

LAS POSIBILIDADES COMPETITIVAS DE LA PAPA PARA LA PRODUCCIÓN A PEQUEÑA ESCALA EN NARIÑO

Carlos Arturo Betancourth García
Claudia Elizabeth Salazar González
Benjamín Alfredo Sañudo Sotelo
Carlos Arturo Flórez Casanova
Carlos Alberto Salomón Solarte



Editorial
Universidad de Nariño



Editorial

Universidad de Nariño

LAS POSIBILIDADES COMPETITIVAS DE LA PAPA PARA LA PRODUCCIÓN A PEQUEÑA ESCALA EN NARIÑO



El conocimiento
es de todos

Minciencias

LAS POSIBILIDADES COMPETITIVAS DE LA PAPA PARA LA PRODUCCIÓN A PEQUEÑA ESCALA EN NARIÑO

Carlos Arturo Betancourth García
Claudia Elizabeth Salazar González
Benjamín Alfredo Sañudo Sotelo
Carlos Arturo Flórez Casanova
Carlos Alberto Salomón Solarte



Editorial
Universidad de **Nariño**

Las posibilidades competitivas de la papa para la producción a pequeña escala en Nariño / Carlos Arturo Betancourth García ... [et al.] – 1ª. Ed. -- San Juan de Pasto : Editorial Universidad de Nariño, 2023

177 p. : il. col., gráficos, fotografías.

Incluye bibliografía p. 161-192 y biografía de autores p. 177

ISBN: 978-628-7679-04-7

1. Variabilidad genética--papa 2. Semilla certificada de la papa 3. Abonos orgánicos 4. Follaje de la papa—plagas 5. Plagas de suelo—Conocimiento—manejo 6. Insecticidas 7. Enfermedades de la papa—identificación—manejo. I. Betancourth García, Carlos Arturo II. Salazar González, Claudia Elizabeth III. Sañudo Sotelo, Benjamín Alfredo IV. Flórez Casanova, Carlos Arturo V. Salomón Solarte, Carlos Alberto.

338.1686158 P855 – SCDD-Ed. 22



Sección de Biblioteca
"Alberto Quijano Guerrero"

Las posibilidades competitivas de la papa para la producción a pequeña escala en Nariño

©Editorial Universidad de Nariño

©Carlos Arturo Betancourth García

Claudia Elizabeth Salazar González

Benjamín Alfredo Sañudo Sotelo

Carlos Arturo Flórez Casanova

Carlos Alberto Salomón Solarte

ISBN Impreso 978-628-7679-04-7

Primera edición 2023

Corrección de estilo: Yazmin Vanessa Benavides Albán

Diseño y diagramación: Jenny Alexandra Narváez Mejía

Fecha de publicación: Octubre 2023

San Juan de Pasto-Nariño, Colombia

Prohibida la reproducción total o parcial, por culaquier medio o con cualquier propósito, sin la autorización escrita de su Autor o de la Editorial Universidad de Nariño.

CONTENIDO

1.	APROXIMACIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA Y REGIONAL	12
1.1.	El recurso nativo.....	13
1.2.	El recurso genético mejorado.....	19
1.3.	Las posibilidades de variación epigenética en la papa.....	21
2.	SOSTENIBILIDAD DEL BENEFICIO DE UNA SEMILLA DE PAPA CON NORMAS DE CALIDAD	27
2.1.	Manejo de la semilla certificada.....	29
2.1.1.	Destino de la semilla de segunda.....	30
2.1.2.	Manejo en la semilla de tercera.....	31
2.1.3.	Nuevos ciclos de cultivo.....	31
2.2.	Manejo de semilla de buena procedencia.....	32
2.2.1.	Selección positiva.....	32
2.2.2.	Multiplicación.....	34
3.	ATENCIÓN A LA SOSTENIBILIDAD DEL RECURSO SUELO	35
3.1.	Establecimiento y beneficio de abonos verdes.....	38
3.2.	Manejo de residuos orgánicos.....	40
3.2.1.	Obtención de compost.....	40
3.2.2.	Producción de lombricompost.....	42
3.3.	Laboreo adecuado.....	43
3.3.1.	Labranza siembra y retape.....	43

