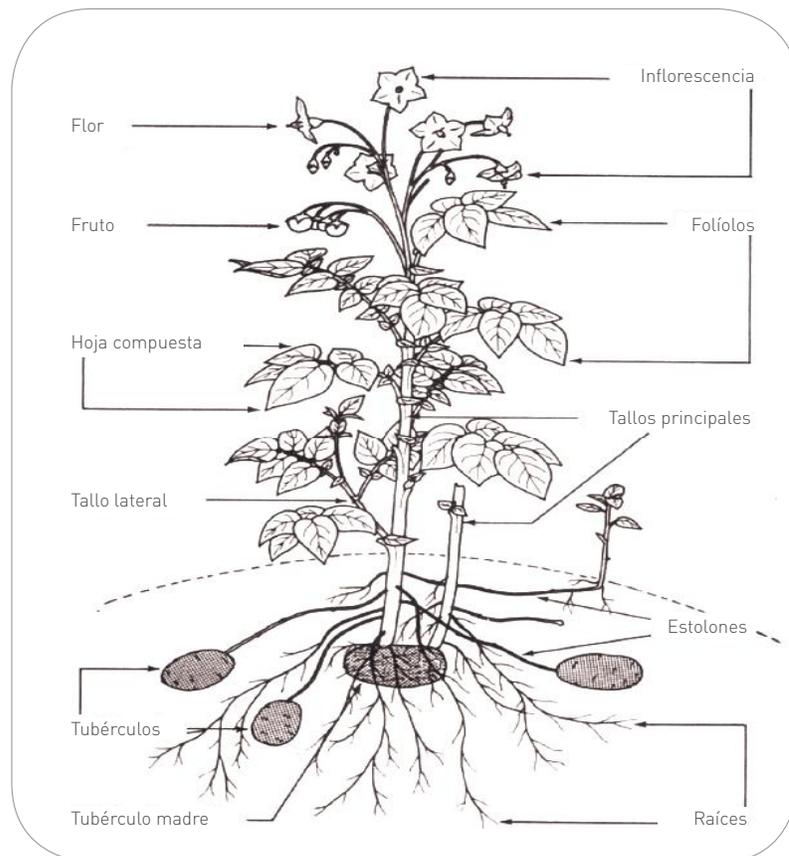


Figura 1. Planta de papa y sus partes más importantes.

Fuente: León 1987.

De acuerdo con Jones (1994), la clasificación taxonómica de la papa es la siguiente:

Reino: Vegetal
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Subclase: Asteridae
Orden: Solanales
Familia: Solanaceas
Género: *Solanum*
Subgénero: Potatoe
Especie: *tuberosum*

Debajo del suelo, a partir del extremo de un estolón se forman los tubérculos cargados de almidón (figura 2).

El tubérculo es un tejido somático, un tallo modificado, que ha sido diferenciado para constituirse en un órgano de reserva de almidón y proteína. La diferenciación normalmente ocurre cuando las plantas fisiológicamente maduras son expuestas a un fotoperíodo adecuado y reciben la influencia de otros factores como la temperatura, fertilización nitrogenada, nivel de CO₂ en el suelo, edad fisiológica de la planta madre, una variedad de fitohormonas e intensidad luminosa. Comúnmente se sabe que los tubérculos se forman por engrosamiento de la punta de los estolones, debido a crecimiento radial de las células parenquimatosas; sin embargo, cualquier ápice del tallo, inclusive las yemas axilares, las yemas florales, las yemas apicales, las puntas de estolones y los brotes de tubérculos son capaces de tuberizar.

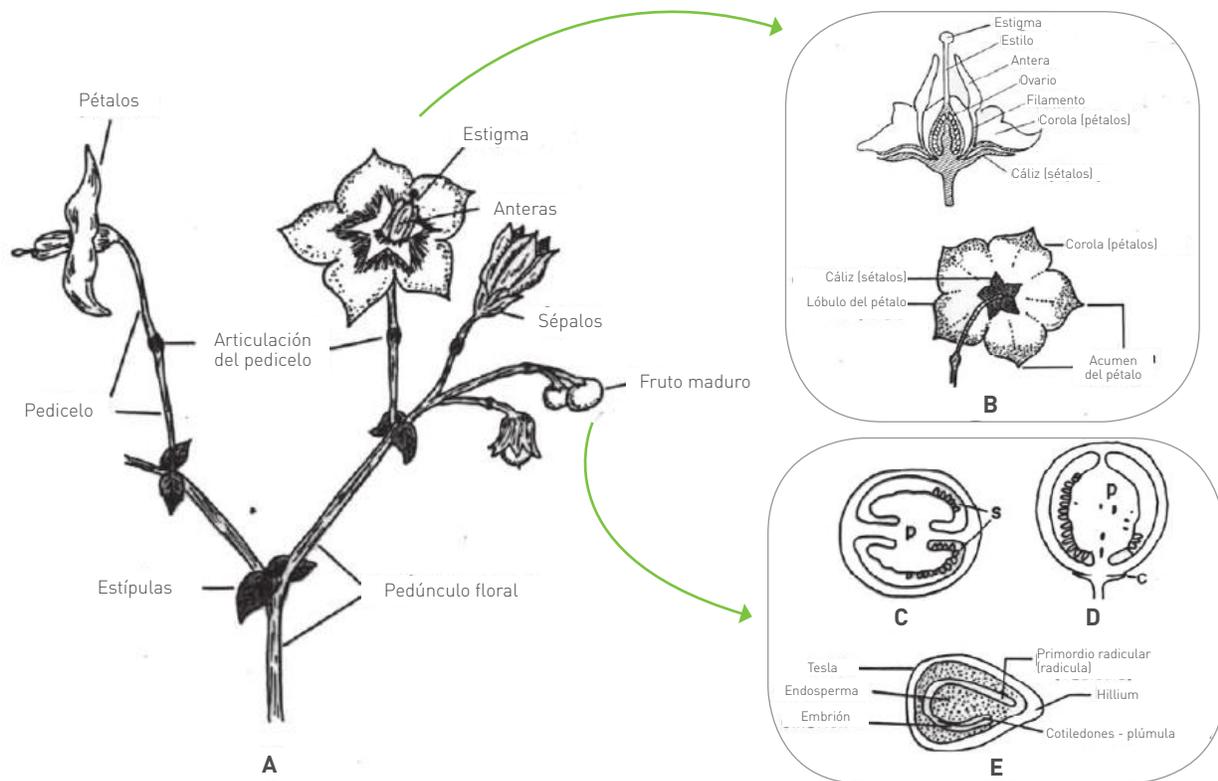


Figura 2. Flores y frutos de la papa.
Fuente: León 1987.

En Costa Rica la papa se siembra en diferentes regiones. Los principales cantones de producción son Alvarado, Oreamuno, Zarcero, Cartago, Goicoechea, Naranjo y Dota, siendo Alvarado el de mayor producción (35 %) (figura 3) (MAG 2016). El PRIICA permitió incursionar en la siembra de la papa en las zonas altas de Las Juntas de Abangares, con clones avanzados con tolerancia a calor provenientes del Centro Internacional de la Papa (CIP).

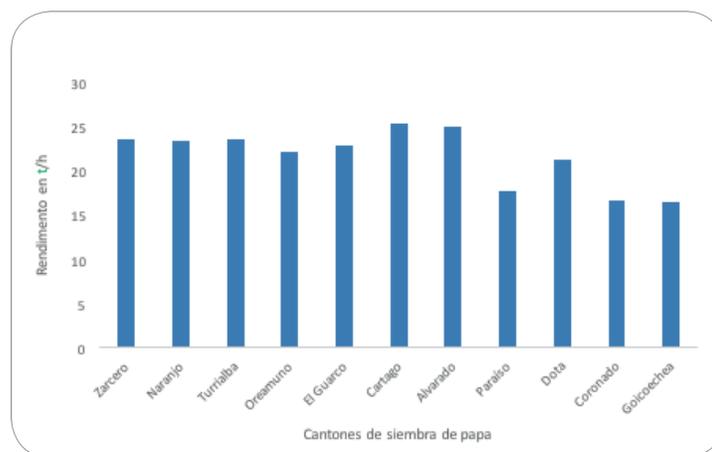


Figura 3. Rendimiento (t/ha) en los diferentes cantones productores de papa en Costa Rica.
Fuente: MAG 2016.

VARIEDADES

En Costa Rica, se tiene una amplia gama de cultivares de papa, tanto variedades inscritas como cultivares promisorios próximos a su liberación oficial ante la Oficina Nacional de Semillas (ONS), las cuales poseen características que las hace aptas para el consumo fresco o para la industria. La mayoría de las variedades que se siembran son de doble propósito (industria y mesa). Las variedades industriales se caracterizan por su alto contenido de materia seca (aproximadamente 20 %) y por su bajo contenido de azúcares reductores (menor a 0,2 %); normalmente son de porte medio y con un ciclo corto menor a 90 días (Valdunciel 2000).

Para que una variedad pueda ser inscrita en la ONS, se requiere que cumpla con lo siguiente: a) ser homogénea y estable; b) tener un valor agronómico comprobado para nuestras condiciones; c) debe presentarse la descripción varietal de la variedad y d) deben tenerse los resultados de al menos un ciclo de ensayos de validación, que deben realizarse como mínimo en tres localidades en la zona y la época de mayor producción comercial del cultivo. La nueva variedad deberá ser igual o superior al testigo nacional en rendimiento, o bien en cualquier otro atributo de tipo agronómico, industrial, nutricional u otra característica de interés particular (ONS 2017).

La Dirección de Investigaciones Agrícolas del MAG y posteriormente el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) han aportado en el desarrollo y liberación de diferentes variedades de papa, tanto para consumo en fresco como para la industria. Para una adecuada siembra y manejo del cultivo es importante conocer las características de la variedad a utilizar, así como sus requerimientos edáficos y climatológicos (cuadro 1).

Cuadro 1. Variedades de papa comunes en Costa Rica.

Cultivar y/o variedad	Usos	Año de liberación	Comentarios
Atzimba	Consumo en fresco	NA*	Introducida por los agricultores de México en los años de 1950. Hoy en día de siembra limitada.
Tollocan	Consumo en fresco e industria	1985, liberada por el MAG	Introducida de México. Actualmente no se cultiva.
Rosita	Consumo en fresco	NA	Introducida por los agricultores de México en los años de 1950. Hoy en día no se siembra.
Granola	Consumo en fresco	NA	Ingresó al país en 1985 procedente de Alemania e introducida por la cooperativa COOPETIERRABLANCA. Fue evaluada y recomendada por el MAG en su momento.
Iztarú	Consumo en fresco e industria	1989, liberada por el MAG	Introducida de México. Actualmente no se cultiva.
Idiafrit	Industria de papas a la francesa	1996, liberada por el MAG	Introducida del CIP como un clon en 1990. Actualmente no se siembra.
Idiap	Consumo en fresco	Recomendada	Introducida de Panamá en 1993 por el MAG. Tolerante a tizón. Siembra limitada.
Birris	Consumo en fresco	1996, liberada por el MAG	Introducida del CIP como un clon en 1990. Actualmente no se siembra.
Floresta	Consumo en fresco e industria	1996, liberada por el MAG	Introducida del CIP como un clon en 1990. Actualmente es la de mayor demanda de siembra por los productores en el país.
Maleke	Consumo en fresco	2003, liberada por el INTA	Introducida en 1993 del CIP. Actualmente se siembra en regiones de La Cima de Dota y en Zarcero.
Nosara	Consumo en fresco	2003, liberada por el INTA	Introducida en 1993 del CIP. Actualmente no se siembra.
Intafrit	Para industria	2003, liberada por el INTA	Introducida en 1993 del CIP. Actualmente no se siembra.
Desirée	Consumo fresco e industria	Recomendada	Variedad introducida de Holanda y evaluada y recomendada por el Centro de Investigaciones Agrícolas de la Universidad de Costa Rica (UCR).
Elbe	Consumo en fresco e industria	2015, liberada por la UCR	Variedad liberada por el Centro de Investigaciones Agrícolas de la UCR.
Pasquí	Consumo en fresco e industria	2011, liberada por el INTA	Introducida en 2004 por el CIP-Perú. Utilizada principalmente para el sistema de agricultura orgánica.
Durán	Consumo en fresco	2011, liberada por el INTA	Introducida en 2004 por el CIP-Perú. Actualmente se siembra en la zona norte de Cartago, La Cima de Dota y Zarcero.
Kamuk	Consumo en fresco	2011, liberada por el INTA	Introducida en 2004 por el CIP-Perú. Siembra limitada.
Única	Consumo en fresco e industria	En proceso de liberación por el INTA	Introducida por productores y por el INTA (2007) del CIP-Perú; evaluada por el INTA para su liberación. Siembra en la zona norte de Cartago y en Zarcero.
Yema de huevo	Consumo en fresco	Recomendada	Introducida en 2009 del CIP-Perú. Se ha evaluado y recomendado para el pequeño productor de la agricultura familiar.

*NA: No aplica.

Variedades más utilizadas en Costa Rica

Floresta

Este material ingresó al país en 1990 proveniente del CIP, ubicado en Perú. Fue seleccionado de un total de 215 clones. Es una variedad altamente productiva, con tubérculos de forma ovalada, ojos superficiales de piel lisa y pulpa blanca. Tiene la cualidad de que su piel no se oscurece, aunque se mantenga por un período prolongado en el campo. Se adapta a todos los pisos altitudinales donde se cultiva la papa en Costa Rica, siendo las zonas más aptas las faldas del volcán Irazú.

La planta es de porte medio alto, de flor blanca, de hojas alternas de color verde pálido. El contenido de sólidos es variable, dependiendo de la zona de cultivo y de las prácticas de manejo, varía entre 18 % y 22 %. Tiene un ciclo promedio de 90 a 100 días. Se liberó como un material con resistencia al tizón tardío o quemá (*Phytophthora infestans*); no obstante, la siembra continua de esta variedad ha hecho que disminuya el nivel de tolerancia a esta enfermedad. Sin embargo, aún tiene un gran poder de recuperación cuando se le aplican fungicidas, mayor que otras variedades.

Es recomendable una distancia de siembra entre surcos de 80-90 cm, y entre tubérculos de 25-30 cm, dependiendo del tamaño de la semilla. Con una buena calidad de semilla se puede obtener una producción de 40 t/ha. Esta variedad es más resistente al daño ocasionado por la polilla de la papa y la mosca minadora. Tiene buenas cualidades culinarias y es una variedad todo propósito que funciona bien para la industria de hojuelas y papas de palillo y que se adapta a la industria de papas a la "francesa".

La variedad Floresta está bien posicionada en el mercado y es utilizada por los productores por sus características de tubérculo de color blanco y muy productivo; de ahí que cubra el 80 % del área de siembra a nivel nacional (figura 4). Un elemento a resaltar fue el proceso de evaluación y selección que se hizo de manera participativa con el involucramiento de los productores, de manera que la adopción de esta variedad fue casi inmediata. La siembran diferentes grupos de productores (grandes, medianos y pequeños) y se puede utilizar para la agricultura familiar.

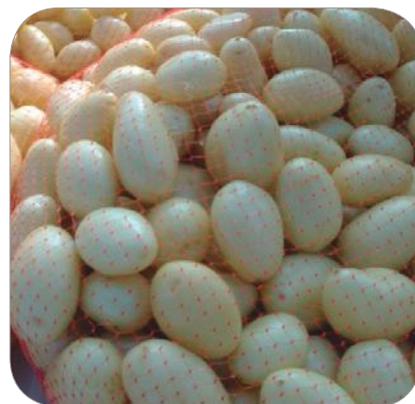
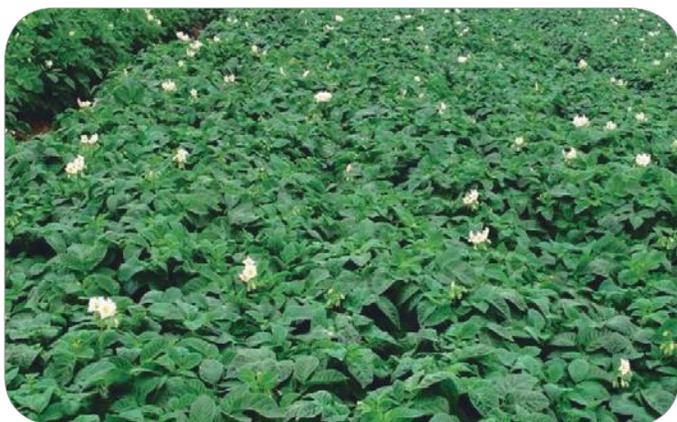


Figura 4. Plantación y semilla prebásica de Floresta.

Granola

Es originaria de Alemania, la altura de la planta puede llegar hasta los 70 cm, presenta poca floración 35 a 40 días después de la siembra (dds), sus flores son de color lila. Su madurez fisiológica se presenta entre los 75 y 85 dds, la piel es lisa y de color amarillo al igual que la pulpa, sus tubérculos son redondos y de ojos superficiales, el porcentaje de sólidos es de aproximadamente 19 % (figura 5). Es una variedad susceptible al tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y al pie negro (*Erwinia carotovora*). Es resistente al virus del enrollamiento (PLRV), que es uno de los más importantes para las condiciones tropicales. Es ideal para zonas como Tierra Blanca de Cartago (de 2000 a 2500 msnm), en donde se adapta muy bien en época de verano, y para la región de Zarcero, donde se siembra la mayor área de esta variedad. Su uso es para consumo fresco y es una variedad altamente productiva. Con una buena semilla y adecuado manejo agronómico, se puede obtener una producción de 40 t/ha.



Figura 5. Semilla de papa de la variedad Granola.

Idiafrit

Originaria de Perú, ingresó al país en 1990. Es una variedad para la industria de “papas a la francesa”. De porte alto tipo andígeno, de flores moradas y follaje verde oscuro. El ciclo de esta variedad es largo, mayor o igual a 120 días. Tiene resistencia de campo a tizón tardío. Los tubérculos son oval-alargados aplanados, de color crema con color secundario rosado, de piel lisa, ojos superficiales y al igual que la variedad Floresta sus tubérculos no sufren de mancha en la piel. Produce muchos tubérculos, tiene buena aceptación para consumo en fresco por su excelente sabor, con un contenido de sólidos totales de alrededor de 22 % y es ideal para la industria de papas a la “francesa”. Con una buena semilla se puede obtener una producción de 40-45 t/ha.

Maleke

Originaria del CIP-Perú, esta variedad presenta excelentes características agronómicas con alto potencial de rendimiento. Es una variedad de ciclo intermedio de 110 días a cosecha. Posee buena adaptación en las diferentes zonas productoras de papa. Es bastante tolerante a tizón tardío e ideal para consumo fresco.

La planta tiene un porte medio semi-erecto, hojas medianas de color verde claro, floración abundante y de color blanco. Los tubérculos son de forma ovalada, piel y pulpa de color crema, ojos superficiales (figura 6). Se adapta bien a las diferentes zonas paperas de Costa Rica con altitudes a partir de los 1400 msnm y hasta los 3200 msnm. Es bastante resistente a la mosca minadora y tiene buena tolerancia a los principales virus de importancia económica. Presenta un potencial de rendimiento de 35-40 t/ha. En cuanto a su calidad culinaria es una papa de muy buen sabor, de color estable, de cocción rápida y con un 21 % de materia seca y alta en sólidos.

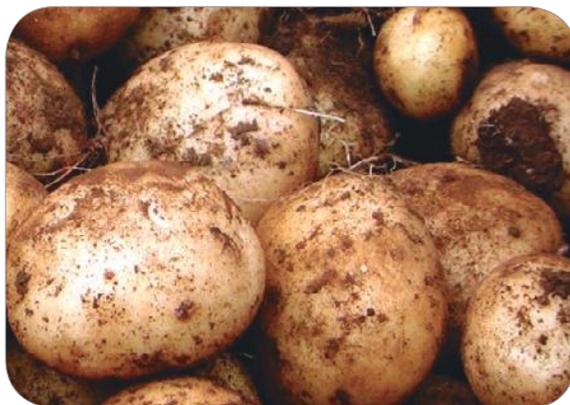


Figura 6. Semilla de papa de la variedad Maleke.

Durán

Variedad liberada en 2011 por el INTA, con alta tolerancia al tizón tardío, usos para consumo fresco y de 21 % a 22 % de sólidos. El tubérculo es oval-redondeado, de piel lisa y color crema, porte de planta robusto y de un rendimiento de 50 t/ha (figura 7). En el marco del PRIICA se validó en la zona media de Cartago, se introdujo en La Cima de Dota y en la zona alta de Las Juntas de Abangares con buenos resultados, siendo la variedad de mayor aceptación por los pequeños y medianos productores de la agricultura familiar.



Figura 7. Plantación de papa de la variedad Durán.