3.3.2.	Laboreo de aporque.....	43
3.4.	Manejo eficiente de malezas.....	44
4.	LA NECESIDAD DE UNA NUTRICIÓN INTEGRAL.....	47
4.1.	Clases de enmiendas.....	48
4.2.	Propuesta sobre empleo de material enmendante.....	51
4.2.1.	Instalación y beneficio de un abono verde.....	51
4.2.2.	Aplicación de enmiendas en presiembra.....	52
4.3.	La fertilización de asiento.....	52
4.4.	Posibilidades de una nutrición post siembra vía líquida.....	53
5.	LA APLICACIÓN DE NUTRIENTES MINERALES	
	VÍA FOLIAR.....	56
5.1.	Principales moléculas.....	57
5.2.	Dinámica de absorción y transporte.....	58
5.3.	Corrección de deficiencias iniciales.....	59
6.	EMPLEO DE MOLÉCULAS ESPECIALES PARA	
	SITUACIONES DE ESTRÉS.....	63
6.1.	Atención a la urea.....	64
6.2.	El beneficio de las nanopartículas.....	65
6.3.	El papel del silicio.....	65
6.4.	Importancia de las moléculas osmoprotectoras.....	66
6.5.	Empleo de transportadores de nutrientes.....	67
6.6.	Beneficio de los activadores metabólicos.....	68
6.7.	Reguladores de crecimiento.....	68
7.	PLAGAS DE OCURRENCIA COMÚN EN EL	
	FOLLAJE DE LA PAPA.....	71
7.1.	Los masticadores.....	72
7.1.1.	Las pulguillas.....	72
7.1.2.	Los minadores.....	73
7.1.3.	La polilla de brotes y tallos.....	74
7.2.	Los trips.....	75
7.3.	Los chupadores.....	76
7.3.1.	Los áfidos o pulgones.....	76
7.3.2.	Las moscas blancas.....	79
7.3.3.	El lorito verde.....	81

8.	EL PANORAMA ACTUAL SOBRE LA PUNTA MORADA.....	83
8.1.	Relación del insecto con la bacteria.....	85
8.2.	Conocimiento del vector.....	85
8.3.	Estrategias de manejo.....	88
9.	APORTES AL CONOCIMIENTO Y MANEJO DE LAS PLAGAS DEL SUELO.....	91
9.1.	Cuadro de daños.....	92
9.1.1.	El gusano blanco.....	92
9.1.2.	El tiroteador.....	93
9.1.3.	Las chisas.....	94
9.1.4.	Los tierreros.....	94
9.1.5.	Las polillas.....	95
9.1.6.	Los áfidos de raíces.....	96
9.1.7.	Las babosas.....	96
9.1.8.	Los nematodos.....	97
9.2.	Manejo integral.....	99
9.2.1.	Medidas culturales.....	99
9.2.2.	Medidas etológicas.....	99
9.2.3.	Preparados microbiales.....	100
9.2.4.	Empleo de plaguicidas.....	101
10.	EMPLEO ADECUADO DE INSECTICIDAS.....	102
10.1.	Características generales.....	103
10.1.1.	Modo de actuación o acción.....	103
10.1.2.	Movilidad.....	106
10.1.3.	Efecto tóxico.....	106
10.2.	Identificación de los principales insecticidas.....	107
10.2.1.	Insecticidas no translocables de contacto.....	107
10.2.2.	Insecticidas no translocables de contacto e ingestión.....	107
10.2.3.	Insecticidas traslaminares de contacto e ingestión.....	108
10.2.4.	Insecticida traslaminar sistémico de ingestión.....	108
10.2.5.	Insecticidas sistémicos de ingestión.....	109
10.2.6.	Insecticidas sistémicos de contacto e ingestión.....	109
10.2.7.	Insecticidas traslaminares sistémicos de contacto e ingestión.....	109

11.	IDENTIFICACIÓN Y MANEJO DE LAS PRINCIPALES ENFERMEDADES.....	111
11.1.	Enfermedades de la parte aérea.....	112
11.1.1.	Por Oomycetes.....	113
11.1.2.	Por hongos.....	113
11.2.	Enfermedades del sistema subterráneo.....	116
11.2.1.	Oomycetes.....	116
11.2.2.	Hongos.....	118
11.2.3.	Protozoarios.....	122
11.2.4.	Bacterias.....	124
12.	APROXIMACIÓN AL CONOCIMIENTO SOBRE EL MANEJO DE PLAGUICIDAS CONTRA PATÓGENOS.....	128
12.1.	Características generales de los plaguicidas.....	129
12.1.1.	Modo de acción y actuación.....	129
12.1.2.	Movilidad y efectos.....	132
12.2.	Identificación de los principales pesticidas.....	133
12.2.1.	Los pesticidas multisitio.....	133
12.2.2.	Los plaguicidas unisitio.....	134
13.	REFERENCIAS.....	140

PRÓLOGO

En el departamento de Nariño, se considera el cultivo de la papa como la opción más importante para la región andina, con distribución en 21 municipios y en altitudes sobre los 2.600 msnm. Durante la última década se proyecta anualmente un área establecida superior a las 24.000 hectáreas, que para el 2022 se calcula una producción estimada sobre las 560.000 toneladas, correspondiendo en más del 90% a variedades de papa tipo guatas, respecto a las criollas o chauchas. Aproximadamente el 70% de esta área es cultivada por productores de pequeña escala, con unidades de siembra menores a tres hectáreas.

En los tiempos actuales, cuando es real el panorama de crisis que vive el campo y la producción agropecuaria en pequeña escala o tradicional, incluyendo el cultivo de la papa, seguramente se verá afectada, con reducciones preocupantes del área cultivada, porque existe una vulneración económica como consecuencia de la suma de factores de diversa índole como son: un desequilibrio climático cada vez menos mitigable; un deterioro de los suelos en su parte física; una mayor complicación en el manejo de plagas, patógenos y malezas; una alza significativa y ascendente en el valor de los insumos agropecuarios; una débil inversión de capital; envejecimiento y escasez de obreros; cambios en la cultura alimentaria tradicional; entre otros.

Muchos creemos que el aporte de los productores tradicionales de papa debe seguir siendo importante y necesario en el desarrollo de los ámbitos regionales que aun sustentan su economía en el cultivo y comercialización de dicha opción agrícola. Por ello, consideramos que la academia relacionada con el campo, en sus distintos niveles, incluyendo el profesional, debe integrar un conocimiento formal pertinente con la experiencia campesina, para la estructuración de un modelo productivo sustentable.

Este modelo tendrá sus bases en un aprovechamiento lógico de los recursos y factores de producción locales, iniciando con el rescate, caracterización y conservación de la oferta genética de papa aún existente, porque en ella se podría encontrar las respuestas de plasticidad frente a la actuación de factores bióticos y abióticos negativos, además de constituirse en un pilar de programas de seguridad alimentaria para las generaciones venideras. Un productor comprometido con el cultivo sustentable de la tuberosa podrá hacer una reducción técnica de los costos directos sin afectar significativamente los rendimientos y calidad del producto, cuando cuente con la actitud y aptitud de: obtener y multiplicar una semilla de calidad; conserve y labore adecuadamente el suelo; determine y aplique los fundamentos de una nutrición alternativa; conozca y maneje los factores negativos. La elaboración del presente libro pretende contribuir al logro de las metas expuestas.



**APROXIMACIÓN
AL CONOCIMIENTO
DE LA VARIABILIDAD
GENÉTICA Y REGIONAL**

1.