Pasquí

Fue liberada en 2011 por el INTA, con alta tolerancia a tizón tardío, usos para mesa e industria, de 21 % a 22 % de sólidos, pulpa amarilla y piel roja y de muy buen sabor. Con un período de 105 días a la cosecha, es de porte erecto similar a la variedad Floresta y con un rendimiento promedio de 35 t/ha (figura 8). Se utiliza en los sistemas de agricultura orgánica por su resistencia al tizón y con buena aceptación para la agricultura familiar y la seguridad alimentaria. Se adapta bien a las zonas altas como Asentamiento El Triunfo (faldas de los volcanes Turrialba e Irazú) y zonas altas de Pacayas.



Figura 8. Características generales de la variedad Pasquí.

Kamuk

Liberada en 2011 por el INTA, con alta resistencia de campo al tizón tardío. Se consume en fresco, el contenido de sólidos es del 23 %, es una planta de crecimiento erecto con folíolos de hojas pequeñas de color verde pálido y con flores de color blanco, las plantas son de 1 m de alto. Los tubérculos son grandes de forma ovalada, piel de color crema y ojos rosados, el rendimiento promedio es de 50 t/ha (figura 9). El ciclo del cultivo es de 100 a 110 días. Se adapta a zonas altas, como las faldas de los volcanes Irazú y Turrialba. Es susceptible al virus del enrollamiento de las hojas de la papa (PLRV), lo que hace que se deba estar renovando la semilla, ya que en presencia del vector se degenera muy rápido y, por ende, debe renovarse luego del tercer ciclo de siembra. Esta limitante se identificó luego de tenerse volúmenes comerciales de la variedad; previo a ello no se había presentado esta situación.

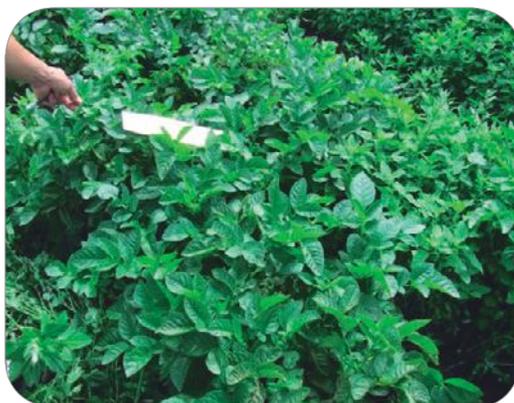


Figura 9. Plantación de papa y semilla de la variedad Kamuk.

Yema de huevo

Esta variedad ingresó al país en 2011 proveniente del CIP-Perú. No obstante, en Costa Rica ya se cultivaba con el nombre de papa Colombiana (posiblemente introducida años atrás por agricultores). También en Panamá se evaluó con agricultores y con buenos resultados, en donde se liberó en 2011 con el nombre de IDIAP-Criolla.

Es una papa redonda de piel y pulpa amarilla, tiene ojos semiprofundos, su tiempo de cocción es de cinco minutos y tiene un alto contenido de sólidos (figura 10). Los tubérculos no tienen dormancia (brotación). La planta es de porte alto, crecimiento erecto, de foliolos con hojas alternas finas de color verde pálido y flores moradas. Tiene un ciclo largo de 120 días a la cosecha y es muy rústica. Es una papa tipo gourmet, de la que se paga la calidad por unidad de tubérculo. La producción por planta varía de entre 40 a 50 tubérculos. Se siembra en zonas altas, desde los 1800 msnm hasta los 3200 msnm, y tiene resistencia al tizón tardío.

En Costa Rica se siembra en la zona de La Cima de Dota por pequeños agricultores y se comercializa en las ferias del agricultor por su alta demanda. En el marco del PRIICA se produjo semilla de calidad en las faldas del volcán Turrialba para abastecer a los pequeños agricultores de La Cima de Dota, siendo esta una alternativa no solo para la seguridad alimentaria sino también para la integración a mercados de estos grupos de productores. Igualmente se introdujo en las zonas altas del cantón de Abangares con excelentes resultados de producción.

Es una variedad rústica que requiere bajos insumos, es resistente al tizón tardío y no tiene período de dormancia, lo que le permite brotar inmediatamente después de ser cosechada. Por sus características agronómicas, es ventajosa para la agricultura familiar, siendo una alternativa de producción para la seguridad alimentaria y la diversificación de la dieta de las familias rurales.



Figura 10. Variedad de papa Yema de huevo.

Única

Fue introducida por el INTA en 2008 proveniente del CIP-Perú. Es una variedad herbácea con crecimiento erecto, tallos gruesos de color verde oscuro, de porte alto (0,9 a 1,2 m). Presenta una hoja disectada con cinco pares de folíolos laterales y un par de interhojuelas sobre los peciólulos, floración moderada con flores de color lila, tubérculos grandes de forma oval alargada, ojos superficiales y piel rosada oscuro (figura 11). La pulpa es de color crema, con contenidos altos de sólidos (22 % a 23 %); tiene un ciclo corto de 70 a 90 días y un rendimiento de 45 t/ha. Se siembra en todas las zonas paperas del país, especialmente en la zona norte de Cartago. Se usa para consumo en fresco y tiene un buen rendimiento en la industria para hojuelas (Gutiérrez *et al.* 2007).

Presenta una resistencia de campo al tizón tardío mayor que la presentada por la variedad Floresta. En el marco del PRIICA se produjo semilla en la zona alta de Cartago para ser introducida en otras zonas del país como La Cima de Dota y en las partes altas de Las Juntas de Abangares. Al ser resistente al tizón tardío, su manejo es más amigable con el ambiente y se recomienda para la agricultura familiar, dado que se debe aplicar menor cantidad de plaguicidas en su ciclo de producción.



Figura 11. Variedad de papa Única.

MEJORAMIENTO GENÉTICO

El mejoramiento genético consiste en desarrollar nuevas variedades de plantas en aquellos cultivos de importancia económica, de manera que respondan a las necesidades de los productores y/o el mercado. Existe una serie de metodologías tradicionales y biotecnológicas para llevar a cabo este proceso y, según el cultivo o la característica a mejorar, se requerirá una o varias de estas metodologías.

Según Estrada (2000), una variedad moderna requiere la combinación de 50 o más caracteres, de los cuales los más importantes son los tres siguientes:

- Mayor rendimiento, como resultado de la combinación de factores morfológicos, fisiológicos y ontogénicos, además de la adaptación de técnicas de manejo en campo como aporque, control de malezas y distancias de siembra en la cosecha y almacenamiento.
- Resistencia a los factores adversos abióticos (heladas, sequías, suelos salinos, etc.) y bióticos (plagas, insectos y nematodos).
- Calidad, de acuerdo con los fines para los que se destina la papa (sólidos totales, compactación, azúcares reductores, tiempo de cocción, propiedades organolépticas, verdeamiento en almacén, contenidos de alcaloides).

Para encarar estos factores se requiere conocer cómo se heredan estos caracteres. Cuando la herencia se debe a factores mendelianos simples, se pueden obtener progenies seleccionadas con los caracteres deseados. Esto permite una selección temprana de plántulas para reducir la población en estudio, especialmente en la selección de caracteres bióticos y abióticos. Lamentablemente muchos de estos caracteres están controlados por muchos genes (poligenes) y con frecuencia, pocas plántulas igualan o superan a los progenitores. En consecuencia, se deben obtener grandes cantidades de plántulas (cientos de miles en muchos casos) para seleccionar un cultivar mejorado. Un programa de mejoramiento genético convencional necesita entre 6 a 8 años para probar las plántulas y escoger los genotipos adecuados. De este proceso, solo unos pocos genotipos serán superiores al promedio, pero eventualmente podrían tener ciertas desventajas en relación con los caracteres típicos de otros cultivares.

El CIP, ubicado en Perú, y otras instituciones públicas y privadas del ámbito mundial se dedican al mejoramiento genético y a la producción de germoplasma avanzado de papa. Dicho germoplasma está disponible para evaluaciones en nuestro país. El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), con la Dirección de Investigaciones Agrícolas (DIA), y posteriormente el INTA, desde la década de los ochenta han introducido al país clones avanzados para continuar su proceso de mejoramiento genético, el cual involucra la introducción, generación, evaluación, selección, validación y liberación de nuevos cultivares. El cultivo de la papa ha sido bastante

estudiado en el ámbito mundial en los aspectos relacionados con la genética de algunas características como la resistencia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*), virus y hongos de suelo.

En Costa Rica, igual que en otros países donde se siembra la papa, una de las principales enfermedades que ocasionan daños severos en el cultivo es el tizón tardío (*Phytophthora infestans*). En condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad y sin el manejo agronómico adecuado, una siembra puede verse afectada en un 100 %. En las regiones de nuestro país donde se cultiva la papa, la temperatura oscila entre 15 °C y 22 °C, con un promedio de 18 °C, la humedad relativa promedio es de 80 % y se da una alta nubosidad. Esas condiciones son óptimas para el desarrollo de la enfermedad, aunado a que en muchos lugares el tizón tardío ha desarrollado resistencia a los principales fungicidas. Además, han evolucionado nuevas y más virulentas variantes del hongo que pueden vencer la resistencia genética de las variedades de papa (Barquero *et al.* 2005). De ahí la importancia de desarrollar cultivares con resistencia de campo a este hongo.

Evaluación y selección de clones

Para la liberación oficial de una variedad, se deben cumplir varios pasos importantes, tales como los siguientes:

- **Introducción y selección de clones:** En este paso se trabaja con un pequeño número de tubérculos (5 a 10). Los cultivares se siembran en fincas de agricultores en una zona alta (sobre los 2700 msnm) y se evalúan sin aplicación de fungicidas para validar el grado de resistencia al tizón tardío. Se seleccionan los mejores clones de acuerdo con sus características, no solo por la respuesta al tizón tardío, sino también según las características de sus tubérculos: profundidad de los ojos, tipo de piel, color de la piel, forma, entre otras. Por ejemplo, en esta etapa se cuenta con 100 a 200 clones, de los cuales se seleccionan los mejores en una proporción manejable para etapas posteriores.
- **Evaluación y selección de clones:** Los clones seleccionados en el primer paso se siembran nuevamente, con el objetivo de evaluar su comportamiento a otras plagas y enfermedades, incluyendo el tizón tardío, así como de determinar el contenido de sólidos y el rendimiento. Normalmente se cuenta con 25 a 40 clones, que se siembran en parcelas de un surco cada una. En esta etapa se descarta un alto porcentaje de genotipos indeseables o poco promisorios (50 % o más).

- **Evaluación y selección de clones a diferentes altitudes:** Se seleccionan de 10 a 15 clones de la etapa anterior y se siembran en parcelas de cuatro surcos con cuatro repeticiones en sitios seleccionados y en la estación experimental. Además, se mantiene una fracción de este material en proceso de multiplicación en la zona alta para contar con material suficiente para las pruebas posteriores y para su eventual liberación. En esta etapa se toman notas más detalladas acerca de cada clon y se obtienen medidas más precisas de su rendimiento comercial.
- **Prueba regional con los clones promisorios:** Cuando se cuenta con suficiente cantidad de material semilla, se evalúan los clones seleccionados en la etapa anterior en diferentes condiciones agroecológicas, para obtener información del comportamiento de los cultivares. Se utilizan parcelas de cuatro surcos con diseño estadístico y repeticiones. Se evalúan las características agronómicas, como el rendimiento comercial y no comercial, el comportamiento ante plagas, las características organolépticas y el contenido de sólidos totales.
- **Evaluación del comportamiento de los cultivares promisorios en prácticas de manejo y comercialización:** En esta etapa se procede a evaluar los requerimientos de fertilización, las distancias de siembra y otras prácticas de manejo de los clones que se consideren promisorios. Estos trabajos se llevan a cabo con diseño estadístico y repeticiones en sitios seleccionados y en la estación experimental. El objetivo es evaluar el conjunto de prácticas de manejo para que el agricultor cuente con información para su proceso productivo. Se hace énfasis en la calidad, la conservación en almacén y la aceptación de los usuarios.
- **Validación de clones avanzados:** Se establecen parcelas de media hectárea o más (según disponibilidad de material) para la validación de aquellos clones seleccionados en etapas anteriores. En esta etapa se cuenta con cinco a ocho clones que se siembran en sitios seleccionados. Estas parcelas llevan un proceso de evaluación de características, tales como la calidad para mercado y las pruebas en el ámbito de la industria y el mercadeo para determinar la aceptación de dichos materiales.
- **Producción de semilla de clones seleccionados:** Se procede a multiplicar semilla de los materiales promisorios con el fin de ofrecer material sano y de calidad a los productores de semilla, así como para consumo (fresco e industrial). Esta multiplicación se lleva a cabo en el laboratorio y en el invernadero para producir semilla prebásica y en el campo para el caso de semilla de otras categorías.
- **Liberación oficial de los clones seleccionados:** Se procede a realizar un acto oficial de liberación que involucra la inscripción de las nuevas variedades ante la ONS, así como la entrega de semilla prebásica y de otras categorías a los productores de papa de estas nuevas variedades. Paralelamente a este proceso, se realiza una campaña de divulgación de las características de las nuevas variedades mediante charlas, días de campo, parcelas demostrativas, publicaciones, medios de comunicación masiva y otros.

A manera de resumen se mencionan algunas de las características que se evalúan durante todo el proceso indicado anteriormente:

- Resistencia de campo de cultivares al tizón tardío.
- Calidad del tubérculo: forma, color de piel y carne.
- Tolerancia a polillas de la papa (*Tecia solanivora*, *Phthorimaea operculella*), mosca minadora (*Liriomyza luidobrensis*), sarna (*Spongospora subterranea*), pie negro (*Erwinia* sp.), etc.
- Potencial de rendimiento.
- Profundidad de ojos, contenido de sólidos solubles y azúcares reductores.
- Ciclo de cultivo (emergencia, floración, madurez fisiológica).
- Altura de planta.
- Prácticas de manejo (fertilización, distancia de siembra y otros).

Cultivares promisorios en proceso de selección

El proceso de evaluación y selección se hace con la finalidad de que el productor disponga de opciones de diferentes tipos de papa en cuanto a calidad y resistencia a plagas. El INTA, a través de la Estación Experimental Dr. Carlos Durán, ha producido semilla de alta calidad de clones que envía el CIP de la colección de resistencia a tizón tardío y pruebas de estandarización regional. Los cultivares promisorios son producto de evaluaciones realizadas durante los años 2009 a 2012 de una colección de 200 clones enviados. Se seleccionaron como cultivares promisorios los siguientes clones: **396009.239, 396009.240, 393085,5** (este clon 393085,5 obtuvo buena capacidad de tostar en forma óptima a una altura de 2900 msnm y en época lluviosa), **Pukara, 387334.5, 396004.225, 396009.236, 385556.4**. Estos cultivares identificados se han seguido evaluando con los siguientes parámetros: resistencia a tizón tardío, mosca minadora (*Liriomyza luidobrensis*), color, forma, color de pulpa, profundidad de ojos del tubérculo, altura de la planta, rendimiento, contenido de sólidos totales y susceptibilidad a *Erwinia* sp., *Fusarium* sp. y *Rhizoctonia* sp. También se les hicieron caracterizaciones fenológicas y pruebas regionales para su inscripción y liberación como variedades (cuadro 2).

Cuadro 2. Características de los cultivares promisorios, PRIICA (2013-2015).

Características de los materiales	Foto
<p>Clon 396009.239</p> <ul style="list-style-type: none">• Hábito de crecimiento: erecto.• Color de la flor: lila.• Forma del tubérculo: oblongo.• Color de la piel del tubérculo: crema con ojo rosado.• Color de la pulpa del tubérculo: crema. Profundidad de ojos del tubérculo: superficial.• Rendimiento: alto (casi un kilo por planta).• Adaptación: zona alta.	
<p>Clon 396009.240:</p> <ul style="list-style-type: none">• Hábito de crecimiento: erecto.• Color de la flor: lila.• Forma del tubérculo: oval redondeada.• Color de la piel del tubérculo: crema con ojo rosado.• Color de la pulpa del tubérculo: crema.• Profundidad de ojos del tubérculo: superficial.• Rendimiento: alto (casi un kilo por planta).• Adaptación: zona alta.	
<p>Clon 393228.67:</p> <ul style="list-style-type: none">• Hábito de crecimiento: erecto.• Color de la flor: lila.• Forma del tubérculo: redondo.• Color de la piel del tubérculo: blanco crema con área irregulares rosadas.• Color de la pulpa del tubérculo: blanca.• Profundidad de ojos del tubérculo: superficial.• Rendimiento: muy alto (un kilo por planta).• Adaptación: zona alta.	

Clon 392797.22

- Hábito de crecimiento: erecto.
- Color de la flor: lila.
- Forma del tubérculo: oval alargado.
- Color de la piel del tubérculo: roja.
- Color de la pulpa del tubérculo: blanca.
- Profundidad de ojos del tubérculo: superficial.
- Rendimiento: alto (un kilo por planta).
- Adaptación: zona alta y zona media.

**Clon 397036.7**

- Hábito de crecimiento: erecto.
- Color de la flor: blanca.
- Forma del tubérculo: ovalada.
- Color de la piel del tubérculo: blanca.
- Color de la pulpa del tubérculo: crema.
- Profundidad de ojos del tubérculo: superficial.
- Rendimiento: muy alto (más de un kilo por planta).
- Adaptación: zona alta y zona baja.

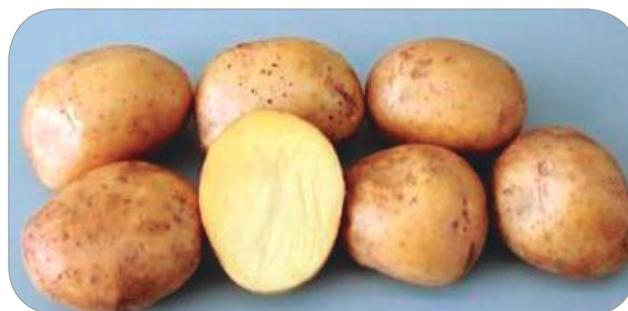
**Clon 393085.5**

- Hábito de crecimiento: erecto.
- Color de la flor: blanca.
- Forma del tubérculo: ovalada, piel rugosa.
- Color de la piel del tubérculo: blanca.
- Color de la pulpa del tubérculo: crema.
- Profundidad de ojos del tubérculo: superficial.
- Rendimiento: bajo.
- Adaptación: zona alta y zona media.



Clon 396240.23

- Hábito de crecimiento: erecto.
- Color de la flor: blanca.
- Forma del tubérculo: ovalada.
- Color de la piel del tubérculo: blanca.
- Color de la pulpa del tubérculo: crema.
- Profundidad de ojos del tubérculo: superficial.
- Rendimiento: medio (más de medio kilo por planta).
- Adaptación: zona alta y zona media.

**Clon 396004.225**

- Hábito de crecimiento: erecto.
- Color de la flor: blanca.
- Forma del tubérculo: ovalada.
- Color de la piel del tubérculo: roja.
- Color de la pulpa del tubérculo: crema.
- Profundidad de ojos: superficial.
- Rendimiento: medio (más de medio kilo por planta).
- Adaptación: zona alta y zona media.

**Clon 720189. Pukara**

Este cultivar fue introducido al país desde Chile en 2009. Es muy similar en sus características a la variedad Única: tubérculo de forma oval alargada y de color rojo, pulpa amarilla, con ojos semiprofundos, con hábito de crecimiento semi-erecto, de follaje verde oscuro y con abundantes flores rosadas. Tiene un contenido de sólidos de 22 %, es resistente al PLV y se usa para el consumo en fresco y para la industria.



Clon 385556.4

Este clon fue introducido del CIP en 2004. Es muy resistente al tizón tardío, de excelente producción, con tubérculo y pulpa de color amarillo, de crecimiento erecto de 70 cm y con flores blancas. Se utiliza para consumo en fresco y la industria. Se ha evaluado en Zarceros y Cartago. Tiene un alto contenido de sólidos de 23 %.



Cultivares de papa con tolerancia al estrés biótico

En 2012 se introdujo una colección de 49 clones de papa desarrolladas por el CIP-Perú, con adaptación a altas temperaturas y a la sequía. En el marco del PRIICA, estos cultivares se reprodujeron mediante el sistema *in vitro*, el sistema autotrófico hidropónico (SAH) e invernadero en la Estación Experimental Dr. Carlos Durán, donde se realizó una identificación de color y forma del tubérculo. Posteriormente se llevaron a zonas con altas temperaturas y estrés hídrico para su proceso de evaluación.

En la primera siembra se realizó un incremento de semilla en localidades de San Rafael, Candelaria, Dos de Tilarán, Los Tornos y Campos de Oro. Al ser estas localidades nuevas en el cultivo de la papa, no se presentaron plagas ni enfermedades y el manejo agronómico fue bajo un sistema orgánico. En general todos los cultivares mostraron adaptación a esas condiciones climatológicas (alturas inferiores a 1000 msnm, temperaturas superiores a 35 °C y baja precipitación). Se seleccionaron los cultivares 398017.53, 398180.144, 398208.620, 398523.10, 398190.112, 398098.231, 398193.84, 398192.213 y 398190.52. La mayoría los tubérculos de estos cultivares fueron de piel lisa, forma ovalada y oblonga. Este es un proceso que está en una fase inicial de evaluación y selección. Se considera que tienen un alto potencial en el país como futuras opciones ante el cambio climático, además de ser alternativas para contribuir a la seguridad alimentaria y al bienestar de las familias productoras.