El desenvolvimiento comercial de la papa desde la década de los años 80 del siglo pasado hasta nuestros días, con cambios significativos en la cultura alimentaria de las nuevas generaciones, ha traído consigo una limitación cada vez más acentuada respecto a la conservación y aprovechamiento del recurso genético que existió en el departamento de Nariño, tanto por genotipos de carácter nativo, como aquellos procedentes de un mejoramiento sistemático, principalmente a cargo del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) y la Universidad Nacional de Colombia (Lagos-Burbano et al., 2021; Madroñero et al., 2013; Núñez-López, 2011). Hoy, ante los distintos impactos que el cultivo debe enfrentar, por las manifestaciones del cambio climático y ante la necesidad de fortalecer programas de una seguridad alimentaria más racional para comunidades económicamente vulnerables, se debe determinar el potencial de la variabilidad aún presente, gracias al esfuerzo innato desempeñado por actores excepcionales digno de reconocimiento en comunidades de las etnias Pastos y Quillacingas (Agredo-Berrío et al., 2018; Rosero-Alpala et al., 2020).

1.1. El recurso nativo

La oferta genética de las papas guatas y criollas aún presentes en sectores específicos principalmente, los municipios de Pasto, Guachucal y Cumbal, conducen a considerarlos desde el pasado, como centros de aglutinación y dispersión de genotipos procedentes de otras latitudes de Sur América, con distintos grados de evolución dirigida por el hombre, al no haber vestigios de ancestros silvestres con posibilidades de localización en los centros de origen (Rodríguez-Molano & Tinjacá-Ruiz, 2015).

En todos los centros de dispersión hay ecotipos que manifiestan una amplia variación como se observa en las denominadas Uva, Pamba de año, Curipamba, Tocana, Tuquerreña, Sabanera y Colombina de las guatas, como también de Criolla amarilla o Yema de huevo y Ratona de las chauchas, lo que ha permitido darles la denominación de grupos genotípicos. En cambio, los ecotipos de variaciones estrechas como Leona, Pestañuda, Nevada, Algodona, Carriza, Rubí, Bilingüe, Arbolona y Chaucha-Guata de las guatas, así como de las criollas Mambera, Silviana, Tornilla, Careta, Botella, Borrega y Cachona, se podrían denominar estrictamente como genotipos.

A continuación, se realiza una descripción de características morfológicas de las papas tipo guata respecto a las chauchas, información similar a la expuesta por Latorre-Vásquez et al. (2021) y Rodríguez-Molano & Tinjacá-Ruíz, (2015). En la figura 1 se observan algunos genotipos de papa tipo guata.

Uva: agrupa variantes con tubérculos de forma redondeada, ovoide comprimida o elongada, siendo el color externo violáceo pálido a intenso. Algunos genotipos de tubérculos redondos muestran menos vulnerabilidad a la gota por *Phytophthora infestans*.

Pamba de año: tiene un ciclo de vida muy tardío generalmente mayor de 7 meses y los tubérculos son de forma redondeada ovoide comprimida o elongada, con el color externo morado entero o vetado por la presencia de manchas dispersas blanco crema.

Curipamba: los tubérculos son redondeados, ovoides comprimidos o elongados, con coloración rojo rosado o rojo violáceo, presentando alrededor de los ojos una coloración crema amarillenta. También incluye una variación con tubérculos de color amarillo intermedio y morado alrededor de los ojos.

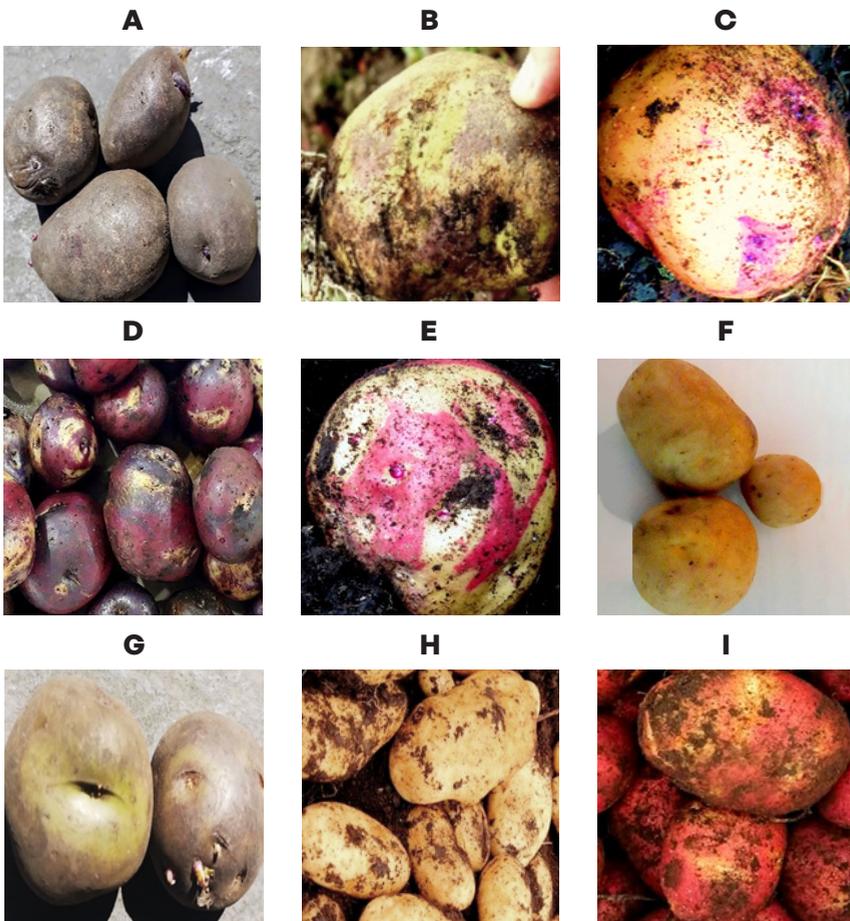
Tocana: corresponde a papas con tubérculos mayormente ovoide comprimidos, siendo las variaciones de rojo morado a rojo pálido (Tocana roja), rosado crema (Tocana rosada) y crema blanquecina (Tocana blanca), todas con ojos superficiales. En la Tocana roja hay variantes con menor vulnerabilidad a gota.

Tuquerreña: tiene tubérculos redondos, ovoides comprimidos o elongados, de color morado intermedio y alrededor de los ojos color crema, los cuales manifiestan distintos grados de profundidad.

Sabanera: agrupa variaciones con tubérculos redondos u ovoides comprimidos, de color rojo morado a morado intenso, además de tono crema alrededor de los ojos. También se conoce como sabanera, un genotipo con color primario crema en los tubérculos y secundario rojo en la región de los ojos.

Colombina: tiene variaciones con tubérculos de forma redondeada u ovoide comprimida. El color de la cáscara es crema pálida y los ojos de coloración morada a rojiza. Algunos genotipos muestran tolerancia agota.

Leona: agrupa variaciones en tubérculos redondeados de color violeta pálido y ojos con tonalidad crema.



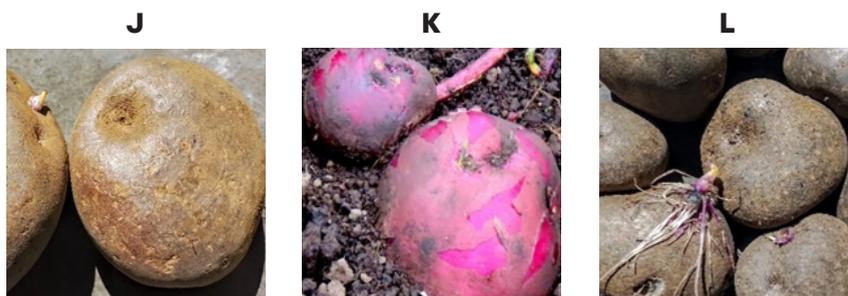


Figura 1. Genotipos de papa tipo guata. **A.** Uva; **B.** Pamba de año; **C.** Curipamba; **D.** Tuquerreña; **E.** Sabanera; **F.** Colombina; **G.** Leona; **H.** Nevada; **I.** Algodona; **J.** Carriza; **K.** Rubí; **L.** Arbolona.

Pestañuda: los tubérculos son redondeados con color exterior morado intenso y ligera tonalidad amarillenta alrededor de los ojos.

Nevada: los tubérculos son ovoide comprimidos, de color blanco crema.

Algodona: la forma dominante es oblonga, con cáscara de color rojo morado y amarillo alrededor en la región de los ojos o también blanco crema primario y rojizo alrededor de los ojos.