Importancia de la papa en la seguridad alimentaria

La papa es un alimento muy nutritivo. Desempeña funciones energéticas, debido a su alto contenido de almidón, y funciones reguladoras del organismo, por su elevado contenido de vitaminas hidrosolubles, minerales y fibra. Se consideraba que era un alimento nutritivamente pobre, pero en realidad aporta más nutrientes que energía al organismo. En Costa Rica la mayoría de la población tiene acceso a este alimento, ya que se produce durante todo el año. Una hectárea de papa puede rendir la misma cantidad de alimento que dos a cuatro hectáreas de granos básicos; además, produce el doble de proteínas por hectárea que el trigo (Espinoza 2014).

Es una fuente de vitaminas. Contiene vitaminas del complejo B y provee cerca del 40 % de la dosis diaria recomendada de vitamina C. Otras importantes características nutricionales son las siguientes:

- Es rica en algunos minerales, como el potasio.
- Es una fuente de fenoles, compuestos que pueden tener un papel importante en la salud.
- Virtualmente libre de grasa.
- Casi libre de azúcares solubles.
- De baja densidad energética, pues la papa “llena” con muy pocas calorías. Una toma diaria de 150-300 g de papa proporciona solo 4-8 % de las calorías requeridas por un adulto.
- Es rápidamente digerible.
- Es una fuente de proteína de alta calidad, pese a ser deficiente en metionina, un aminoácido esencial.

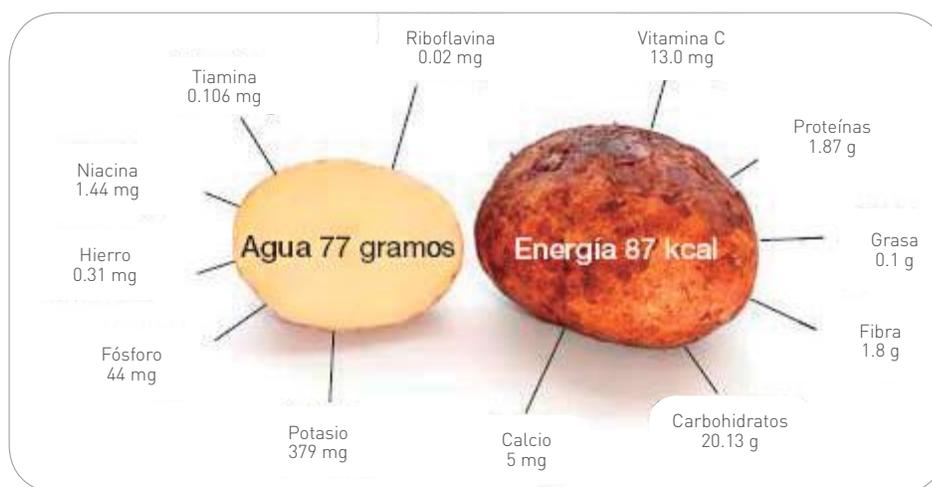


Figura 12. Elementos presentes en un tubérculo de papa.

Fuente: Devaux *et al.* 2011.

PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA

Producción de semilla prebásica

El mantener una buena calidad de la semilla es un factor decisivo en la producción de papa, ya que incide directamente en los costos de producción, pues alcanza hasta el 40 % de los costos totales. En Costa Rica no se importa la semilla, sino que se adquiere a través de diferentes organizaciones en la forma de semillas prebásicas o plántulas *in vitro*.

Varios factores inciden en la degeneración de la semilla, como el ataque de virus, micoplasmas, viroides, hongos, bacterias y nematodos, a lo que contribuyen las siembras sucesivas en terrenos infestados. Producto de esta degeneración se produce una disminución en los rendimientos.

En el país se ha informado de la presencia de once virus específicos de la papa y de dos viroides no específicos (Brenes *et al.* 2002). Anteriormente no se había realizado un análisis molecular de todos los virus que afectan la papa y es posible que la estuvieran afectando desde mucho tiempo atrás¹, siendo los más importantes PLRV, PVX, PVS, PVY y el virus M. Se conoce de sinergismo entre los diferentes virus responsables del descenso en el rendimiento de las cosechas, principalmente el PLRV (virus del enrollamiento de las hojas de la papa), por lo que surge la necesidad prioritaria de producir semilla de alta calidad y de mantener la que ya se encuentra en el campo, esto con el fin de procurar una disponibilidad de semilla de alta calidad que permita aumentar los rendimientos por área.

Algunos procesos de producción de semilla limpia para asegurar una buena cosecha son:

Limpieza viral

El proceso de limpieza de virus en materiales de papa se realiza mediante una técnica que se denomina termoterapia, que consiste en someter a los tubérculos o plantas a temperaturas

1 Salazar, L. 5 dic. 2004. Virus de la papa (entrevista). Lima, Perú. CIP.

altas para disminuir la tasa de multiplicación de los virus. De manera más concreta, el método se basa en colocar el material de interés a 30-36 °C por 16 horas con luz continua (según la variedad) y a un 70 % de humedad relativa. El tratamiento se realiza durante cuatro semanas. Luego se extraen los meristemas de 2 mm o menos de tamaño, los cuales se siembran en medio de cultivo especial en condiciones *in vitro*. Al cabo de 22 días cuando la plántula alcanza un tamaño apropiado, se realiza un análisis serológico en laboratorio, con el fin de comprobar la eliminación del virus. El INTA utiliza esta técnica en casos especiales, sobre todo con cultivares de papa que han perdido identidad; este procedimiento se hace por demanda de los mismos productores y/o por interés institucional. Esta técnica es un medio para liberar a cultivares de la presencia de virus e incrementar su productividad (Chaves y Ramírez 2013).

Producción de *vitroplantas*

El cultivo de tejidos es un proceso de propagación rápida de cultivares de papa. En Costa Rica se utiliza desde 1989. Sus ventajas son la propagación masiva del material vegetativo, por ser un método de producción asexual, y el aseguramiento de la conservación varietal durante las generaciones sucesivas de multiplicación.

El cultivo *in vitro* se refiere al cultivo de cualquier estructura viva de una planta, sea esta una célula, un tejido o un órgano, bajo condiciones asépticas (libres de enfermedades). La técnica significa literalmente “en vidrio”, debido a que el cultivo se encuentra dentro de un frasco de vidrio o de plástico transparente. A esta propagación también se le conoce como micropropagación, debido a la obtención y manejo de plantas en miniatura llamadas “plántulas”. Para la implementación de estos procesos se requiere un laboratorio con las condiciones apropiadas.

El proceso que se utiliza en el país es la reproducción por nudos, los que se cortan acompañados de hojitas a partir de plántulas *in vitro*. Las hojas grandes se retiran y los nudos individuales se colocan sobre una superficie de agar con nutrientes en las sales de Murashige & Skoog, 1962 (M&S). La yema axilar rápidamente crece y en tres o cuatro semanas se tienen seis o más nudos disponibles para ser transferidos.

Otro medio que se utiliza es la micropropagación en medio líquido utilizando las sales (M&S). La diferencia de este método en relación con el anterior es que plántulas no se seccionan en los nudos, sino que a cada plantita se le elimina el extremo apical y radical, las hojas, y se colocan en el mismo medio de cultivo, pero sin gelificante.

Algunas de las ventajas que ofrece el cultivo *in vitro* (CIP 1986a) son las siguientes:

- Propagación clonal máxima de plantas libres de enfermedades en corto tiempo, partiendo de que el material original está libre de patógenos.
- Mantiene el cultivo libre de plagas y enfermedades, por ser una técnica que requiere mucha asepsia.
- Reduce los costos de las labores agronómicas en el mantenimiento de grandes colecciones de germoplasma en el campo.
- Los clones y/o variedades pueden ser propagados en cualquier época del año, mientras que mediante métodos convencionales ello depende de condiciones ambientales propicias.

Se puede mencionar que las plántulas producidas con estas técnicas se utilizan como material inicial para los programas de certificación de semilla.

Cuarto de crecimiento *in vitro*

Luego de la micropropagación los frascos que se han multiplicado con los procedimientos anteriores deben ser colocados en un ambiente con condiciones de luz y temperatura adecuadas para el crecimiento de las plántulas de papa. Este espacio consiste en un área con estanterías blancas separadas 45 cm entre sí, con tubos fluorescentes que proporcionan 2000 luxes y un fotoperíodo de 16 horas luz. La temperatura del cuarto debe estar entre 18 °C y 25 °C. Los frascos deben mantenerse en ésta área de crecimiento *in vitro* durante un mes, a partir del cual pueden multiplicarse nuevamente las plántulas (figura 13).



Figura 13. Cuarto de crecimiento *in vitro* en la Estación Experimental Dr. Carlos Durán, Cartago, Costa Rica.

Producción de microtubérculos *in vitro*

La producción de microtubérculos tiene un gran potencial en un programa de semilla, debido a su fácil manipulación y a su calidad sanitaria. En el Programa de Papa del INTA se está utilizando esta técnica para algunas variedades de difícil reproducción o ciclo vegetativo corto, como es el caso de la variedad Granola (figura 14). La práctica consiste en utilizar la reproducción en medio líquido de propagación. Posteriormente a un mes de crecimiento de la plántula, se les reemplaza a medio de tuberización, el cual contiene la hormona cloruro de clorocolina (CCC), que induce la tuberización en las yemas de la planta. Los frascos se almacenan en oscuridad total, a una temperatura de 4 °C a 8 °C por un período de 60 días, al cabo de los cuales se cosechan los microtubérculos.

Esta práctica ha funcionado muy bien, ya que se obtienen de 10 a 15 microtubérculos por frasco erlenmeyer (500 cc). Los tubérculos se ponen a brotar y se siembran en condiciones de laboratorio por medio de la técnica denominada "sistema autotrófico hidropónico" (SAH), donde se comportan como cualquier otra plántula *in vitro* y producen tubérculos de buen tamaño para entregar a los agricultores semilleros.



Figura 14. Microtubérculo de papa de la variedad Granola. Estación Experimental Dr. Carlos Durán, Cartago, 2016.

Otros sistemas rápidos de multiplicación de semilla de papa

- Sistema aeropónico: Se basa esencialmente en la multiplicación del tejido, usando como medio el aire y soluciones de fertilizantes para la nutrición de las vitroplantas.
- Sistema hidropónico: Se basa en la multiplicación del tejido, utiliza como medio de multiplicación el agua y soluciones de fertilizantes para la nutrición de las vitroplantas.
- Sistema autotrófico hidropónico (SAH): Es una de las técnicas utilizadas actualmente por la Estación Experimental Dr. Carlos Durán del INTA, Costa Rica. Esta técnica consiste en

el incremento masivo y/o clonal de plantas de papa en laboratorio, para lo cual se siembran esquejes con dos nudos en un sustrato inerte con una solución nutritiva en cajas de polipropileno. Se colocan 30 esquejes en cada caja. Las plantas se desarrollan en un período de un mes bajo condiciones de temperatura, humedad relativa y luz controladas, lo que hace que las plantas sean más robustas y fotosintéticamente activas. Es indispensable partir de vitroplantas libres de patógenos (figura 15).



Figura 15. Sistema Autotrófico Hidropónico (SAH). Estación Experimental Dr. Carlos Durán, Cartago, Costa Rica.

Producción de semilla en invernadero

Las plantas provenientes del laboratorio de cultivo de tejidos, obtenidas por los métodos anteriormente descritos, son transferidas al invernadero para someterlas a un acondicionamiento de luz y temperatura. Inicialmente se colocan en macetas o vasos plásticos pequeños. Luego son trasplantadas a macetas o potes plásticos con un sustrato de suelo esterilizado (tratado con calor o químicamente) y mezclado con materiales inertes y materia orgánica para darle una estructura y fertilidad adecuadas que permitan la producción de tubérculos.

Existen muchos tipos de sustratos. Lo más recomendado es usar dos partes de suelo (sustrato principal) que no sea de zonas donde se produce papa comercialmente; puede agregarse materia orgánica (algún tipo de compost), una parte de arena de río previamente lavada y una parte de algún material inerte (granza de arroz, musgo o material *peat moss*). Una vez mezclados los materiales se debe hacer análisis químico para verificar el pH y las cantidades de elementos presentes en el sustrato. Este se debe esterilizar con calor o cualquier otra forma de desinfección química (Dazomed y Metam sodio), de tal forma que se compruebe que no tiene patógenos de suelo como hongos y bacterias en general.

En invernadero, las vitroplantas se transfieren primero a vasos con el sustrato antes mencionado, protegiéndolas con aplicaciones de fungicidas y riego controlado mientras se establecen (primeros 10 días). Al mes estas plantas se transfieren de los vasos a macetas, donde se comportan como plantas en campo. Se, se deben aporcar, fertilizar, regar, etc. Las plantas *in vitro* pueden tener una tasa de multiplicación de 20 tubérculos o más por maceta dependiendo de la variedad utilizada y del manejo que se les brinde. Las plántulas *in vitro* que proceden del laboratorio de la Estación Experimental Dr. Carlos Durán están libres de plagas (virus, hongos, bacterias, nematodos y otros), por lo que permiten una cosecha sana y abundante (figura 16).



Figura 16. Sistema de producción en invernadero en la Estación Experimental Dr. Carlos Durán, Cartago, Costa Rica.

Una vez que la planta de papa llega a su grado de madurez fisiológica, se debe eliminar el follaje en forma manual y posteriormente se deja que el tubérculo suberice dentro de la maceta. Luego se seleccionan por tamaño, sanidad y características de la variedad. Se eliminan los residuos de sustrato y luego se desinfectan en solución con insecticida y fungicida y se secan para ser almacenados para la venta. Esta es la semilla prebásica que se utiliza en el campo para la primera siembra de semilla básica.

Los invernaderos para la producción de semilla deben estar bien sellados, cubiertos con malla antiáfidos (50 x 40 de *mesh*, preferiblemente), la cual debe garantizar que no pasen los insectos muy pequeños, como la mosca blanca, áfidos y otras plagas. Deben tener doble puerta, agua potable y un techo que permita el paso de la luz necesaria para asegurar el buen desarrollo de las plantas.

Condiciones necesarias para ingresar al invernadero:

- Entrar con gabacha y calzado limpio (introducírlos en pileta de desinfección).
- Usar un cubre cabeza dentro del invernadero.
- No llevar residuos provenientes del campo.
- Lavarse las manos en la doble entrada con abundante agua y jabón, más hipoclorito de calcio al 10 % o de sodio al 5 % de producto comercial.
- No rozar las plántulas, cuando se está en labores propias del invernadero.
- Usar guantes desechables para realizar las diversas prácticas agrícolas (amarre de plantas, aporca, fertilización, etc.).
- Acceso restringido a personas ajenas al invernadero.
- No entrar y salir con frecuencia, para evitar el ingreso de plagas al invernadero.

Producción de semilla artesanal

La semilla artesanal es aquella de buena calidad no inscrita ante la ONS. Se fundamenta en el conocimiento tradicional, en que la calidad está dada por las condiciones ambientales adecuadas para la multiplicación de semilla. En algunos casos los productores adicionalmente aplican la técnica de la selección positiva, mediante la cual se toman en cuenta las plantas más productivas y se descartan las que tienen síntomas de enfermedades en sus campos de producción. Es una técnica para obtener semilla de calidad, ya que los agricultores seleccionan las mejores plantas, a partir de lo cual pueden empezar una nueva campaña de semilla o siembra de mejor calidad (Orrego *et al.* 2011).

En nuestro país, igual que en el resto de los países de Centroamérica, la producción de semilla artesanal funciona en forma paralela a la certificada por la ONS. Hoy en día un mayor número de productores de papa que tienen fincas en zonas altas y medias adquieren semilla prebásica y la utilizan en sus campos de siembra. Estos productores manejan su propia producción de semilla.

La desventaja del uso de semilla artesanal es que, al ser adquirida de otros productores, no hay una garantía formal de su calidad y sanidad fitosanitaria.

Categoría de la semilla

Prebásica: Semilla producida en invernaderos a partir de plántulas *in vitro* generadas en el laboratorio de cultivo de tejidos. También se le denomina minitubérculo.

Básica: Semilla producida en el campo a partir de semilla prebásica. Puede mantener su categoría hasta tres generaciones, si las condiciones de manejo fitosanitario de las plantas en las casas mallas lo permiten (figura 17).



Figura 17. Producción de semilla básica en el campo, cultivar promisorio 385556.4 en La Cima de Dota, 2015.

Registrada: Semilla producida a partir de la semilla básica. Por lo general, su multiplicación se realiza en campo abierto.

Certificada: Semilla producida a partir de semilla registrada. Su multiplicación tiene lugar en campo abierto, bajo estrictas condiciones técnicas y con supervisión de un ente regulador, en este caso la ONS.

Artesanal: Semilla-tubérculo obtenida de una producción comercial y seleccionada por productores a partir de semilla certificada que haya presentado buenas condiciones fitosanitarias y de rendimiento. Para escogerla se utiliza la técnica de la selección positiva.

Almacenamiento de semillas

Durante el desarrollo fisiológico, los tubérculos-semillas pasan por las siguientes fases:

Reposo: En esta fase no ocurre ningún crecimiento visible de los brotes, ni siquiera colocando las semillas de papa bajo condiciones ideales para el crecimiento de los brotes. Este período de reposo comprende desde el momento en que los tubérculos son cosechados, hasta que se observan brotes de por lo menos 3 mm de longitud en el 80 % de las semillas almacenadas. La duración del período de reposo depende de la variedad de la papa, las condiciones de crecimiento en el campo, la temperatura de almacenamiento, los daños en las semillas y la madurez de la semilla al momento de la cosecha.

Dominancia apical: Es la aparición de una sola yema o brote en el extremo superior o apical de la papa. Al final del período de reposo las yemas en los ojos de los tubérculos comienzan a crecer y a formar brotes. Generalmente se desarrolla primero una sola yema (la apical). No es conveniente sembrar semillas de esta manera, porque formarán plantas con un solo tallo y los rendimientos serán bajos. La dominancia apical depende del manejo de la semilla y del desbrotamiento.

Brotación múltiple: Esta fase viene después de la dominancia apical. Es cuando se desarrollan brotes adicionales en la semilla y es la fase óptima para sembrarla, ya que se producirán plantas con varios tallos que rendirán mejor.

Senectud: Corresponde a la fase cuando las semillas se encuentran fisiológicamente viejas. Presenta las siguientes características: ramificación excesiva de los brotes, brotes largos y débiles y producción de papas pequeñas directamente en los brotes, bien sea en la siembra o durante la germinación. En esta fase las plantas tienen un rendimiento muy bajo. La senectud puede ser demorada, produciendo y almacenando las semillas en sitios con baja temperatura.

Las plantas que provienen de semillas viejas desarrollan rápidamente su potencial, pero maduran más temprano y su rendimiento total es bajo. Las plantas desarrolladas de tubérculos-semillas jóvenes, en cambio, muestran lentamente su rendimiento potencial, pues el cultivo crece durante un período más largo y el rendimiento total es mayor. En el caso de Costa Rica, no es recomendable que el almacenamiento de la semilla de papa se prolongue más allá de los seis meses, indistintamente de la altitud y el clima de la zona (cuadro 3).

Cuadro 3. Madurez fisiológica de la semilla de papa.

Fases	Semilla vieja	Semilla joven
Germinación	Temprana	Tardía
Tuberización	Temprana	Tardía
Follaje	Escaso	Abundante
Número de tubérculos	Reducido	Elevado
Maduración	Temprana	Tardía
Rendimiento	Bajo	Alto

¿Cómo almacenar correctamente la semilla de papa?

La semilla de papa debe guardarse en lugares cubiertos, bien ventilados y secos para evitar el exceso de humedad o de calor, ya que podría ocasionar pudriciones o la rápida salida de los brotes, favoreciendo el secado o deshidratado de las semillas.

Se recomienda la entrada de luz indirecta en el lugar donde se guarden las semillas. Esta práctica se conoce como almacenamiento bajo luz difusa. Resulta ventajoso realizarla, porque verdea la semilla, lo que produce brotes cortos, gruesos y vigorosos que garantizan una germinación muy uniforme. Además, la semilla verdeada resiste mejor el ataque de plagas como la polilla, la palomilla y otras.

Las semillas no deben ser expuestas directamente a la luz solar, ya que les puede ocasionar una mayor deshidratación y un envejecimiento prematuro (Coraspe 2008).

La selección de la semilla se realiza en la mayoría de los casos de forma manual. Esto previene lesiones en la superficie de la piel de los tubérculos, lo que minimiza la posibilidad de problemas durante el almacenaje. Las papas deben guardarse secas y limpias y deben eliminarse todos los tubérculos partidos, con cortes, dañados mecánicamente y con enfermedades.