Carriza: con tubérculos ovoide comprimidos, mostrando un color morado intermedio total o con tonalidad menos intensa en la región de los ojos.

Rubí: con tubérculos de forma ovoide clavada comprimida y coloración de la cáscara rojo intenso.

Bilingüe: sus tubérculos tienen una tonalidad rosada cremosa de forma ovoide comprimida.

Arbolona: tiene tubérculos de forma ovoide a clavada comprimida, con color morado y escasas manchas amarillas.

Chaucha-Guata: con tubérculos de forma clavada comprimida y color rojo oscuro.

Las papas guatas tienen generalmente un ciclo de vida mayor de seis meses y los tubérculos en almacenamiento muestran reposo largo, mayor de tres meses. Sin embargo, Algodona y Arbolona, así como variantes de Tuquerreña, son de reposo menor de dos meses. En cambio, las papas criollas chauchas son de ciclo más corto, usualmente menor de cinco meses y los tubérculos en almacenamiento cuentan con un reposo muy corto, máximo de 15 días (Guiliano et al., 2000; Seminario et al., 2017). En la figura 2 se muestran algunos genotipos de papa tipo chaucha o criolla. Los ecotipos más conocidos son:

Criolla Amarilla: también conocida como yema de huevo, es el material genético de mayor aceptación comercial y probablemente con ecotipos regionales con adaptabilidad particular, lo cual sin embargo debe evaluarse. La forma de los tubérculos es redondeada y la coloración de la cáscara amarilla con intensidades variables. En la región de los ojos es ligeramente hundida a superficial. También se observa diferencias en los tiempos de cocción, la dureza de la parte comestible, como en la palatabilidad.

Mambara: los tubérculos son redondos a ligeramente elongados, son rojizos de tonalidad clara o intensa, con coloración secundaria blanco crema en la región de los ojos, los cuales son algo hundidos.

Silviana: tiene tubérculos redondeados a ligeramente elongados, con tonalidad primaria blanco amarillenta y rojiza en la región de los ojos, los cuales son ligeramente hundidos.

Tornilla: produce tubérculos oblongos, de color rojizo uniforme y ojos hundidos.

Careta: Los tubérculos tienen forma redondeada y elongada, siendo el color primario morado rojizo, violeta intenso a casi negro, con tonalidades blanco crema amarillenta en la región de los ojos, los cuáles son hundidos.

Ratona: posee tubérculos oblongos elipsoidales con diferencias en tamaños de acuerdo con el genotipo, además de tener ojos ligeramente hundidos. La tonalidad es variable desde el rosado intermedio al morado negruzco, pasando por el rojo pálido y el morado rojizo. En algunos ecotipos puede haber tonalidad clara desde el amarillo intermedio al amarillo crema.