La bodega debe tener las condiciones adecuadas: estar limpia, desinfectada, sin restos de tubérculos o brotes de la temporada anterior, libre de goteras o de áreas húmedas y con un buen sistema de ventilación. Además, si el piso es de tierra, debe estar seco, liso y compacto.

Después de ser seleccionada, la semilla debe almacenarse adecuadamente. Existen varias formas de hacerlo. Actualmente el método más utilizado y recomendado es colocar la semilla en cajas plásticas de 30 cm de alto por 45 cm de largo, en cuyo interior hacia lo alto se pueden colocar hasta tres niveles de semilla. A cada nivel se le realiza una aplicación de mezcla de insecticida y fungicida en polvo. Las cajas se colocan una encima de la otra; la cantidad de cajas estibadas se determina según lo que permita la altura de la bodega. Se debe procurar realizar rotaciones de las cajas, para que el nivel de brotación de todo el lote sea homogéneo (Inostroza 2009).

Control de plagas en el almacenamiento

Áfidos (piojillos), polillas y enfermedades

Es necesario realizar un control de áfidos y polillas, tanto en semilla almacenada a la luz como en la oscuridad parcial. Los áfidos y las polillas pueden controlarse con aplicaciones de insecticidas. También se debe utilizar la colocación de trampas con feromonas en las bodegas de almacenamiento para control y monitoreo de las polillas, práctica que ha resultado sumamente eficiente en la prevención. Es importante eliminar todos aquellos tubérculos con síntomas de enfermedad o daño.

SUELOS

En Costa Rica la papa se siembra mayoritariamente en suelos andisoles, pero con el inconveniente de que estos fijan altas cantidades de fósforo no disponible para la planta (Bertsch 1995). El suelo en el que se establezca el cultivo debe ser permeable, con poca arcilla y limo, profundo, con una capa arable de al menos 30 cm, con un pH de entre 5 y 7 y con una estructura que facilite las labores de preparación del suelo, manejo y cosecha (Ramírez y Schnell 1983).

Manejo de suelos

El cultivo de la papa se adapta a una amplia gama de suelos, pero se prefieren aquellos cuya textura favorezca una buena aireación, drenaje y penetración profunda de las raíces. Los suelos arcillosos, por su poca aireación y exceso de humedad, causan un crecimiento lento y hasta pudrición de la semilla. Los suelos arenosos tienen buena aireación, pero retienen muy poca humedad, lo que afecta el desarrollo de la planta en épocas de poca precipitación. Los suelos de textura liviana son los que presentan las mejores condiciones para el desarrollo del cultivo (Bertsch 1995, Beukema y Van Der Zaag 1990, Bolaños 1998).

Una buena preparación del terreno para la siembra de papa puede realizarse con herramientas manuales, con maquinaria arrastrada por tracción animal (bueyes o caballo) o por tracción mecánica.

Es recomendable el uso de maquinaria adecuada para no pulverizar el suelo. Se puede usar el palín mecánico o el arado de cinceles para la preparación del suelo y la tracción animal, de manera que el suelo quede suelto y sin romperse su estructura para evitar la erosión. Un problema de la pulverización del suelo y de su arrastre por el viento y el agua es la diseminación de plagas. Cuando el suelo está húmedo, no se debe usar maquinaria ni labrar, con el fin de evitar su compactación y la formación de terrones. En terrenos de ladera se recomienda utilizar siembras de contorno, acequias de ladera, canales de guardia y gavetas (Wong 2013).

La preparación del suelo depende del cultivo anterior. Si el terreno estaba sembrado con repollo, brócoli, zanahoria, papa o cebolla, se puede usar el rastrillo o la rastra un par de veces para lograr una buena cama de germinación para la semilla, o bien, dar una pasada con el arado de cinceles.

Se recomienda realizar un análisis del suelo por lo menos una vez al año o antes de la siembra para determinar las necesidades de fertilizante a aplicar, con base en los niveles de elementos presentes en el suelo y de la demanda de nutrientes para el cultivo. Esta es una buena práctica, pues asegura que el cultivo disponga de los elementos que requiere para su adecuado desarrollo, permite hacer un uso racional del fertilizante y genera impactos positivos en el ambiente y desde el punto de vista económico.

Conservación de suelos

El suelo es un ser vivo y es un recurso muy valioso que poseen los agricultores para producir. En él se realiza una serie de actividades biológicas que pueden ser alteradas por la forma y el procedimiento de manejo que se le dé.

En Costa Rica, la erosión (pérdida de suelo por escorrentía o escurrimiento superficial, por viento y otros) generalmente es alta, debido a factores como la topografía, la frecuencia e intensidad de las lluvias y el tipo de cultivo, entre otros. En la zona norte de Cartago, por ejemplo, se han obtenido datos de pérdida de suelo por lluvias intensas de 108 t/ha en un solo día. En 2003, en la zona de Pacayas se realizó una investigación con la participación de la Universidad de Costa Rica (UCR) y el MAG, mediante la cual se determinó que durante un ciclo de papa de cuatro meses se perdieron 85 t/ha de suelo (Marchamalo 2004).

Factores físicos más importantes que afectan la erosión

Las condiciones físicas de los suelos determinan su susceptibilidad a la erosión. El productor puede ayudar a disminuirla a través de obras de conservación. Los suelos de texturas livianas son más propensos a la erosión, pues su capacidad de infiltración es muy baja. En los arcillosos de igual manera la infiltración es baja y, por ende, la susceptibilidad a la erosión aumenta. Los suelos arenosos con gran capacidad de infiltración absorben la mayor parte del agua que reciben sin originar escorrentía. La materia orgánica juega un papel importante en la resistencia que tiene un suelo a la erosión, por cuanto la absorción y la retención de agua ayuda a la formación de partículas estables.

En relación con el clima, las lluvias traen consigo mucha energía: cuanto mayor la intensidad de la lluvia, mayor la cantidad de energía que se transmite al terreno. Esto acelera el proceso de erosión, debido al salpique de la gota de lluvia. La pendiente es otro factor que interviene en la erosión de los suelos. A medida que aumenta el grado de pendiente, la velocidad y el volumen del agua de escorrentía aumentan y así su poder erosivo. Es decir, conforme aumenta la longitud de la pendiente, el volumen de agua de escorrentía crece y, por tanto, también su poder erosivo, de ahí que sea importante definir si se hacen acequias de ladera, canales de guardia o siembras a contorno (figura 18). El agricultor puede controlar en gran parte la influencia de la pendiente a través del uso de obras físicas tendientes a reducir el grado de pendiente y a acortar su longitud (Ramírez 2007).



Figura 18. Conservación de suelos en San Juan de Chicuá, Cartago.

Aptitud del suelo

Es importante considerar la aptitud del suelo por capacidad de uso. En el cuadro 4, se muestran las clases de suelo recomendadas para el cultivo de papa (Wong 2013).

Cuadro 4. Criterios de selección de sitios para la siembra de papa.

Parámetro	Clases			
	I	II	III	No apto
Altitud (msnm)	2600-2300	2299-2000	2001-1500	<1500
Precipitación durante el ciclo de cultivo (mm)	500-600	<500 y >400	>500 y <800	<400
Pendiente (%)	0-12	13-18	19-25	>26
Drenaje superficial	Bueno	Moderado	Moderadamente lento	Excesivo o lento
Profundidad efectiva (cm)	>40	40-30	31-20	<20
Textura*	F, FA, FL	Fa, FAL, FAa	aF	A, a
Fertilidad (suma de bases-SB cmol+/L, saturación acidez-SA%)**	SB>20; SA<10	SB20-8; SA 10-20	SB12-18; SA 20-30	SB<8; SA>30
Fósforo (ppm)	>50	50-30	30-10	<10

* A: arenoso, F: franco, L: limoso, a: arcilloso.

** Obtenido en el análisis químico de suelo, bases: calcio, magnesio y potasio.

Fuente: Wong 2013.

Para poder clasificar la aptitud del suelo para el cultivo de papa, se deben obtener todos los parámetros requeridos para la clasificación. Se ubica cada parámetro en la casilla que

corresponde. La clase de suelo se determina por el dato del parámetro marcado que se encuentre en la última columna a la derecha. Esta es una guía para el técnico y el productor, ya que se puede pasar de una clase a otra más apta, si se logra mejorar las condiciones del parámetro afectado. Por ejemplo, si es una clase no apta por pendiente se puede pasar a una clase III, si se hacen obras de conservación de suelos (Wong 2013).

Se recomienda realizar un manejo adecuado del suelo, pues así se evitan pérdidas de productividad, de suelo por erosión y económicas. Para ello, es adecuado que el sitio escogido para sembrar cumpla los parámetros de capacidad de uso para la siembra de papa (figura 19).



Figura 19. Suelos aptos para la siembra de papa.

CLIMA Y ZONAS DEL CULTIVO

Las zonas y las épocas de siembra están definidas por los requerimientos climáticos, principalmente temperatura y humedad. La producción de papa se ve favorecida por las condiciones del clima de las tierras altas del trópico, donde las temperaturas son relativamente frescas y los suelos sueltos (Beukema y Van Der Zaag 1990, Bolaños 1998).

La papa requiere clima frío o fresco para su producción; las temperaturas óptimas para el crecimiento y la tuberización se encuentran entre los 15 °C y los 25 °C. Es de suma importancia que desde la siembra hasta la cosecha se presenten lluvias distribuidas, de alrededor de 400 mm a 800 mm en la etapa más crítica, que es la de formación de tubérculos, luego de la floración. Además, se debe evitar sembrar en zonas muy expuestas al viento.

La planta de papa es termoperiódica, lo que significa que la magnitud de la variación entre la temperatura diurna y la nocturna es aún más importante que la temperatura media diaria. Se considera que esta diferencia debe ser al menos de 10 °C, ya que si es menor, las plantas no crecen bien y los rendimientos se reducen. Los cambios en la temperatura promedio de la zona de siembra a lo largo del ciclo de cultivo también afectan el rendimiento y la calidad de los tubérculos producidos. Las plantas requieren que las temperaturas, desde la siembra hasta el inicio de la tuberización, sean relativamente altas para favorecer el crecimiento de tallos y hojas. Pero una vez que se inicia la formación de los tubérculos, si la temperatura continúa siendo alta, se reducen los rendimientos y la calidad de la cosecha (Bolaños 1998).

En la provincia de Cartago es donde se encuentra la mayor área de siembra de papa del país (80 % aproximadamente), la que comprende desde Ochomogo (La Angelina) hasta las faldas de los volcanes Irazú y Turrialba, con altitudes que van de los 1500 msnm hasta los 3200 msnm. Esta región tiene características climáticas apropiadas, como lo son temperaturas que oscilan de los 7 °C a los 25 °C y una cantidad promedio de precipitación que va de los 1400 mm a los 2600 mm anuales. El período lluvioso se inicia en mayo y disminuye en enero, siendo los meses de setiembre y octubre los de mayor precipitación (figura 20).



Figura 20. Plantación de papa en Cartago, Costa Rica.

La segunda zona de producción de papa es Zarcero, en la provincia de Alajuela, sobre todo los distritos de Tapezco, Palmira y Las Brisas, con altitudes que van de los 1500 msnm a los 2050 msnm, con una precipitación promedio de 2200 mm y con una temperatura promedio de 18 °C. Otras zonas donde actualmente se siembra papa son La Cima de Dota, la parte alta de Heredia, Naranjo, la zona alta de Las Juntas de Abangares y San Vito de Coto Brus.

CAPÍTULO 2.

MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO

DESARROLLO FENOLÓGICO

La papa tradicionalmente se multiplica de forma vegetativa. Después de que se inicia el proceso de formación del tubérculo, este se desarrolla de manera continua, tanto morfológica como fisiológicamente. La etapa que comprende desde el inicio de su formación a la cosecha se denomina edad cronológica, mientras que la edad fisiológica se refiere principalmente al proceso de desarrollo de los brotes, que dependen tanto de la edad cronológica como de las condiciones ambientales (Bolaños 1998).

Durante el desarrollo fisiológico, el tubérculo de papa atraviesa por cuatro estados definidos: reposo, dominancia apical, brotación múltiple y senectud o envejecimiento. La calidad de los tubérculos de papa destinados a una nueva siembra está determinada por la sanidad y el estado fisiológico al momento de la siembra (Beukema y Van Der Zaag 1990).

Período de reposo (dormancia o latencia)

Es el estado de desarrollo durante el cual las yemas del tubérculo de papa no pueden brotar debido a causas naturales, o por control bioquímico u hormonal. Por reposo se entiende el período durante el cual la intensidad de la respiración y la transpiración es mínima. El tiempo puede variar desde unas semanas hasta dos a tres meses, dependiendo de la variedad, de las condiciones previas del crecimiento, de la temperatura de almacenamiento, de los daños y del grado de madurez al ser cosechado el tubérculo. Durante este período ocurre la transformación del almidón en azúcares y la ruptura de estos en el proceso de la respiración (Bolaños 1998).

El período de reposo de los tubérculos se divide en dos partes: un período de reposo absoluto, que inicia cuando comienza su formación en el campo y que finaliza cuando las yemas retoman el crecimiento visible, y un período de reposo relativo, que comprende desde que las yemas reinician el crecimiento hasta que este es evidente. El período de reposo absoluto está fuertemente influenciado por la variedad y las condiciones de cultivo, en tanto que la duración del período de reposo relativo está determinada por las condiciones de almacenamiento de los tubérculos. El período de reposo puede romperse o acelerarse mediante métodos mecánicos o químicos. Por ejemplo, el corte de alguna yema estimula el crecimiento de otras y la

aplicación de sustancias, como giberelinas y citoquininas, no solo rompe el reposo, sino que fuerza el crecimiento de todas las yemas, estimulando el brotamiento múltiple (Bolaños 1998).

Período de brotación

Se inicia con el brote apical, aquel más distante al sitio de inserción del estolón. Este proceso marca el inicio del estado de dominancia apical, cuya duración difiere considerablemente entre variedades y puede ser afectada por las condiciones de almacenamiento. Este estado se mantiene cuando los tubérculos son almacenados a una temperatura de entre 15 °C y 20°C. La brotación conduce a una serie de cambios bioquímicos, especialmente por las demandas energéticas de los brotes en crecimiento (Beukema y Van Der Zaag 1990).

La brotación marca el inicio de la formación de una nueva planta. Al principio comienzan a crecer las raíces en forma acelerada y luego se produce el crecimiento de los tallos y las hojas. Pero aun cuando la nueva planta haya alcanzado un tamaño considerable, el tubérculo "madre" continúa ejerciendo una marcada influencia sobre su crecimiento.

Período de crecimiento múltiple

Este período puede durar varios meses según la variedad, especialmente cuando los tubérculos son almacenados a bajas temperaturas. Cuando son almacenados bajo luz difusa (indirecta), el brotamiento se mantiene con brotes cortos y fuertes, ideales para la siembra (Bolaños 1998).

La remoción del brote apical (desbrote) del tubérculo puede inducir la formación de brotes múltiples rápidamente, contribuyendo así a un brotamiento uniforme, originándose varios tallos por planta. Sin embargo, cuando los tubérculos están demasiado viejos, el desbrota- miento puede causar daño, deshidratación y rebrotamiento escaso (Bolaños 1998).

Período de crecimiento vegetativo

Se inicia la fotosíntesis, el desarrollo de tallos, ramas y hojas en la parte aérea y el desarrollo de raíces y estolones en la parte subterránea (figura 21).

Inicio de la tuberización: Los tubérculos se forman en la punta de los estolones (parte subterránea); en la mayoría de los cultivares el fin de esta etapa coincide con el inicio de la floración.

Llenado de los tubérculos

Las células de los tubérculos se expanden con la acumulación de agua, nutrientes y carbohidratos. Los tubérculos se convierten en la parte dominante de la deposición de carbohidratos y nutrientes orgánicos.

Maduración

La fotosíntesis y el crecimiento del tubérculo disminuyen. La planta toma un color amarillento y muere. En este punto el tubérculo alcanza su máximo contenido de materia seca y tiene la piel bien formada.

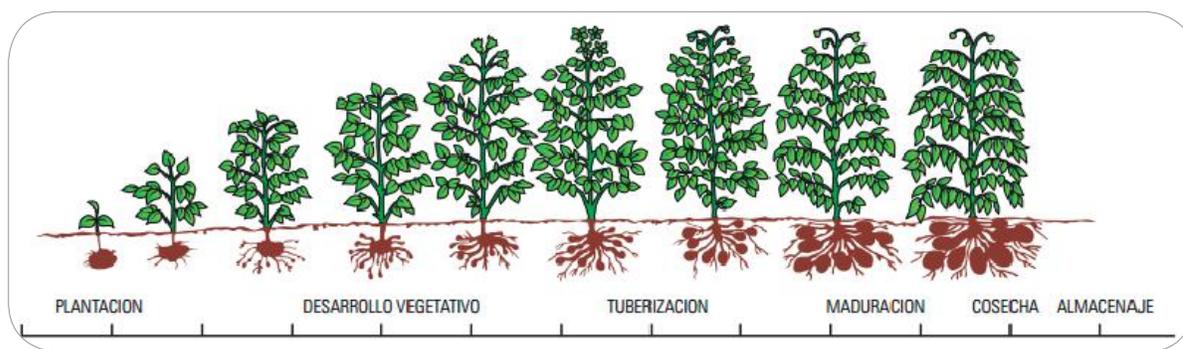


Figura 21. Fases de crecimiento de la papa.

Fuente: Uribe *et al.* 2013.

SIEMBRA

La siembra del cultivo de papa se recomienda hacerla en surcos con una profundidad de 20 cm, procurando dejar un surco libre, para una buena ventilación del cultivo y evitar el maltrato de las plantas en el momento de las aplicaciones de productos al follaje. Cada agricultor definirá cada cuanto dejará un surco libre en sus respectivas siembras.

Se recomienda la siembra de la semilla a distancias de 25 a 30 cm entre tubérculos y de 0,80 m a 1 m entre surcos, dependiendo de la variedad que se va a utilizar y de la zona de siembra.

FERTILIZACIÓN O ABONAMIENTO

La papa requiere una fertilización bien equilibrada, dado que cada zona y variedad presentan condiciones y requerimientos diferentes. La manera más segura de realizarla es a través de un análisis de suelo, que indica los elementos presentes y las cantidades que se tienen que reponer según los requerimientos del cultivo. La fertilización debe realizarse por lo menos una vez por año. Para ello, es necesario conocer los requerimientos de la variedad que se va

a sembrar y usar las fórmulas de fertilizantes más eficientes en cuanto a función, forma de acción y costo.

El cultivo de papa responde a elementos como nitrógeno, fósforo y potasio; sin embargo, estudios realizados en la zona de Pacayas muestran que hay mayor extracción de calcio que de fósforo en variedades como Floresta. En el caso del potasio, dadas las extracciones y la facilidad de lavado ocasionado principalmente por las fuertes precipitaciones, se hacen necesarios nuevos estudios de respuesta de la papa a la fertilización con dicho elemento.

Las investigaciones sobre la fertilización foliar son más incipientes, lo que provoca un gasto innecesario por parte del productor, quien las usa por tradición y no por su funcionalidad.

En lo que respecta a sitios de aplicación, hay quienes colocan el fertilizante al fondo del surco, mientras que otros consideran que lo mejor es sembrar, tapar y poner el fertilizante 8-10 días después; en ambos casos se han observado buenos resultados en cuanto al rendimiento. Estudios realizados demuestran que ambas formas funcionan de manera adecuada.

Bertsch (2009) estima que una tonelada de papa consume 6, 0,8 y 9 kg/t de N-P-K, respectivamente, para un rendimiento de 25 t/ha y con las eficiencias más bajas (cuadro 5). La dosis a aplicar en total para cada elemento sería aproximadamente 270, 130, 385 kg/ha de N-P-K en términos de fertilizante (Wong 2013); también requiere calcio, magnesio, azufre, boro, cobre, hierro, manganeso y zinc. El tipo de fertilizante que se ha de usar dependerá de los resultados del análisis de suelo, del tipo de suelo y del costo (Bertsch 1995).

Cuadro 5. Cantidad de nutrientes requeridos para la variedad Floresta.

	kg/ha					g/ha			
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
Absorción total	267	16	222	29	25	2192	78	133	656
Adsorción en cosecha	128	11	116	6	6	442	26	51	60

Fuente: Bertsch 2009.

Estudios realizados por el INTA en la zona norte de Cartago, con diferentes dosis de fertilización para la variedad Durán (densidad de 41 600 plantas/ha), en época de verano presentaron como resultado que el tratamiento con las aplicaciones de 220 kg/ha de nitrógeno (N), 260 kg/ha de fósforo (P2O5), 260 kg/ha de potasio (K2O), 90 kg/ha de magnesio (MgO), 100 kg/ha de azufre (S), un kg/ha de zinc (Zn) y un kg/ha de boro (B) fue el de mayor rendimiento, con un valor de 36,1 t/ha. El tratamiento donde se aplicó el 75 % de los niveles anteriores obtuvo, para la misma variedad, un rendimiento de 33,7 t/ha (Alpizar 2016).