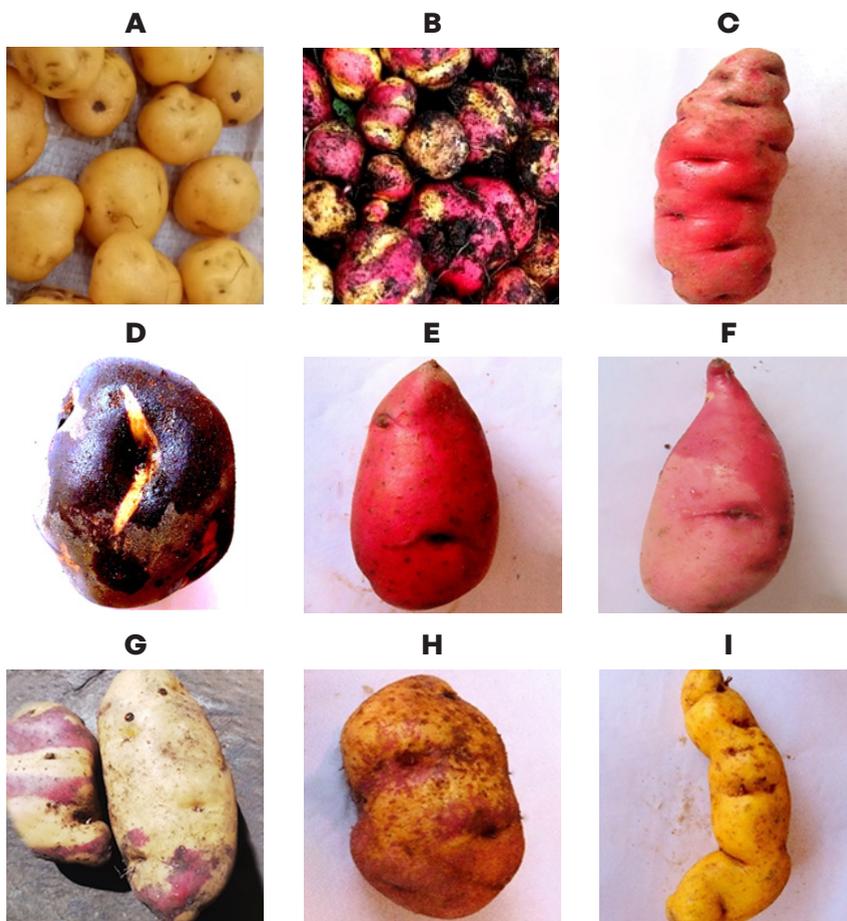


Figura 2. Genotipos de papa tipo chaucha o criolla. **A.** Criolla amarilla; **B.** Mambera; **C.** Tornilla; **D.** Careta; **E.** Ratona; **F.** Ratona rosada; **G.** Botella; **H.** Borrega; **I.** Cachona.

Botella: tiene tubérculos ovalados con un extremo puntudo y el otro achatado, ojos desde superficiales a ligeramente profundos, manifestando variaciones en el color de la cáscara desde crema blanquecina a crema rosado y a veces amarillento salpicado de pintas moradas.

Borrega: forma tubérculos reniformes con cáscara de tonalidad diferente que puede ser amarillo pálido entero o salpicado de pintas moradas.

Cachona: posee tubérculos grandes y alargados, curvos al menos con un extremo puntudo, siendo la cáscara amarillo pálido a cremoso. Un genotipo posee tubérculos de porte pequeño, que tienden a ser rectos o con escasa curvatura.

En Colombia, existe un amplio germoplasma de papa, con un total de 2069 accesiones disponibles que se mantienen en el Banco de Germoplasma de Papa ubicado en Tibaitatá (Cundinamarca), bajo la responsabilidad de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Además, también se destaca la Colección Central de Colombia (CCC), con un subconjunto de 826 accesiones, considerado uno de los germoplasmas de papa más diversos del mundo, después de la colección del CIP (Centro Internacional de la Papa), según lo revisado por Jansky et al. (2015) y Lagos-Burbano et al. (2021).

Además, en el departamento de Nariño se han descrito 118 genotipos de papas nativas, de acuerdo con lo descrito por Rodríguez-Molano & Tinjacá-Ruíz (2015). La Universidad de Nariño también cuenta con una colección de trabajo de papa que consta de aproximadamente 450 accesiones diploides y tetraploides colectadas en diferentes lugares de Colombia, aunque mayormente desde Nariño, así como un grupo de 56 accesiones procedentes del CIP (Lagos-Burbano et al., 2021). Es así como el germoplasma disponible en la región permite la identificación de características valiosas en los genotipos de papa, lo que puede ser utilizado en programas de mejoramiento genético para desarrollar variedades con resistencia a enfermedades y plagas, mayor rendimiento y calidad de tubérculos, y adaptadas a diferentes condiciones ambientales.

1.2. El recurso genético mejorado

Para la década de los años 50 en Nariño, los grupos genotípicos de mayor cultivo en papa guata fueron Tuquerreña, Curipamba, Tocana Roja, Tocana Blanca, Sabanera, Carriza, Rubí, Colombina, Arbolona y Uva. Mientras en papa criolla, eran más difundidas Yema de Huevo, Mambera y Tornilla, dedicándose la producción al consumo directo. Sin embargo, ya ocasionaba preocupación los incrementos en incidencia y severidad de la gota (Chaves et al., 2019; Mesa-Salgado et al., 2008), por lo que entonces la siembra se

realizaba entre los meses de julio y agosto, con el fin de lograr menores condiciones de humedad en las etapas de crecimiento activo y producción.