Es importante conocer los síntomas de deficiencias o excesos de los elementos en las plantas para poder elaborar una adecuada estrategia de fertilización del cultivo (cuadro 6).

Cuadro 6. Síntomas de deficiencia y exceso de macro y microelementos en la planta de papa.

Macro-elementos	Función	Síntomas de deficiencia en la planta	Síntomas de exceso en la planta
N: nitrógeno	Interviene en el crecimiento de la planta. Constituyente de la formación de la clorofila, vitaminas, aminoácidos y fotosíntesis.	Amarillamientos, plantas débiles. La clorosis aparece primero en las hojas bajas y luego pueden tornarse de color pardo y morir.	Plantas más susceptibles a plagas y enfermedades, "enviciamiento" exagerado, crecimiento de la parte aérea. Afecta la formación de tubérculos y alarga el período vegetativo.
P: fosforo	Favorece el crecimiento de la planta al mejorar la captación de otros nutrientes. Acelera la madurez de la papa. Mejora la calidad y el rendimiento. Contribuye a la resistencia de enfermedades. Reduce el ataque de enfermedades y plagas. Minimiza los efectos de los nematodos. Incrementa la gravedad específica aumentando la calidad de los tubérculos.	La planta detiene su desarrollo y presenta síntomas de enanismo y un color verde intenso. Manchas púrpuras acentuadas en hojas adultas, producto de un incremento de la presión osmótica. Escaso desarrollo radicular, menos estolones, tubérculos extramadamente bajos.	Bloquea la absorción, transporte y metabolismo del Zn, que podría llegar a un nivel de insuficiencia.
K: potasio	Favorece el engrosamiento de los tubérculos. Da resistencia a enfermedades y sequía. Activador enzimático Controla la apertura y el cierre de los estomas. Actúa en la formación de carbohidratos y en la transformación y el movimiento del almidón de las hojas de la papa de los tubérculos.	Decoloración de las hojas inferiores, de colores amarillos pardo de hojas inferiores. Necrosis de los bordes de las hojas. Plantas susceptibles a ataque de plagas y enfermedades y tubérculos pequeños y escasos.	Cuando hay concentraciones muy altas en la solución del suelo se producen competencias iónicas con otras bases.

Macro-elementos	Función	Síntomas de deficiencia en la planta	Síntomas de exceso en la planta
Ca: calcio	Está relacionado con la síntesis de proteínas. División celular y crecimiento y desarrollo del tejido meristemático. Proliferación de un sistema radicular, tallos y hojas vigorosas y menos susceptibles al ataque de plagas y enfermedades.	El tejido meristemático no tiene acceso a la cantidad requerida para su adecuado desarrollo. Falta de desarrollo de las yemas terminales.	Casi nunca se ha reportado deficiencia de Ca.
Mg: magnesio	Es absorbido como ión Mg ⁺⁺ . Es componente de la molécula de clorofila, de los pectatos (es parte de la pared celular de células) de magnesio. Cumple un rol catalítico y con el balance eléctrico.	La deficiencia de Mg de los tejidos adultos migra con facilidad en auxilio de los tejidos en crecimiento y esta se expresa como una clorosis intervenal que empieza en las hojas adultas.	No hay.
S: azufre	Se requiere para la síntesis de los aminoácidos que contienen azufre (cistina, cisteína, metionina) y proteína. Los aminoácidos que contienen azufre no pueden ser sintetizados por el organismo del hombre; por lo tanto, los aminoácidos de la papa es valiosa para la nutrición humana.	Retarda el crecimiento de la planta. Las plantas se ponen uniformemente cloróticas, raquílicas y alargadas con tallos débiles.	No hay.
B: boro	Crecimiento de las plantas. Lenta movilidad. Su rol bioquímico no es muy conocido, relacionado con el transporte de carbohidratos, síntesis de proteínas y nutrición cálcica. Es más notoria en los tubérculos de la papa, el sabor y color del tubérculo están relacionados con la nutrición del boro.	Aparecen en los tejidos meristemáticos. Los puntos de crecimiento mueren y se fomenta el crecimiento de brotes laterales. Internudos cortos, hojas coriáceas y algo encarrujadas. Manchas púrpuras y congestión de carbohidratos en los tejidos. Raíces cortas y gruesas, y de color marrón oscuro. Las raicillas mueren.	No hay.
Co: cobalto	Crecimiento de las plantas.		
Fe: hierro	Crecimiento de las plantas. Elemento catalítico que interviene en el transporte de electrones y en la síntesis de clorofila. Poco móvil en la planta.	Aparecen en las hojas superiores como manchas cloróticas. Es poco frecuente.	No hay.

Macro-elementos	Función	Síntomas de deficiencia en la planta	Síntomas de exceso en la planta
Mn: manganeso Zn: zinc Cu: cobre	Crecimiento de las plantas. El pH ácido favorece su disponibilidad. Son elementos que juegan roles catalíticos. Transporte de electrones y balance hídrico, etc. Son de lenta movilidad en la planta. Manganeso en la síntesis de clorofila.	Se observan en tejidos de crecimiento. El Zn se presenta en la parte superior en hojas cloróticas, pequeñas y pegadas al tallo. El Co se puede presentar en la parte superior como un ramillete de hojas pequeñas que se marroñean rápidamente.	
Mo: molibdenio	Crecimiento de las plantas. Es un transportador de electrones que tiene que ver con la reducción de nitrato de amonio.	Solo se consigue bajo condiciones artificiales	Bloquea la nutrición cúprica.

Fuente: Torres *et al.* 2011.

APORCA

La aporca es una práctica indispensable para obtener una buena producción, no solo en cuanto a cantidad, sino también en sanidad del tubérculo. Consiste en agregar suelo al lado de las plantas levantando el lomillo a lo largo del surco; esta es la base para el buen desarrollo del cultivo, principalmente en verano, cuando el problema de la polilla es mayor (figura 22). Se realiza en forma manual con azada o con arado tirado por caballo o bueyes. En cuanto al momento oportuno de realizar esta práctica, no se puede dar una recomendación general, pues la misma depende de las condiciones en que esté el cultivo, siendo lo adecuado cuando las plantas tienen una altura de 35 cm, de la altitud del sitio, la humedad, la variedad usada y el grado de brotación del tubérculo al momento de la siembra. Es importante destacar que en variedades como la Floresta, que producen estolones más largos y superficiales, hay que asegurarse una aporca más ancha y alta.



Figura 22. Aporca de papa en la Estación Experimental Dr. Carlos Durán, Cartago, Costa Rica.

Ventajas de realizar la aporca:

- Fomenta el desarrollo de raíces y la formación de tubérculos.
- Facilita el drenaje y la aireación.
- Evita el verdeo de los tubérculos por acción de la luz solar.
- Evita el daño por hongos y bacterias.
- Protege los tubérculos del ataque de la polilla y otras plagas, pues quedan a mayor profundidad.
- Conserva la humedad en la zona de las raíces.
- Facilita el control de las malezas.
- Protege el cultivo de la erosión producida por el agua.
- Evita que los estolones afloren a la superficie y se conviertan en material vegetal y no en tubérculos.

La pérdida por afloramiento de estolones puede ser significativa. Por ejemplo, si en una hectárea se han sembrado 33 000 plantas y cada una pierde un estolón, esto significaría 33 000 tubérculos perdidos; si cada tubérculo pesa 100 gr, ello equivaldría a 3300 kg, que significarían una pérdida de 3,3 toneladas.

MANEJO DE MALEZAS

Las malezas compiten con el cultivo de papa por agua, nutrientes y espacio; además, son hospederos de plagas y enfermedades que pueden atacar el cultivo. Los primeros treinta días son clave para la emergencia y el buen desarrollo de los tallos de papa. Por lo tanto, en este período se debe eliminar la competencia por medio de un eficiente control de malezas y evitar así bajos rendimientos en la cosecha.

El control de las malezas puede hacerse de forma manual, mecánica o química. La forma manual, poco utilizada por los agricultores actualmente, consiste en eliminar del terreno raíces y aporcos que pueden rebrotar. El control químico se realiza mediante la aplicación de herbicidas, pero solo si las condiciones del campo y la maleza lo justifican. Existen varios tipos de herbicidas, que pueden ser preemergentes, como Linuron, o post-emergentes, como Metribusin. Cuando la papa finaliza su ciclo de cultivo, se elimina el follaje con un herbicida del tipo Paraquat, que es un quemante de contacto. A la vez se eliminan las malezas del campo, lo que facilita la cosecha, propicia el logro de tubérculos más uniformes en tamaño, favorece el endurecimiento de la cáscara y acelera la madurez.

MANEJO DE ENFERMEDADES Y PLAGAS

Para el manejo apropiado de una enfermedad en el campo se requiere tener conocimientos sobre los factores que intervienen para que esta se manifieste y sobre las relaciones que se dan entre los factores. Debe existir un hospedero susceptible (planta de papa), un patógeno (hongo, virus o bacteria) agresivo y las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa, etc.) favorables, y en el caso de muchos virus, la presencia del insecto u otro organismo vector, para que se desarrolle la enfermedad.

Enfermedades fungosas

Tizón tardío (*Phytophthora infestans*)

En el caso del tizón tardío, las condiciones ambientales en que se desarrolla el cultivo coinciden con las condiciones que le son favorables al hongo para desarrollarse e infectar. Los días frescos y nublados con lluvias frecuentes y temperaturas de entre los 15 °C y los 25 °C son óptimos para el establecimiento de la enfermedad, y estas condiciones son frecuentes en las diferentes zonas donde se siembra la papa en Costa Rica.

Este hongo cumple su ciclo de vida bajo condiciones favorables entre tres y diez días. Los primeros síntomas se presentan como manchas mantecosas y húmedas que luego se tornan pardo rojizas, pasando finalmente a manchas negras que pueden cubrir toda la hoja cuando se juntan (figura 23). Las estructuras reproductivas emergen a través de las hojas de manera abundante y se observan como “pelitos blancos”. El hongo afecta hojas y tallos y, si no se controla a tiempo, puede llegar hasta los tubérculos.

Para medir el ataque del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) se evalúan aproximadamente 400 plantas/ha (1 %/ha) de la siguiente manera: se escoge al azar un surco y se evalúa en línea 20 plantas continuas, de tal forma que se cubra todo el terreno, cuantificando el porcentaje de hojas infestadas en cada una de las plantas. Lo anterior se realiza para decidir si se aplica fungicida o si no se lleva a cabo.



Figura 23. Ataque de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en parte aérea y tallo de una planta de papa. Estación Experimental Dr. Carlos Durán, Cartago, 2016.

Combate

Una práctica importante que contribuye a disminuir la incidencia del tizón es eliminar todas las fuentes del hongo que se encuentren en el terreno que se va a sembrar. Por lo tanto, se deben recolectar todos los trozos o tubérculos enteros que quedan de la cosecha anterior y aporcocos (plantas voluntarias de papa). Debe haber rotación con otros cultivos, que pueden ser de ciclo corto y que no sean familia de la papa (Solanaceae).

La preparación del terreno, un buen sistema de drenaje, prácticas de conservación de suelos y la utilización de semilla de buena calidad son factores que inciden en el buen desarrollo del cultivo y en la prevención de la enfermedad.

Otras medidas que favorecen el control de la enfermedad son las siguientes: a) seleccionar la densidad de siembra más adecuada de acuerdo con la variedad y la zona, b) dejar un surco muerto para facilitar las labores del cultivo, c) realizar una aporca alta y en el momento preciso, y d) realizar una fertilización basada en las necesidades reales del cultivo de acuerdo con los análisis de suelo. Además, es de gran importancia usar variedades con resistencia en el campo al tizón tardío.

Es recomendable revisar el papal, las condiciones climáticas, el estado fenológico del cultivo y la variedad utilizada, para tomar la decisión sobre el tipo de fungicida que se va a utilizar y sobre la frecuencia de aplicación. También conviene hacer rotaciones de los agroquímicos que se usarán y que estén registrados para este cultivo en el Servicio Fitosanitario del Estado (SFE) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Costa Rica.

Entre los fungicidas protectores de acción preventiva registrados para el combate del tizón tardío en el cultivo de papa están Cimoxanil + Mancozeb (protector-curativo) y Dimetomorf + Mancozeb (protector-sistémico), entre otros. Entre los fungicidas sistémicos registrados para el combate del tizón tardío en papa están Mancozeb + Oxadixil, Metalaxil, Propamocarb y Fosetil-Al.

Para las aplicaciones se recomienda una bomba con boquillas de discos D2 y nebulizador n.o 45. Durante la estación lluviosa se debe usar un adherente o penetrante.

Costra negra (*Rhizoctonia solani*)

Este hongo afecta a la mayoría de los cultivos y está presente en todas las áreas productoras de papa, favoreciéndose más su desarrollo en los suelos húmedos y fríos. El hongo afecta los brotes, los estolones (guías) y los tallos subterráneos de la papa. Los síntomas típicos en estas estructuras son canchales necróticos de color pardo oscuro, que en casos severos provocan el estrangulamiento total de los brotes, estolones y tallos subterráneos. Los síntomas pueden manifestarse con una baja brotación, debilitamiento en el crecimiento, amarillamiento, enrollamiento foliar y crecimiento de tubérculos aéreos (figura 24).

El hongo se mantiene en el suelo como esclerocios (que son la forma de sobrevivencia del patógeno) o como micelio en residuos de cosecha. En condiciones de alta humedad y de temperaturas entre los 16 °C y 18 °C, estas estructuras germinan e infectan a la planta. Estos esclerocios son similares a terrones que se adhieren a la piel de los tubérculos y son portados a siembras subsiguientes, como una fuente de contaminación y diseminación.

Para su control pueden usarse variedades con resistencia y semillas de buena calidad. El control químico recomendado para esta enfermedad es la aplicación de fungicidas específicos a los tubérculos y al fondo del surco de siembra. Algunos de los fungicidas recomendados son Carboxin, Tolclofosmetyl, Pencycuron e Iprodione.



Figura 24. Lesión de *Rhizoctonia* sp. en tallo. Estación Experimental Dr. Carlos Durán, Cartago.

Torbó (*Rosellinia sp.*)

Esta enfermedad provoca amarillamiento, marchitez y muerte paulatina de las plantas. Generalmente se presenta en el campo en forma de parches (ruedas), por lo que su erradicación temprana (eliminación de plantas enfermas) es la medida recomendada para prevenir su diseminación, así como la utilización de semilla sana y la siembra en terrenos libres de la enfermedad.

El síntoma típico se manifiesta en raíces y estolones como un oscurecimiento del tejido y la formación sobre este de un micelio blanco. Los tubérculos afectados muestran este mismo crecimiento y al partirlos pueden observarse estrías negras que van de la parte externa del tubérculo hacia el interior (figura 25).

El desarrollo de esta enfermedad se ve favorecida por el exceso de humedad en el suelo y por un alto contenido de materia orgánica. Para controlarla se deben usar variedades resistentes y no sembrar en terrenos infestados.

Este hongo ataca no solo a la papa, sino también a gran cantidad de cultivos anuales, tales como la zanahoria, el coliflor, el brócoli, el repollo, la remolacha y el tomate, entre otros, así como a plantas leñosas (el aguacate, por ejemplo) y a malezas, como el ruibarbo (*Rumex sp.*).



Figura 25. Lesión de torbó en tubérculos de papa.

Roña (*Spongospora subterranea*)

Las condiciones que favorecen el desarrollo de esta enfermedad son los suelos húmedos y fríos, propios de las zonas altas productoras de semilla de papa.

La roña normalmente afecta las raíces, los estolones y los tubérculos. En las raíces se manifiesta como agallas de color lechoso, que posteriormente se oscurecen. En los tubérculos se forman protuberancias, tipo “verrugas”, que penetran ligeramente en el tejido y deterioran su calidad comercial (figura 26). Esta es la manera de la sobrevivencia y transmisión del hongo, la cual puede permanecer varios años. Este hongo transmite el virus del Moptop (PMTV) (Torres 2002).

La medida para prevenir el desarrollo de esta enfermedad es la siembra de semilla libre del patógeno.



Figura 26. Tubérculos afectados por *Spongospora subterranea*. Estación Experimental Dr. Carlos Durán, Cartago, 2016.

Pudrición seca (*Fusarium sp.*)

Todas las enfermedades que se presentan en tubérculos almacenados son causadas por patógenos provenientes de los campos de cultivo en su momento de cosecha. Esta enfermedad afecta los tubérculos almacenados. Inicialmente presentan lesiones oscuras y ligeramente hundidas sobre la superficie. Posteriormente se puede observar el tejido muerto, con lesiones concéntricas (anilladas). En el interior del tubérculo se forma una concavidad que presenta un crecimiento algodonoso de una coloración blanca a rosada, dependiendo de las condiciones del lugar donde se almacena y el grado de madurez del patógeno (figura 27).

El hongo es un habitante normal del suelo y puede prevalecer en este durante muchos años. Generalmente es transportado en el suelo adherido a la superficie del tubérculo, para lo cual se ve favorecido por las heridas ocasionadas durante la cosecha o el transporte.

Un aspecto importante para el control de esta enfermedad es el manejo de la semilla almacenada. Se recomienda mantener una humedad relativa adecuada en el almacén, lo que se logra con estañones o pichingas con agua y mediante caños para la circulación del agua, entre otras medidas. Los tubérculos a ser almacenados deben estar sanos sin daño mecánico. Otras medidas de control son usar variedades con resistencia y espolvorear con algún fungicida protector los tubérculos almacenados.



Figura 27. Tubérculos afectados por *Fusarium sp.*

Tizón temprano (*Alternaria solani*)

Después del tizón tardío, es la enfermedad que le sigue en importancia. Se presenta en regiones húmedas y cálidas. En Costa Rica esta enfermedad se ha propagado por los efectos del cambio climático y tiene una mayor relevancia. Hay variedades muy susceptibles, sobre todo las de ciclo corto. El síntoma son manchas necróticas de 1-2 mm de diámetro en las hojas basales; a medida que se desarrolla la enfermedad las manchas se rodean de un halo clorótico y forman lesiones necróticas con anillos concéntricos de color marrón claro en toda el área foliar (figura 28) (Torres 2002).

Esta enfermedad provoca una disminución del área foliar y, por ende, una reducción del rendimiento e incluso la muerte de la planta. Para controlar el hongo se recomienda el uso de variedades resistentes. Para control químico se pueden usar los mismos productos que se utilizan para controlar el tizón tardío.



Figura 28. Ataque de tizón temprano (*Alternaria solani*) en partes aéreas de una planta de papa. Estación Experimental Dr. Carlos Durán, Cartago.

Enfermedades bacterianas

Pie negro o pudrición blanda de los tubérculos

Esta enfermedad es provocada por *Erwinia carotovora* spp. *atroseptica* (E.c.a.) y *Erwinia carotovora* spp. *carotovora* (E.c.c.). El daño se presenta generalmente en la base del tallo, manifestándose como una pudrición del tejido que se torna de una coloración café oscuro a negro. Esta pudrición, bajo condiciones de alta humedad en el suelo y bajas temperaturas, puede seguir avanzando y provoca el daño de estolones y tubérculos. La infección se puede producir en el campo, poco antes de la cosecha, a través de las lenticelas (pequeños poros del tubérculo), por heridas provocadas al momento de la cosecha, o en forma sistémica, a través del estolón que comunica el tubérculo con la planta madre infectada (figura 29).

La enfermedad reviste gran importancia en los campos de producción de semilla de papa, ya que en las zonas en que esta se produce las condiciones son muy favorables para su desarrollo (alta humedad relativa y bajas temperaturas). Por lo anterior, la erradicación temprana de plantas enfermas es la medida más adecuada para detener la diseminación en el campo y la contaminación de los tubérculos semilla.

Una característica importante de este patógeno es que puede estar presente en la planta sin manifestar síntomas, lo que se conoce como infección latente. Este tipo de infecciones son sumamente peligrosas, ya que al no manifestar los síntomas, los tubérculos semilla son portadores de la enfermedad.



Figura 29. Daño de pie negro (*Erwinia carotovora* spp.) en el tallo.

Maya o marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*)

La maya es una de las enfermedades que en muchos lugares limitan la producción de papa, así como de otros cultivos de la familia de las solanáceas, tales como tomate, chile dulce, berenjena y tabaco, entre otros (figura 30). Se han descrito cuatro razas de esta bacteria, las cuales han sido nombradas del 1 al 4. Las razas 1 y 3 son las que afectan la papa. La raza 1 es la de mayor virulencia y es la que prevalece en zonas bajas y cálidas. La raza 3 se localiza en zonas altas. Su rango de hospederos es sumamente limitado, por lo que las rotaciones con cultivos no susceptibles, así como la utilización de semilla libre del patógeno y variedades tolerantes, han dado excelentes resultados en el control de la enfermedad.

En Costa Rica hay experiencias en las cuales se logró la reducción del daño y, en algunos casos, la erradicación del patógeno en terrenos con alta incidencia de esta enfermedad, mediante la eliminación de plantas enfermas, la utilización de rotaciones principalmente con pastos y el uso de semilla producida en zonas altas, en campos libres de este patógeno. El uso de bactericidas no ha tenido gran éxito en el control de estas enfermedades bacterianas.



Figura 30. Planta afectada por *Ralstonia solanacearum*.

Sarna común (*Streptomyces scabies*)

El patógeno que causa esta enfermedad es un habitante común del suelo que ataca los tubérculos, provocando sobre su superficie lesiones más o menos circulares, poco profundas, de color café a castaño claro y de aspecto corchoso. Su desarrollo se ve favorecido en suelos ligeramente ácidos a alcalinos y poco húmedos. Se ha observado que su ataque se incrementa después de que se efectúan aplicaciones altas de cal al suelo. Por ser un patógeno que afecta el tubérculo, su diseminación se da mediante las semillas contaminadas.

Para controlar esta enfermedad, se recomienda usar semilla de buena calidad y libre del patógeno, recolectar los residuos de cosecha, eliminar las malezas, rotar cultivos, sembrar en terrenos bien drenados y utilizar variedades resistentes a la bacteria.

Enfermedades virales

Para el manejo de enfermedades de origen viral es esencial el uso de semilla certificada, libre de virus. En cuanto al manejo del cultivo se debe evitar el fumado dentro y alrededor de las parcelas. También es necesario lavarse las manos con agua y jabón antes de realizar cualquier manipuleo de las plantas. Además, se deben eliminar todas las plantas que aparezcan afectadas por virosis o *Rhizoctonia solani* en el caso de lotes de semilla.

Las enfermedades virales tienen gran importancia en el cultivo de la papa, ya que son las responsables del fenómeno denominado “degeneración de la semilla”. Este fenómeno produce reducciones en el rendimiento que oscilan del 10 % al 90 %, dependiendo del grado de contaminación de los tubérculos semilla, así como de los virus presentes.

Hasta el año 2000 en el país se tenía conocimiento de la presencia de los siguientes virus: el virus del enrollamiento de las hojas de la papa (PLRV), el virus Y de la papa (PVY), el virus X de la papa (PVX), el virus S de la papa (PVS) y el virus M (PMV). Los dos primeros son los que revisten mayor importancia económica.

Estudios recientes realizados por la Universidad de Costa Rica (UCR) reportan la presencia de los siguientes virus: virus (PVA), moptop (PMTV), virus V (PVV), virus del moteado andino (APMoV), virus del mosaico andino (PAMV), virus M (PMV), virus T (PVT), virus del mosaico de la alfalfa (AMV), virus (TRSV) y viroide (PSTVd). Todavía no se ha hecho por separado un estudio económico del daño que produce cada uno de ellos, aunque se sabe que combinados pueden incidir en la producción y sus rendimientos (Brenes *et al.* 2002).

Los virus son partículas submicroscópicas y parásitos obligados, lo que significa que pueden multiplicarse únicamente valiéndose de los procesos metabólicos de las células de la planta hospedera. Algunos pueden transmitirse en forma mecánica, otros requieren de ciertos organismos denominados vectores para su transmisión.

En condiciones naturales, los virus de la papa pueden ser transmitidos de plantas infectadas a plantas sanas de varias maneras:

- i) Por contacto mecánico: virus como el PVX, bajo condiciones de campo, puede ser fácilmente transmitido de plantas enfermas a plantas sanas por el simple contacto de las hojas u otros órganos.
- ii) Por semilla.
- iii) Por vectores como áfidos (pulgones), cigarritas, trips, hongos y nematodos. La transmisión de virus por áfidos reviste gran importancia. Los virus PLRV y PVY, que son los que ocasionan mayores daños en el cultivo de papa, son transmitidos por áfidos, siendo *Myzus persicae* el vector más eficiente.

Los virus pueden causar los siguientes daños: pérdidas en el rendimiento, infecciones latentes, cambios en el color de las hojas, deformaciones de las hojas, enanismo, muerte del tejido foliar, necrosis de tallos y necrosis y deformación de los tubérculos (figura 31).



Figura 31. Plantas afectadas por virus.

Virus del enrollamiento de las hojas de la papa (PLRV)

Infección primaria

La infección primaria se manifiesta durante el desarrollo del cultivo en plantas provenientes de semilla prebásica o de alta calidad que sufrieron contaminación en el campo por transmisión de áfidos, en altitudes de hasta 2700 msnm en época seca, para las condiciones de Costa Rica. El daño es evidente principalmente en las hojas jóvenes (foliolos), las cuales se muestran erectas, enrolladas y pálidas. En caso de infecciones tardías, los síntomas podrían no manifestarse, pero los tubérculos ya estarían infestados (infección secundaria).

Infección secundaria

Se presenta en plantas provenientes de tubérculos semilla enfermos. Las plantas a menudo presentan enanismo, con un hábito de crecimiento erecto, los foliolos basales se enrollan y las hojas superiores se presentan más pálidas. En general las hojas se tornan rígidas y coriáceas; además, al estrujarlas producen un sonido como de papel.

Este virus es transmitido por áfidos en forma persistente (circulatoria: está en el sistema circulatorio una vez que el insecto ha adquirido el virus). Esto quiere decir que, una vez que un insecto adquiere el virus, lo puede transmitir durante el resto de su vida. *Myzus persicae* es el áfido más eficiente en transmitir el virus, por lo que una de las medidas de mayor importancia para prevenir la degeneración de la semilla es sembrar en zonas y épocas lluviosas en que la población de estos insectos sea muy baja o esté ausente (Salazar 1995).

Virus Y de la papa (PVY)

Este virus se encuentra en todas las zonas productoras de papa. Dependiendo de la cepa del virus que esté presente, los síntomas pueden variar desde enanismo hasta moteado y rugosidad de las hojas. Son varias las especies de áfidos capaces de transmitirlo, pero al igual que sucede con el PLRV, el áfido *Myzus persicae* es el más eficiente. La enfermedad puede transmitirse de un ciclo de cultivo al siguiente a través de tubérculos semilla infectados.

Virus X de la papa (PVX)

Este es el virus más difundido en el cultivo de la papa, debido a su fácil transmisión mecánica y a la existencia de variantes que no inducen síntomas obvios. Este puede ocasionar reducciones en el rendimiento de hasta un 15 %. Uno de los síntomas es la clorosis. En asocio con otros virus, las plantas se ven muy afectadas, ya que se reduce la fotosíntesis y por ende los rendimientos.

Los síntomas causados están en función de la variante del virus, la variedad de papa, la época de infección y las condiciones ambientales. Se transmite a través de tubérculos semilla enfermos. En el campo, la transmisión por contacto (mecánica) se produce fácilmente cuando las plantas se rozan entre sí por efecto del viento, la maquinaria y animales. Otras formas de transmisión mecánica se dan por el contacto entre raíces, las masticaduras de insectos, el contacto entre brotes, etc.

Virus S de la papa (PVS)

Este virus generalmente no produce síntomas visibles, es asintomático. Cuando los síntomas son evidentes, se presentan como una ligera profundización de las nervaduras, rugosidad de las hojas y un hábito de crecimiento de la planta más abierto. Por efecto de este virus se reportan pérdidas del 10 % al 20 % en los rendimientos (Salazar 1995).

El virus pasa de un ciclo de cultivo al siguiente por medio de los tubérculos semilla enfermos, se transmite fácilmente por medio de savia infectiva y su diseminación en la naturaleza es principalmente por contacto de plantas enfermas con plantas sanas. Algunas variantes del virus son transmitidas en forma no persistente por el áfido *Myzus persicae*.

Virus MOP TOP (PMTV)

Virus distribuido en zonas altas, diseminado por el hongo vector *Spongospora subterranea*. Causa tres síntomas diferentes en el follaje: manchas amarillentas brillantes, especialmente en hojas inferiores; marcas de color amarillo pálido en forma de V en hojas superiores (es el síntoma característico y sirve para su diagnóstico) y enanismo en los tallos. La infección primaria se produce a través del tubérculo, pero el virus no se disemina al resto de la planta. Los tubérculos pueden no presentar síntomas. Es un virus importante en campos de producción de semilla.

MANEJO DE PLAGAS

Insectos

El cultivo de la papa es afectado por un gran número de insectos desde la siembra hasta la cosecha y posterior almacenamiento, de ahí la importancia de la correcta identificación de la plaga, su ciclo de vida y prácticas de manejo para un control eficiente y sostenible.

Gusanos cortadores (*Agriotis* sp. Noctuidae)

Los cortadores son gusanos de hábitos subterráneos que atacan el cuello de las plantas, cortándolas por completo. Son larvas de varias especies de noctuidos o polillas nocturnas que atacan los tallos de las plantitas tiernas. Durante el día las larvas permanecen enterradas al pie de las plantas con el cuerpo enrollado. Las larvas llegan a medir hasta cinco centímetros y son de color grisáceo. Pueden dañar los tubérculos más superficiales. Otras especies de la misma familia se alimentan de las hojas. Por lo general las infestaciones en un campo se presentan en forma de mancha o focos, de modo que si hay necesidad de aplicar insecticidas, se deben realizar en forma localizada y no general. Otra práctica para destruir las larvas es romper el terreno con maquinaria.

El control de malezas hospederas de las larvas, tanto en el cultivo como en los bordes de la parcela, es una medida cultural recomendada. Para el control químico se deben usar productos que estén registrados en el SFE, tales como metamidofox, permetrina y clorpirifós, con aplicaciones a la base de la planta luego de la emergencia de las plantas.

Gusano alambre (*Agriotis* sp.)

Es una larva de hábitos subterráneos, que produce daños en el sistema radical y en los tubérculos con pequeñas perforaciones. Las larvas llegan a medir hasta 25 mm de longitud y son delgadas, con pequeñas patas torácicas. A pesar de hacer perforaciones en los tubérculos, no viven dentro de ellos. Este gusano se alimenta de las raíces de varios cultivos, especialmente de pastos, por lo que sí se siembra papa donde había pastos, debe disminuirse la población de estas larvas en el suelo, lo cual se puede hacer mediante aradas y rotación con cultivos que requieran labranzas frecuentes.

Las cosechas tempranas, antes que las larvas suban a la superficie, constituyen una buena práctica cultural para controlar esta plaga. El control biológico mediante aplicaciones de *Metharrizium* sp. a la base de la planta es otra medida de control.

Áfidos (*Myzus persicae* Schultz y otros)

Los áfidos constituyen una de las plagas más importantes de los cultivos hortícolas y en especial de la papa, por su activa participación en la transmisión de virus. Según estudios realizados por Meneses y Amador (1990), la especie más importante es *M. persicae*, por su alta eficiencia en la transmisión de virus en la papa y otros cultivos hortícolas y frutales.

Las formas aladas jóvenes son las encargadas de buscar fuentes alternativas de alimento e iniciar la nueva colonia. La distancia recorrida depende de las condiciones ambientales, especialmente la velocidad del viento y de la intensidad lumínica. La temperatura juega un papel indirecto en la dispersión de los áfidos, ya que el movimiento del aire depende de la temperatura de la atmósfera (Pumisacho y Velásquez 2009)

Todos los estadios chupan savia de las hojas y los brotes, inyectando una saliva tóxica que provoca el bolseado de las hojas de las que se alimentan. El daño se refleja en una reducción del vigor de la planta, achaparramiento, marchitez, amarillamiento, encrespamiento y caída de las hojas, así como el desarrollo del hongo *Fumagina*. Es de mayor importancia en lotes de semilla por ser vector de virus.

Una medida de control cultural es el uso de trampas amarillas, las cuales pueden ser palan-ganas amarillas con agua y jabón colocadas en el campo de cultivo a la altura de las plantas o bolsas plásticas o tarros amarillos impregnados con grasa o pegamento. Se usan para moni-torear y controlar las poblaciones del insecto.

Para el control químico se puede utilizar Abacmetina e Imidacloprid. El control biológico se lleva a cabo con enemigos naturales del insecto, como crisopa y avispidas, que se alimentan del áfido.

Mosca blanca (*Trialeurodes* sp., *Bemisia tabasi*)

Son insectos que se alimentan del jugo de las plantas y las debilitan. Al mismo tiempo segregan una sustancia azucarada sobre la que se desarrolla el hongo *Fumagina*. Reducen el vigor de las plantas y pueden causar la caída de las hojas, además de transmitir enfermedades causadas por fitoplasmas.

Los daños que ocasionan se dan tanto cuando la mosca se encuentra en estado adulto como larvario, pues empiezan a nutrirse de la planta y deterioran su crecimiento. La acumulación de insectos sobre las hojas y sus excrementos generan una lámina pegajosa, de coloración negra y que produce el desarrollo de hongos como la *Fumagina* (figura 32).

En los últimos años, su incremento ha sido vertiginoso, en especial como resultado del cambio climático y las modificaciones en los patrones de temperatura. Su presencia es mayor en tiempo seco y caliente.

En la actualidad no hay insecticidas registrados para el combate contra la mosca blanca en papa, porque aún no se considera como una plaga primaria.



Figura 32. Trampa y follaje afectados por la mosca blanca (*Trialeurodes* spp.), Estación Experimental Dr. Carlos Durán, Cartago.

Pulga saltona (*Epitrix* sp.)

Son escarabajos negros pequeños de 2-3 mm, que saltan con mucha facilidad sobre el follaje, en el cual producen huecos circulares pequeños, menores de 3 mm de diámetro. Las hojas dañadas pueden secarse completamente, lo que afecta la capacidad de fotosíntesis y el rendimiento de la planta. Las larvas también son perjudiciales, porque se alimentan de las raíces, los estolones y los tubérculos. Las larvas raspan la superficie o producen minas superficiales. Estos daños favorecen el ingreso de hongos patógenos que se encuentran en el suelo. Las plantas de papa tienen cierta capacidad para soportar daños en el follaje, pero si son graves hay que recurrir al uso de insecticidas o repelentes naturales como el chile con ajo. La eliminación de malezas hospederas de la plaga y la buena preparación del terreno contribuyen a disminuir las poblaciones de la pulgilla. El adulto de este insecto es defoliador; la larva penetra en el tubérculo, por lo que es importante controlarla en los primeros treinta días cuando la planta se encuentra pequeña. Los insecticidas registrados para el combate de la pulga saltona son aldicarb, carbaril, cipermetrina, dimetoato, endosulfan, forato, metamidofos y permetrina.

Mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*)

En papa constituye una plaga importante, generalmente asociada al uso masivo de insecticidas que destruyen a sus enemigos naturales. Son moscas pequeñas, cuyas larvas minan las hojas y producen túneles en su interior, las cuales terminan por secarse, lo que puede causar la muerte de la planta (figura 33). Las larvitas carecen de patas y de cabeza; pueden llegar a medir 2,5 mm de largo y cuando terminan su desarrollo, forman puparios en el envés de las hojas que luego se desprenden y caen al suelo para terminar su desarrollo.

Al igual que la polilla, esta plaga polífaga abunda más en la época seca; se observa tanto en papa como en apio, remolacha, ornamentales, etc. La humedad desfavorece su ciclo de vida, ya que las pupas en el suelo húmedo se mueren. Sin embargo, la alternancia de días secos y lluviosos favorece su reproducción (Chacón 1993). El uso indiscriminado de insecticidas provocó serios desequilibrios en el equilibrio de este insecto con sus enemigos naturales.



Figura 33. Daño causado por el adulto de la mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*).

Las actividades de alimentación y de oviposición de los adultos minadores se dan durante las horas del día, y la temperatura alta es el factor abiótico más importante sobre el desarrollo del insecto (Vélez *et al.* 1980). En la época lluviosa es cuando se alcanzan las poblaciones máximas, además es cuando el estado vegetativo del cultivo brinda su mayor biomasa (Neder y Arce 1984).

Para su control se recomienda monitorear la población de adultos durante todo el ciclo del cultivo, utilizando trampas (láminas) amarillas impregnadas con un pegamento fuerte o grasa. Esta trampa se coloca dentro del surco a la altura de la planta en las cuatro esquinas y/o alrededor del cultivo cada 30 m. Si la población de *Liriomyza* aumenta, se colocan más trampas dentro del terreno, que se deben mantener mientras la infestación permanezca; si esta disminuye se dejan solo las trampas del borde. Una alternativa adecuada que de momento no se aplica en Costa Rica es caminar con trampas de barrido impregnadas con grasas, con estructuras que remueven el cultivo para ir capturando grandes cantidades del insecto (Toledo 2015).

Se utiliza el umbral de acción, que es el número de individuos por encima del cual ocurre daño económico importante, para el control de la plaga. Durante los 30 días después de la siembra (dds) el umbral de acción será de 200 adultos/trampas/semana en las zonas más calientes. En campo también una población aproximada de 10 adultos por planta es un indicador de umbral económico. Los productos registrados para el combate de la mosca minadora son Tiocyclan, Cartap, Aldicarb, Bifentrin, Clorpirifos y Oxamil a la dosis comercial.

En siembras orgánicas, las aplicaciones semanales de extractos de ajo con chile ayudan a repeler las poblaciones de este mosquito, al igual que las de la pulga saltona.

Polillas (*Tecia solanivora*, *Phthorimaea operculella*)

Las polillas pueden infestar la papa y otras plantas hospederas, tales como tomate, tabaco, berenjena y remolacha. Su mayor actividad es durante la noche y prefieren las temperaturas superiores a 11 °C. Durante el día, los adultos descansan y se esconden bajo las hojas, terrones del suelo o maleza. Las hembras depositan los huevecillos al anochecer, en el suelo cerca de la base de la planta, individualmente o en grupos.

La mayor captura de polillas con trampas de feromonas se logra de floración a cosecha, que es el período donde se forma y llena el tubérculo. Además, la época seca favorece a la plaga más que la época lluviosa (Rodríguez 1991). El daño es siempre mayor en los bordes de las parcelas, sobre todo si se encuentran malezas hospederas como el zorrillo (*Cestrum racemosum*) y el ruibardo (*Rheum rhabarbarum*) (Chacón 1993).

P. operculella (PTM), conocida en Costa Rica como la polilla “criolla”, daña los tubérculos y el follaje. Es de distribución universal y está adaptada a las regiones cálidas. Aparentemente no prospera en climas fríos (menos de 10 °C de temperatura promedio anual). *T. solanivora* (TS), conocida en Costa Rica como la polilla “guatemalteca”, daña solo a los tubérculos; se encuentra en América Central y América del Sur. La presencia de ambas especies de polilla durante todo el año se favorece por la existencia de parcelas de papa en toda la época, lo que garantiza la disponibilidad continua de alimento (figura 34).



Figura 34. Estadios de polilla de papa y tubérculos apolillados, respectivamente. Estación Experimental Dr. Carlos Durán, Cartago.

El combate y el monitoreo se realiza utilizando trampas de feromonas, las cuales han demostrado una alta eficiencia en el combate de esta plaga. Para mantener un control con un mínimo de aplicaciones de insecticidas se requieren 16 trampas/ha (12 trampas en los bordes y 4 hacia el centro). Usar 8 trampas/ha en los bordes de la parcela, dependiendo del lugar, permite realizar de 2 a 8 aplicaciones por ciclo de cultivo. Las trampas son colocadas entre diferentes especies de polilla a 10 m (TS-PTM) y entre la misma especie de polilla (TS-TS) a 30 m de distancia.

Los muestreos se hacen semanalmente, sobre todo después de la aporca, cuando empieza el período crítico del daño de polilla. El umbral de acción para esta plaga es de 60-100 adultos por trampa por semana. En zonas donde se sabe que las poblaciones de polillas son muy altas se toma un promedio de 60 polillas por trampa por hectárea. Se realizan aplicaciones alternas de insecticidas registrados para el combate de la polilla, como lo son bifentrin, carbaril, clorpirifos, diazinon, esfenvalerato, forato, metamidofos y permetrina.

Es importante que las aplicaciones sean dirigidas a la base de la planta, utilizando una boquilla relativamente ancha (n.o 2 o 3). Para evitar daños, es necesario cosechar las parcelas en cuanto el tubérculo alcance su madurez.

Jobotos, gallina ciega (*Phyllophaga* spp.)

Es una plaga importante tanto en cultivos como en pastos, ya sea en zonas tropicales como en regiones templadas (King y Saunders 1995). Las larvas de los escarabajos de estos géneros habitan en el suelo y se alimentan de las raíces de sus hospederos, hasta por cuatro años antes de pupar. Esta plaga puede ocasionar la pérdida completa de la cosecha, especialmente si el ataque ocurre cuando las plantas son jóvenes (Hruska 1997).

Las especies de este género muestran una gran capacidad de adaptación que les ha permitido colonizar casi todos los hábitats ubicados entre el nivel del mar y los 3500 msnm (King 1994). En el cultivo de papa, las larvas del tercer estadio (etapa de desarrollo) provocan daño al alimentarse de las raíces y favorecen la entrada de patógenos que causan pudriciones. Por lo general, en el campo el daño se distribuye en parches. Estas especies causan rasgaduras y agujeros profundos en los tubérculos que reducen considerablemente su valor comercial (figura 35). En el país, las zonas paperas medias y bajas (Zarcero, La Cima de Dota y la zona media de Cartago) presentan mayores problemas de jobotos que las zonas altas (más de 2750 msnm). En Cot, Llano Grande, Pacayas y Tierra Blanca de Cartago se ha observado una mayor población de estos insectos, por lo que en muchos casos se debe adelantar la cosecha con el fin de reducir las pérdidas (Chacón 1993).

Las larvas prefieren las raíces de las gramíneas, las leguminosas y las rosáceas. Es probable que las larvas se encuentren adaptadas al consumo de la materia orgánica de origen vegetal acumulada en el suelo, ya que se han encontrado adultos y larvas de *Phyllophaga* bajo la hojarasca de bosques de pino-encino dentro de troncos muy podridos en el bosque de montaña (Morón 1986).

Los métodos de combate más adecuados para reducir esta plaga son volcar el terreno, usar hongos entomopatógenos (*Tricoderma*, *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*), colocar trampas luz y aplicar insecticidas de contacto, entre otros.



Figura 35. Jobotos (*Phyllophaga* spp.) en el suelo y en tubérculos, respectivamente.

***Bactericera cockerelli* (pulgón saltador, psílido o paratriosa)**

Esta plaga no se ha reportado en Costa Rica; no obstante, es importante mantener el control fitosanitario para que no llegue al país. Este fitoplasma transmite la enfermedad de la punta morada en papa (PMP) y la enfermedad que produce el daño en el tubérculo llamado zebra chips, lo que hace que pierda la calidad y debe desecharse para consumo humano. El control del psílido es lo recomendable para evitar estas enfermedades en la papa (Garzón 2012).

Esta especie, también conocida con los nombres de “pulgón saltador”, “psílido del tomate” o simplemente “salerillo”, es un insecto que actualmente pertenece a la familia Triozidae, la superfamilia Psylloidea, el suborden Homoptera y el orden Hemiptera. Este insecto fue descubierto en 1909 por Cockerell en el estado de Colorado (Estados Unidos) y, como reconocimiento, propuso el nombre científico *Trioza cockerelli*, aunque más tarde se confirmó taxonómicamente como *Paratrioza cockerelli*. Se le conoce también con el nombre de psílido, por su anterior clasificación dentro de la familia Psyllidae. Recientemente el género de esta especie se ha revisado y se le ha denominado con el nombre de *Bactericera cockerelli* (Covarrubias, citado por Garzón 2012).



Figura 36. Adulto de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli*.

NEMATODOS PARÁSITOS DE LA PAPA

Entre las principales plagas que afectan el cultivo de la papa, se encuentran los nematodos fitoparásitos y, aunque existen varios géneros relacionados con el cultivo, destacan los géneros *Pratylenchus* sp., *Meloidogyne* sp. y *Helicotylenchus* sp., entre otros.

Los nematodos son pequeñísimos gusanos redondos y alargados que únicamente se pueden ver con microscopio, habitan principalmente en el suelo y el agua. En Costa Rica *Globodera pallida* es considerado un nematodo de gran importancia económica, debido al daño directo que produce, a su condición cuarentenaria y a la facilidad de propagación entre fincas. Este género se reportó en el país en 2005, por medio del MAG, el SFE y la UCR (MAG 2009).

Simultáneamente al diagnóstico de la plaga, se ubicaron y georreferenciaron las plantaciones afectadas en la zona norte de la provincia de Cartago (MAG 2009). La cuarentena de fincas con la presencia del nematodo *Globodera pallida* afectó a pequeños y medianos productores, quienes sufrieron pérdidas en comercialización y debieron hacer frente a la prohibición de sembrar tubérculos para semilla, sin dejar de lado el daño directo que produce este nematodo.

Clasificación taxonómica y géneros presentes del nematodo del quiste de la papa

- Phylum: Nematoda
- Clase: Secernentea
- Subclase: Diplogasteria
- Orden: Tylenchida
- Suborden: Tylenchina
- Súper familia: Heteroderoidea
- Familia: Heteroderidae
- Subfamilia: Heteroderinae
- Tipos de géneros que forman quistes: *Afenestrata* sp., *Cactodera* sp., *Dolichodera* sp., *Globodera* spp., *Heterodera* sp. y *Punctodera* sp.
- Especies de *Globodera*: *rostochiensis* y *pallida*

Fuente: Tacconi y Ambrogioni 1995.

El género *Globodera pallida* reportado en Costa Rica tiene las siguientes características: fase de maduración del quiste color blanco o crema, distancia entre el ano y la fenestra con 12 anulaciones (figura 37) (García et al. 2009).



Figura 37. Características generales de *G. pallida* identificadas en la zona norte de Cartago a nivel de laboratorio y campo, respectivamente.

El primer síntoma que se observa es un crecimiento retardado de las plantas en uno o más puntos de la finca, los cuales se agrandan cada vez que se cultiva papa en ese terreno. Se puede presentar como una reducción en el crecimiento de las raíces, luego las plantas pierden su color natural, se ven achaparradas, enfermas y se marchitan fácilmente durante las horas más calurosas y secas del día. Los tubérculos son más pequeños que los de las plantas sanas y el rendimiento se reduce.

Un análisis cuidadoso de las raíces revela la presencia de cuerpos pequeños y esféricos que miden entre 0,5 y 1 mm de diámetro y tienen color blanco, amarillo o marrón. El color depende de la especie del nematodo y del grado de madurez de las hembras que forman los quistes, los cuales se desprenden fácilmente de las raíces.

Ciclo de vida: Una generación ocurre en una temporada y dura de 6 a 10 semanas. Bajo el estímulo de exudados de la raíz, el segundo estado juvenil emerge de los huevos dentro de los quistes y penetra en las raíces. Los machos abandonan las raíces y se aparean con las hembras que sobresalen en la superficie de las raíces. Los cuerpos de las hembras muertas se convierten en quistes, que se pueden despegar con facilidad de las raíces y permanecer viables en el suelo por más de 20 años.

Cuando aparecen síntomas visibles es porque los nematodos están ya presentes en grandes cantidades. Una vez que los nematodos del quiste se han establecido, es muy difícil erradicarlos; sin embargo, hay métodos para reducir el daño que causan.

En respuesta a obtener alternativas tecnológicas para el manejo de este nematodo, el INTA desarrolló investigaciones para el manejo integrado de esta plaga (*Globodera pallida*) (Piedra *et al.* 2008, 2009a, 2009b; Vargas y Piedra 2009), resultados que se detallan a continuación:

Determinación de daño: Se tomó como referencia la variedad Floresta y se determinó que con un inóculo inicial de 13 larvas y huevos por gramo de suelo el nematodo produce marchitamiento y daño en la planta.

Razas de *Globodera pallida*: Se utilizó una tabla con el esquema latino para identificar razas de *Globodera pallida* establecido por Canto y Scurrach (1977). Se determinó que en Costa Rica existe la raza patotipo PA3 de *G. pallida*.

Control biológico

Control biológico en condiciones de invernadero

Se obtuvo eficacia promisorio del hongo *Trichoderma* sp. Se identificaron conidias en la parte externa e interna del quiste. Se evidenció que *Trichoderma* sp. penetró el quiste y afectó a larvas y huevos, lo que resultó en control biológico (figura 38).

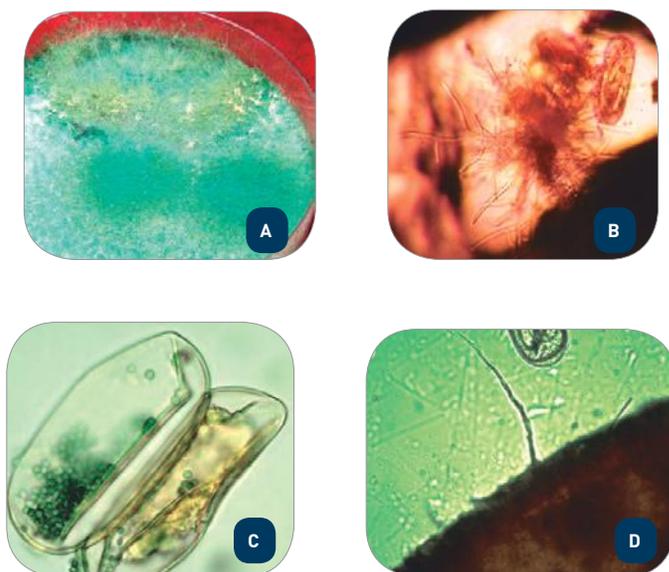


Figura 38. Parte externa de quiste con micelio (A), conidias de *Trichoderma* sp. dentro de huevos (B), micelio en huevos, parte externa (C) y crecimiento de *Trichoderma* sp. en medio de cultivo PDA (D).

Control biológico en condiciones de laboratorio

Los estados juveniles del nematodo dentro del quiste fueron parasitados en un 97 % por el hongo *Paecylomyces lilacinus*, siendo el que mostró el mayor valor de parasitismo de los hongos evaluados. Le siguen en orden decreciente, pero siempre con un alto porcentaje de parasitismo, el *Beauveria bassiana*, con un 93,6 %; el *Trichoderma*, con un 88,2 %, y por último el Hongo 10 (*Arthrobotrys* spp.), con un 86,68 % (figura 39). El tratamiento sin hongo (testigo absoluto) presentó un porcentaje de parasitismo de 13,34 %, lo que explica la existencia de un parasitismo natural no determinado en el campo y observado dentro de los quistes sin inocular.



Figura 39. Hongos con efecto nematicida sobre estados juveniles dentro del quiste.

Una manera de disminuir las poblaciones de este nematodo es sembrar los terrenos con avena. Se ha evidenciado una competencia de las plantas de avena con las plantas de papa que germinan a partir de los desechos que quedan después de la cosecha, donde el número de quistes decrece a través del tiempo en la parcela sembrada de avena y esto provoca una disminución de *G. pallida*.

Los resultados indican que todas las variedades de papa son susceptibles al nematodo. No obstante, la variedad Pasquí muestra mayor tolerancia al nematodo y la variedad Pukara es la más susceptible.

Recomendaciones para el manejo del nematodo *G. pallida*

- Utilizar semilla de alta calidad y/o certificada libre del nematodo.
- Sembrar en zonas libres del nematodo y de preferencia hacer muestreos del área de siembra para asegurarse de que el suelo esté libre de la plaga.
- Eliminar los aporcos o remanentes de papa posteriormente a las cosechas.
- Desinfectar todas las herramientas utilizadas en la siembra y el equipo de maquinaria que se traslada de una finca a otra.
- Aplicar técnicas de manejo y conservación de suelos y construir drenajes adecuados en los terrenos.

- Exponer el suelo mediante el arado al sol en temporadas secas y caniculares, lo que puede reducir la población de nematodos.
- Establecer barreras vivas en cercas para minimizar la erosión y la contaminación entre fincas.
- Aplicar en fincas infestadas control biológico con hongos nematófagos endófitos de las mismas fincas, tales como *Trichoderma* sp. y *Arthrobotrys* sp.
- Utilizar nematicidas químicos de fácil degradación en casos de altas poblaciones mayores al umbral de daño establecido.
- Rotar la siembra de papa con la de otros cultivos, tales como zanahoria, avena, brócoli, coliflor, arveja, cebolla.
- Usar variedades tolerantes.

Con el reporte de la aparición del nematodo del quiste de papa (*Globodera pallida*) en 2005 en Costa Rica, se iniciaron varias investigaciones sobre su manejo y control. En 2015 se difundió el método de bioensayo en bolsas plásticas cerradas, para diagnosticar en campo la plaga en suelos, antes de cada siembra. Ese método es una herramienta importante para muchos productores de semilla, que pueden reducir los costos y el tiempo, al no tener que llevar muestras a un laboratorio. Pueden aplicar este método en sus propias fincas y obtener diagnósticos con la ayuda de un extensionista o un investigador con conocimientos sobre la plaga.

En campos infestados el nematodo se mantiene por períodos prolongados, que pueden ser incluso mayores de 20 años. Por lo tanto, se deben tomar medidas para disminuir las poblaciones. En campos con alta infestación de nematodos, el rendimiento puede disminuirse hasta en 50 %. En fincas infestadas no se debe producir semilla de papa para comercializar. Esta es una plaga cuarentenaria.

Manejo de plagas vertebradas

Taltuzas (*Orthogeomys* sp.)

Las taltuzas o tuzas son roedores pertenecientes a la familia Geomyidae. En Costa Rica existen cuatro especies, todas pertenecientes al género *Orthogeomys*: *O. heterodus*, *O. cherriei*, *O. cavator* y *O. underwoodi* (Mc Pherson 1985).

Su control es de gran importancia económica para las actividades agrícolas y forestales, ya que ocasionan grandes daños en las plantaciones. Destruyen el sistema radical y los tallos tiernos de las plantas en crecimiento, lo que genera grandes pérdidas en cultivos, en las zonas de reforestación y en muchos de los viveros nacionales.

Las taltuzas dañan las plantas al roer y trozar sus raíces, para utilizarlas como alimento y para abrirse paso en su camino subterráneo (figura 40). Están bien adaptadas a la vida subterránea. Los montículos de tierra suelta que aparecen sobre la superficie del suelo son las indicaciones externas de sus habitaciones subterráneas, casi siempre intrincadas y extensas. El 90 % de la vida de una taltuza ocurre dentro de las madrigueras (Villa 1988).

Con el desarrollo del cultivo, los enemigos naturales de las taltuzas han disminuido considerablemente, lo que ha llevado al aumento de la población de este roedor y de los daños económicos en el cultivo de la papa.

Hay diversos métodos mediante los cuales puede realizarse el combate de la taltuza. Entre ellos pueden citarse principalmente tres: las trampas, los cebos y el gas. Las trampas son un método económico y duradero, porque el único gasto en que hay que incurrir es la trampa, la cual puede ser usada por muchos años. También es un método seguro, tanto para humanos como para otros animales. Su desventaja radica en que es necesario personal especializado con conocimiento del comportamiento de la taltuza, para colocar las trampas correctamente, el costo de captura varía de un lugar a otro por lo que en las zonas productoras han surgido especialistas para realizar esta labor.



Figura 40. Taltuza (*Orthogeomys* sp.) y huecos en los terrenos de siembra, respectivamente. Estación Experimental Dr. Carlos Durán, Cartago.

Manejo integrado de plagas

El control o manejo integrado de plagas (MIP) es un sistema orientado a mantener las plagas de un cultivo en niveles que no causen daño económico, utilizando preferentemente los factores naturales adversos al desarrollo de las plagas y recurriendo al uso de pesticidas solo como medida de emergencia. El MIP permite mantener el empleo de plaguicidas y otras intervenciones a niveles económicamente justificados y reducir al mínimo los riesgos que conllevan para la salud humana y el ambiente (Acuña *et al.* 2015).

Se dice que el MIP es un enfoque ecológico porque toma en cuenta las relaciones que existen entre los diferentes componentes del ecosistema, en particular la relación de la plaga con la planta cultivada (susceptibilidad, resistencia), con sus enemigos naturales (control biológico) y con las condiciones físicas, mecánicas y agronómicas del medio (prácticas culturales), y porque maneja los estímulos que determinan el comportamiento de los insectos (feromonas, atrayentes, repelentes). En el caso de tener que recurrirse a la aplicación de insecticidas, se debe realizar la selección más cuidadosa posible, a fin de reducir sus efectos nocivos sobre otros componentes del ecosistema (contaminación, residuos, intoxicaciones y destrucción del control biológico).

MANEJO SEGURO Y RACIONAL DE LOS PLAGUICIDAS

Los plaguicidas son eficientes en tanto se utilicen conforme lo indique la etiqueta. Constituyen uno de los medios para el control de las plagas que atacan los cultivos y no la única vía para combatirlas. Para un adecuado uso deben considerarse los siguientes factores: el etiquetado del plaguicida, el equipo de protección personal, el equipo de aplicación y la forma de acción del producto. Es importante que el producto esté autorizado en los registros del MAG para el cultivo de la papa. Además, se debe tratar en lo posible de realizar las aplicaciones en las horas más frescas y menos ventosas del día.

Etiquetado de los plaguicidas: Las etiquetas de los plaguicidas son una fuente de información, donde se indica el equipo de aplicación que se debe manipular, las recomendaciones técnicas sobre los cultivos a proteger, las plagas a controlar, las dosis por volumen de agua o por área de terreno y las medidas de protección a la salud para evitar intoxicaciones.

Equipo de protección personal: Los plaguicidas penetran al organismo humano por la boca, la nariz, la piel y los ojos. Para proteger el cuerpo de una intoxicación, todo trabajador debe portar el equipo de protección completo, que consta de las siguientes partes: botas de hule, camisa impermeable de manga larga, pantalón impermeable largo, guantes, mascarilla, gafas, sombrero y delantal (Wong 2013).

Equipo de aplicación: Las boquillas deben descargar las gotas lo más fino posible para lograr que el producto se adhiera a las hojas del cultivo y que haya una buena cobertura (mínima de 80 %) y evitar así contaminación del suelo, el desperdicio del producto y la intoxicación del aplicador.

Forma de acción: a) De contacto o protectores: Actúan únicamente donde se haya aplicado el producto, por lo que es importante una aplicación que cubra bien la hoja antes de que el patógeno llegue; b) de acción sistémica: tienen la capacidad de penetrar la hoja y controlar las infecciones ya establecidas; y c) de acción translaminar: además de tener un efecto protector, detienen las infecciones únicamente en el sitio preciso donde se aplicaron.

COSECHA

Para preparar el cultivo para la cosecha se debe eliminar el follaje tan pronto los tubérculos llegan a su madurez fisiológica; es decir, cuando el movimiento de los asimilados se interrumpe por vejez y muerte del follaje. El tubérculo maduro tiene la piel suberizada, o sea que no se desprende al ejercer una fuerte presión con los dedos contra ella.

La eliminación del follaje se puede hacer mediante la aplicación de un herbicida quemante de contacto o de forma manual (este último método es muy utilizado en campos dedicados para semilla).

Aproximadamente tres semanas luego de la eliminación del follaje, cuando se ha secado completamente se puede iniciar la cosecha, la cual se puede hacer de forma manual usando una herramienta conocida como garabato o mecánica. El corte prematuro del follaje, con el fin de vender a precios más altos, perjudica el rendimiento del cultivo y la calidad del producto.

La papa se cosecha y se va colocando en canastos previamente identificados con base en la calidad de la papa cosechada y de acuerdo con la finalidad de destino: a) para mercado de producto en fresco o industria, b) para semilla (según tamaño y sanidad) y c) para desecho (tubérculos con malformaciones y con daños por insectos y mecánicos) (figura 41). La papa comercial se dispone en sacos para su traslado a las plantas de lavado. La papa de desecho se puede vender para alimentación animal (ganado y porcinos).



Figura 41. Cosecha mecánica y manual de la papa en la Estación Experimental Dr. Carlos Durán, Cartago.

Una vez cosechada la papa, se deben recoger y destruir los residuos de cosecha, para evitar que los huevos de insectos inicien un nuevo ciclo de daño. También se deben recolectar todos los tubérculos de desecho que quedaron en el campo y aquellos que quedaron semienterrados se entierran a cierta profundidad en un lugar del terreno.

Durante el almacenamiento, las papas deben guardarse secas y limpias, eliminándose todos los tubérculos partidos, con cortes, dañados mecánicamente y con enfermedades.

La cosecha, la recolección, la selección y el empaque son puntos de riesgo de contaminación, especialmente por agentes microbiológicos, por lo que se debe tener ciertos cuidados, como lavarse las manos con agua y jabón y mantener los utensilios y los empaques limpios y desinfectados.

CAPÍTULO 3. COSTOS DE PRODUCCIÓN

Es importante que el agricultor lleve una libreta de apuntes de todas las prácticas agronómicas que realiza en su parcela. En ella debe anotar las horas destinadas a cada labor, el número y la cantidad de aplicaciones de plaguicidas y fertilizantes, el número de personas dedicadas en cada actividad y los datos de rendimiento. En el cuadro 7, se presenta la estructura de costos para una hectárea de papa, información actualizada a julio de 2016.

Cuadro 7. Estructura de costos para una hectárea de papa, julio de 2016.

Rubro	Unidad	Cantidad	Costo unitario (colones)	Costo total (colones)	Costo total (USD)	Porcentaje (%)
A. Labores contratadas						
Preparación de terreno						
Arada	HS	4,5	14 000	63 000	112,50	1,26
Rotada	HS	4,5	14 000	63 000	112,50	1,26
Zurc. y tapada con animal	Día animal	3	14 000	42 000	75,00	0,84
Cosecha	TM	25	15 000	375 000	669,64	7,52
Sutotal A				543 000	969,64	10,89
B. Labores ordinarias						
Quema	JLS	3	9663	28 989,12	51,77	0,58
Desinfección de semilla	JLS	9	9663	86 967,36	155,30	1,74
Clasificación de semilla	JLS	9	9663	86 967,36	155,30	1,74
Riega de semilla	JLS	9	9663	86 967,36	155,30	1,74
Tapada con azada	JLS	9	9663	86 967,36	155,30	1,74
Fertilización	JLS	8	9663	77 304,32	138,04	1,55
Aporca	JLS	12	9663	115 956,48	207,07	2,33
Atomización	JLS	45	9663	434 836,80	776,49	8,72
Acarreo interno	JLS	2	9663	19 326,08	34,51	0,39
Subtotal		106	9663	1 024 282,24	1829,08	20,54
CCSS	2 peones			84 000,00	150,00	1,68
Subtotal B				1 108 282,24	1979,08	22,22

C. Materiales						
Semilla floresta de calidad	KG	2500	520	1 300 000,00	2321,43	26,07
Tolclofos metil	KG	2	19 680	39 360,00	70,29	0,79
Abono 10-30-10	KG	1590	493	783 870,00	1399,77	15,72
Fertilizante 15-3-31	KG	1130	335	378 550,00	675,98	7,59
Nitrato de amonio	KG	138	210	28 980,00	51,75	0,58
Propineb	KG	15	6416	96 240,00	171,86	1,93
Clorotalonil	LT	9	5428	48 852,00	87,24	0,98
Mancozeb	KG	20	4877	97 540,00	174,18	1,96
Hidróxido cúprico	KG	9	9750	87 750,00	156,70	1,76
Metalosato de calcio	LT	4	8000	32 000,00	57,14	0,64
Nitrato de potasio	KG	1	513	513,00	0,92	0,01
N-P-K 20-20-20	KG	1,4	5063	7088,20	12,66	0,14
Clorpirifos	25 KG	2	22 615	45 230,00	80,77	0,91
Cartap	KG	8	20 384	163 072,00	291,20	3,27
Trioxidan	KG	0,4	41 915	16 766,00	29,94	0,34
Deltametril	LT	0,7	35 245	24 671,50	44,06	0,49
Oxamil	LT	3,5	13 402	46 907,00	83,76	0,94
Aditivo	LT	1	6107	6107,00	10,91	0,12
Multiminerales	LT	2	10 005	20 010,00	35,73	0,40
Paraquat	LT	7	3426	23 982,00	42,83	0,48
Metalosato de zinc	LT	1	17 924	17 924,00	32,01	0,36
Subtotal C				3 265 412,70	5831,09	65,48
Fletes y otros gastos				70 000,00		
Total del costo				4 986 694,94	8779,81	99

Rendimientos					
Rendimiento estimado	Zona alta	33 000	kg/ha	Costo/kg	151,112
	Zona media	25 000	kg/ha	Costo/kg	199,468
	Zona baja	18 000	kg/ha	Costo/kg	277,039
	Promedio	25 333	Costo/kg promedio	196,843	
Precio finca	col/kg				

Fuente: Tencio, R. 2013. Dirección Central Oriental, MAG. Datos actualizados por el INTA a julio de 2016.

Para esta estructura de costos la preparación del suelo representa el 3,36 % de los costos totales; la cosecha mecánica el 7,5 %; el manejo agronómico del cultivo el 22,2 %; los insumos el 65,5 % y los fletes y otros gastos el 1,44 %. El costo de producción/ha fue de USD 8779,81, para un rendimiento de 25 t/ha, con una relación beneficio/costo positiva, sujeta al precio de venta del producto en finca.

CAPÍTULO 4. GLOSARIO

Acción protectora: Efecto de proteger la planta o el tubérculo para evitar daño.

Acción sistémica: Producto (insecticida o fungicida) que es absorbido por las raíces u hojas y translocado en la planta.

Aporca: Acción de agregar suelo al lado de las plantas levantando el lomillo, a lo largo del surco.

Arvenses: Plantas que compiten con el cultivo.

Bacteria: Microorganismo unicelular que presenta un tamaño de unos pocos micrómetros y diversas formas. Puede ser benéfica para el cultivo o no serlo.

Brotación múltiple: Desarrollo de brotes adicionales en la semilla.

Ciclo de vida: Período que comprende todas las diferentes etapas de una especie en reproducción asexual o sexual.

Clon: Material proveniente de una parte vegetal de una planta de papa y que se reproduce de manera asexual.

Clon promisorio: Cultivar con características de adaptación y rendimiento importantes mostradas en estudios previos a su liberación como una nueva variedad.

Control biológico: Método de control de plagas, enfermedades y malezas que consiste en utilizar organismos vivos con el objetivo de controlar las poblaciones de otro organismo.

Cuarentena vegetal: Normativa que restringe la siembra en una localidad o finca con la finalidad de prevenir la dispersión de plagas o para asegurar su control o manejo.

Infección primaria: Infección que se presenta durante el desarrollo del cultivo en plantas provenientes de semilla prebásica o de alta calidad que sufrieron contaminación en el campo.

Infección secundaria: Infección que se presenta en plantas provenientes de tubérculos semilla enfermos.

Manejo integrado de plagas (MIP): Conjunto de buenas prácticas agronómicas que buscan disminuir o controlar las plagas y las enfermedades de manera sostenible.

Período de dormancia: Período que transcurre entre la cosecha y la brotación. Las yemas de los tubérculos se mantienen inactivas, sin proceso de diferenciación de tejidos ni de

división celular, aun cuando el tubérculo esté en condiciones ambientales apropiadas para su desarrollo.

Período de reposo: Período durante el cual la intensidad de la respiración y la transpiración es mínima que puede variar desde unas semanas hasta 2-3 meses, dependiendo de la variedad, de las condiciones previas del crecimiento, de la temperatura de almacenamiento, de los daños y del grado de madurez del producto al ser cosechado.

Plaga: Organismo, animal o vegetal, que ataca o destruye cultivos y plantas con una afectación económica.

Seguridad alimentaria y nutricional: “Estado en el cual todas las personas gozan, en forma oportuna y permanente, de acceso físico, económico y social, a los alimentos que necesitan, en calidad y cantidad, para su adecuado consumo y utilización biológica, garantizándoles un estado de bienestar general que coadyuve al logro de su desarrollo” (INCAP 1999). Los ámbitos fundamentales que determinan la seguridad alimentaria y nutricional son: a) la disponibilidad, b) el acceso, c) el consumo y d) la utilización biológica. La disponibilidad se refiere a la cantidad y la calidad de los alimentos que la población tiene disponibles para su consumo a escala local, regional o nacional.

Semilla básica: Semilla producida en el campo a partir de semilla prebásica. Puede mantener su categoría hasta tres generaciones, si las condiciones de manejo fitosanitario de las plantas en las casas malla lo permiten.

Semilla prebásica: Semilla producida en invernadero, también denominada minitubérculo, proveniente de plántulas producidas *in vitro* y generadas en el laboratorio de cultivo de tejidos.

LITERATURA CITADA

- Acuña, I; Muñoz, M; Sandaña, P; Orena, S; Bravo, R; Kalazich, J; Tejeda, P; Castro MP; Sandoval, C. 2015. Manual interactivo de la papa INIA (en línea, sitio web). Santiago, Chile, INIA. Consultado 2 ene. 2016. Disponible en <http://manualinia.papachile.cl/?page=home>.
- Alpizar, L. 2016. Estudio sobre fertilización al suelo con fórmulas completas en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Durán durante la época de verano en la zona de Pacayas de Alvarado, Cartago. San José, Costa Rica, INTA. 30 p. Informe final.
- Barquero, M; Gómez, L; Brenes, A. 2005. Resistencia al tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en clones promisorios de papa en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 29(3):31-45.
- Bertsch, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, Costa Rica, ACCS. 157 p.
- Bertsch, F. 2009. Absorción de nutrimentos por los cultivos. San José, Costa Rica, ACCS. 307 p.
- Beukema, HP; Van Der Zaag, DE. 1990. Introduction to potato production. Wageningen, Países Bajos, Pudoc. 208 p.
- Bode, J. s. f. Todo lo que no sabes y debes saber de la papa (en línea). *Revista Veinte Mundos*. Consultado 19 set. 2016. Disponible en <http://www.veintemundos.com/magazines/85-de/>.
- Bolaños, A. 1998. Introducción a la olericultura. San José, Costa Rica, EUNED. 380 p.
- Brenes, A; Rivera, C; Vásquez, V. 2002. Principales enfermedades y plagas de la papa en Costa Rica. San José, Costa Rica, EUNED. 120 p.
- Canto, M; Scurrach, M. 1977. Races and the potato cyst nematode in the Andean region and new system of classification. *Nematologica* (23):340-349.
- Chacón, H. 1993. Producción de semilla certificada de papa. San José, Costa Rica, ONS. 128 p.
- Chávez, G; Ramírez, A. 2013. Manual para la producción de semilla certificada de papa. Quetzaltenango, Guatemala, ICTA. 42 p.
- CIP (Centro Internacional de la Papa, Perú). 1986a. Cultivo in vitro de plantas de papa. Lima, Perú. 111 p.
- CIP (Centro Internacional de la Papa, Perú). 1986b. El tizón tardío de la papa. Lima, Perú. 40 p.
- Coraspe, H. 2008. Almacenamiento y manejo de la semilla de papa (en línea, blog). Mérida, Venezuela, Eagroagricultura. Consultado 15 mar. 2016. Disponible en <http://eagroagricultura.blogspot.com/2008/11/almacenamiento-de-la-semilla-de-papa.html>.
- Devaux, A; Andrade-Piedra, J; Ordinola, M; Velasco, C; Hareau, G. 2011. La papa y la seguridad alimentaria en la región andina: situación actual y desafíos para la innovación. *In* Congreso Nacional de la Papa (4, 2011, Guaranda, Ecuador). Memoria. Guaranda, Ecuador. 5 p.
- Espinoza, LD. 2014. La papa en la seguridad alimentaria (I) (en línea). *El Economista*, Ciudad de México, México. 15 dic. Disponible en <http://eleconomista.com.mx/columnas/agro-negocios/2014/12/15/papa-seguridad-alimentaria-i>.
- Estrada, N. 2000. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. La Paz, Bolivia, PROINPA. 372 p.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2008. Año internacional de la papa. Hojas de datos en pdf (en línea). Roma, Italia. Consultado 19 set. 2016. Disponible en <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/pdf.html>.
- García, D; García, C; Montero, Z; Salazar, L; Brenes, A; Gómez-Alpizar, L. 2009. Identificación morfológica y molecular del nematodo formador de quistes *Globodera pallida* en muestras de suelos de Costa Rica (en línea). Revista Latinoamericana de la Papa 15(1):38-45. Consultado 30 jun. 2016. Disponible en <http://www.papaslatinas.org/ojs/index.php/rev-alap/article/view/150>.
- Garzón, J. 2012. Paratrisoma Bactericera cockerelli (Sulc) vector de la bacteria *Candidatus liberibacter solanacearum*, conocida como Zebra Chip en papa. In Congreso Nacional de Papa (2012, México). Memoria. 3 p. Consultado 12 jul 2016. Disponible en www.conpapa.org.mx/files/Congress/2012/.
- Gutiérrez, R; Espinoza Trelles, J; Bonierballe, M. 2007. *Única: variedad peruana para mercado fresco y papa frita con tolerancia y resistencia para condiciones climáticas adversas* (en línea). Revista Latinoamericana de la Papa 14(1):41-50. Consultado 15 jun. 2016. Disponible en <http://www.papaslatinas.org/v14n1p41.pdf>.
- Gutiérrez, T. 2014. Paperos pierden 30% del mercado por importaciones congeladas (en línea). CRHoy.com, San José, Costa Rica; 8 ago. Consultado 10 jun. 2016. Disponible en <http://www.crhoy.com/archivo/paperos-pierden-un-30-del-mercado-por-importaciones-congeladas/economia/>.
- Henkes, R; Dunn, N. 1981. Consumo de papa con nuevas variedades y nuevos métodos de producción: el cultivo de papa puede extenderse a un número mayor de regiones. México. Boletín El Surco (3):1-11.
- Hruska, A. 1997. Weedy groundcover increases damage to cassava by white grubs in Costa Rica. Tropical Agricultural 64(3):212-216.
- INCAP (Instituto de Nutrición para Centroamérica y Panamá, Guatemala). 1999. La iniciativa de seguridad alimentaria nutricional en Centro América. 2 ed. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- Inostroza, J. 2009. Manual de papa para la Araucanía: manejo y plantación. Temuco, Chile, INIA. 114 p. Boletín INIA 193.
- Jones, SB. 1994. Sistemática vegetal. 2 ed. Ciudad de México, México. McGraw-Hill. 536 p.
- King, A. 1994. Biología, identificación y distribución de especies económicas de *Phyllophaga* spp. en América Central. In Seminario Centroamericano sobre la Biología y Control de *Phyllophaga* spp. (1, 1994, Turrialba, Costa Rica). Memoria. Turrialba, Costa Rica. p. 33-43.
- King, A; Saunders, JL. 1995. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. Revista Manejo Integrado de Plagas (37):28-33.
- León, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. 2 ed. San José, Costa Rica, IICA. 445 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica). 2009. Recomendaciones técnicas para el manejo del nematodo blanco del quiste (*Globodera pallida* Stone) en el cultivo de la papa *Solanum tuberosum*. Heredia, Costa Rica, Servicio Fitosanitario del Estado. Boletín Actualidad fitosanitaria 2009-40:4. Medida fitosanitaria DSFE01/06. 4 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica). 2016. Minuta de la Comisión Nacional de Papa y Cebolla, 8 jun. San José, Costa Rica. 9 p.
- McPherson, AB. 1985. A biogeographical analysis of factors influencing the distribution of Costa Rican rodents. Brenesia (23):97-273.

- Marchamalo, M. 2004. Ordenación del territorio para la producción de servicios ambientales hídricos: aplicación a la cuenca del río Birrís, Costa Rica. Tesis Ph. D. Madrid, España, Universidad Politécnica de Madrid. 409 p.
- Mejía, G; Menjivar, A; Nuñez, E. 2008. Evaluación de hongos entomopatógenos como biocontroladores de *Bactericera (Paratrioza) cockerelli* (Homóptera: Psyllidae: Triozinae) en papa (*Solanum tuberosum*) a nivel de laboratorio (en línea). San Salvador, El Salvador, UES. 84 p. Consultado 18 abr. 2017. Disponible en <http://ri.ues.edu.sv/956/>.
- Meneses, R; Amador, R. 1990. Los áfidos alados de la papa y su fluctuación poblacional en Costa Rica. *Revista Manejo Integrado de Plagas* (15):35-44.
- Moron, M. 1986. El género *Phyllophaga* en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* (supl. 85):277-299.
- Neder de Roman, L; Arce de Hamity, MG. 1984. Revisión y nuevos aportes al conocimiento bioecológico de *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae). *Acta Zoológica Lilloana* 37(2):295-301.
- ONS (Oficina Nacional de Semillas, Costa Rica). 2017. Guía de generalidades: trámite para efectuar el registro de variedades comerciales. San José, Costa Rica. Consultado 18 abr. 2017. Disponible en http://www.ofinase.go.cr/images/documentos/mejoraregulatoria/guia_tramites_rvc_nov2015.pdf.
- Orrego, R; Manrique, K; Quevedo, M; Ortiz, O. 2011. Mejorando la calidad de nuestra semilla de papa mediante la selección de las mejores plantas: selección positiva. Lima, Perú, CIP. 71 p.
- Piedra, R; Obregón, M; Vargas, C; Avilés, J; Meckbel, J. 2008. Identificación de razas del nematodo de quiste de la papa (*Globoderapallida*) con diferenciales o clones de papa. *Alcances Tecnológicos* 6(1):73-80.
- Piedra, R; Obregón, M; Vargas, C; Avilés, J; Meckbel, J. 2009a. Determinación del daño del nematodo (*Globodera pallida*) en variedades Floresta de papa. *Alcances Tecnológicos* 7(1):59-65.
- Piedra, R; Obregón, M; Meckbel, J. 2009b. Eficacia biológica de hongos nematófagos para el combate del nematodo (*Globoderapallida*) en papa. *Alcances Tecnológicos* 7(1):51-58.
- Pumisacho, M; Sherwood, S (eds.). 2002. El cultivo de la papa en Ecuador. Quito, Ecuador, INIAP. 229 p.
- Pumisacho, M; Velásquez, J (eds.). 2009. Manual del cultivo de papa para pequeños productores. Quito, Ecuador, INIAP. 98 p.
- Ramírez, C; Schnell, E. 1983. La papa. San José, Costa Rica, CAFESA. 58 p.
- Ramírez, L. 2007. Caracterización física, socioeconómica e indicadores de sostenibilidad agrícola en la cuenca media del Río Reventado. Tesis de maestría. San José, Costa Rica, UCR. 181 p.
- Rodríguez, C. 1991. Conocimientos ecológicos de las principales plagas de la papa en Costa Rica. *In* Simposio sobre Tecnología Apropiada y Agricultura Biológica para un Desarrollo Rural Alternativo (1, 1991, San José, Costa Rica). Memoria. San José, Costa Rica, UCR. P. 83-84.
- Salazar L. 1995. Los virus de la papa y su control (en línea). Lima, Perú, CIP. 226 p. Consultado 2 ene. 2016. Disponible en <https://books.google.com/books?isbn=9290601760>.
- SIM (Sistema de Información de Mercados, Costa Rica)-CNP (Consejo Nacional de Producción, Costa Rica). 2017. Estudio de factibilidad de papa industrial en Costa Rica: términos de referencia. San José, Costa Rica. 16 p.

- Tacconi, R; Ambrogioni, L. 1995. Guía práctica para reconocimiento sistemático de nematodo de interés agrícola. Boloña, Italia, Lo Scarabeo. 10 p.
- Toledo, M. 2015. Validación de una trampa pegante para el control del insecto mosca minadora de la papa como alternativa para productores de papa de escasos recursos en Honduras (en línea). s. n. t. 11 p. Consultado 30 jul. 2016. Disponible en [www.priica.sictanet.org/sites/default/files/HN_Papa%20\(22.2\)%20Trampa_Informe%20Final.pdf](http://www.priica.sictanet.org/sites/default/files/HN_Papa%20(22.2)%20Trampa_Informe%20Final.pdf). Informe de avance del PRIICA.
- Torres, H. 2002. Manual de las enfermedades más importantes de la papa en el Perú (en línea). Lima, Perú, CIP. 68 p. Consultado 22 set. 2016. Disponible en <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/07/002485.pdf>.
- Torres, L; Valverde, F; Andrade-Piedra, J. 2011. Manejo de fertilizantes. Quito, Ecuador, CIP. 12 p.
- Uribe, F; Calle, I; González, V. 2013. Manejo agronómico del cultivo de la papa para la precordillera de la comuna de Putre (en línea). Santiago, Chile. Informativo 78. Consultado 22 set. 2016. Disponible en <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR39394.pdf>.
- Valdunciel, J. 2000. Método de valoración para las patatas. Madrid, España, INIA. Disponible en <http://wwwsp.inia.es/Investigacion/OtrasUni/DTEVPF/Unidades/CentrosEnsayo/EstacionEnsayos/Documents/M%C3%A9todospatata.pdf>.
- Vargas, C; Piedra, R. 2009. Capacidad parasítica de hongos contra el nematodo del quiste de la papa *Globodera* spp.). Alcances Tecnológicos 9(1):03-10.
- Vélez, R; Madrigal, A; Morales, G. 1980. Biología, hábitos y hospedantes del minador del crisantemo. Revista Colombiana de Entomología 6:21-35.
- Villa, R. 1988. Las taltuzas. México, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 35 p.
- Vindas, L. 2013. Demanda por papa congelada obliga a empresas a importar más (en línea). El Financiero, San José, Costa Rica; 5 may. Consultado 21 set. 2016. Disponible en http://www.elfinancierocr.com/negocios/papas-CNP-industria_alimentaria_0_292770739.html.
- Wong, L. 2013. Manual de buenas prácticas agrícolas para el cultivo de la papa, para la zona norte de Cartago. San José, Costa Rica, UCR. 71 p.



CONTÁCTENOS

**Instituto Nacional de Innovación y
Transferencia en Tecnología Agropecuaria**

Teléfonos: (506) 2296-2495
Correo electrónico: transferencia@inta.go.cr

www.inta.go.cr
www.platicar.go.cr

**Unidad Coordinadora del PRIICA (UCP)
Instituto Interamericano de Cooperación para la
Agricultura (IICA)**

Sede Central. San José, Vásquez de Coronado,
San Isidro 11101-Costa Rica, América Central
Apartado 55-2200
Teléfonos: (506) 2216-0313 / 0320
Fax: (506) 2216-0233
Correo electrónico: infopriica@iica.int

www.iica.int
www.priica.sictanet.org