En ese tiempo, se estructura oficialmente el programa de mejoramiento genético de la papa guata en búsqueda de resistencia a la enfermedad, además de lograr precocidad y respuestas del potencial productivo hacia el incremento del área cultivada en Colombia y la modernización del cultivo. Es así como el Departamento de Investigación Agropecuaria (DIA) adscrito al Ministerio de Agricultura en convenio con la fundación Rockefeller, liberó la primera variedad mejorada Parda Pastusa (1955) y luego son entregadas las variedades Diacol Monserrate, Diacol Capiro y Diacol Cumbal (1958). Únicamente Parda Pastusa y Diacol Capiro han persistido en este nuevo milenio, siendo la segunda de mayor difusión por la aceptación en la industria y consumo directo (Álvarez-Zambrano et al., 1999; Nústez-López, 2011).

En la década de los años 60 se crea el ICA y a través del programa de mejoramiento genético, se obtuvo genotipos con alto potencial productivo y resistencia probablemente de tipo vertical a gota, liberando un alto número de variedades, de los cuales fueron cultivadas en Nariño: ICA Puracé, ICA Guantiva, ICA Morasurco, ICA Guamuez, ICA Gualcala, ICA Huila, ICA Nariño, ICA Tolima, ICA San Jorge, ICA San Pedro, ICA Chitagá e ICA Morita, las cuales en el tiempo fueron desapareciendo por susceptibilidad a gota y virosis, además de tener escasa aceptación en los mercados regionales. Hoy únicamente persisten ICA Huila e ICA Morasurco, aceptados por calidad culinaria. Del recurso genético ICA, para el nuevo milenio es entregada Única por CORPOICA y Mary por AGROSAVIA, con mayor difusión de Única por aceptación industrial (Barrientos & Nústez, 2014; Moreno-Mendoza & Cerón-Lasso, 2007; Nústez-López, 2011).

Desde la década de los años 90, la Universidad Nacional de Colombia (UNAL), asume la responsabilidad del mejoramiento genético de papas guatas y criollas por mayor tolerancia a gota, siendo actualmente cultivadas en Nariño las variedades Betina y Pastusa Suprema de guata, como también Colombia y Latina de criolla amarilla (Barrientos & Nústez, 2014; Rodríguez et al., 2009).

Para el nuevo milenio, en convenio con el gobierno de Canadá, la institución educativa UNAL, hace entrega de las variedades Dorada, Ocarina y Suapa de Criolla Amarilla para ser incluidas en programas de seguridad alimentaria, especialmente de la niñez para la lucha contra la anemia, gracias a sus altos contenidos de zinc, hierro y calcio, como vitamina C (Peña et al., 2015). Actualmente hay riesgos de desaparición por desinterés general en producción de semilla y transferencia de tecnología (Rendon-Ocampo et al., 2021).

En la década de los años 2010 sucede un hecho con impacto positivo para el cultivo de papa guata, como la difusión del genotipo conocido como Superior, obtenido por un productor de Boyacá, siendo menos exigente a una alta fertilización, con menor vulnerabilidad a la gota y aceptado comercialmente para consumo directo y posibilidades industriales (Mazuera, 2015). En la figura 3, se muestran genotipos de papa sembrados en Nariño obtenidos de diferentes programas de mejoramiento.

1.3. Las posibilidades de variación epigenética en la papa

Es evidente la expresión de variabilidad en la mayoría de los materiales genéticos nativos de papa guata y criolla, principalmente con variaciones en la forma y color de los tubérculos, como también en el comportamiento frente a circunstancias medioambientales cambiantes. Estas manifestaciones pasan de una generación a otra a través de la propagación vegetativa usual en la especie, pero mediante esta vía, en el tiempo llega a ocurrir regresión al carácter tipo, del cual parece derivarse la variación, siendo entonces de carácter temporal (Angers et al., 2010).

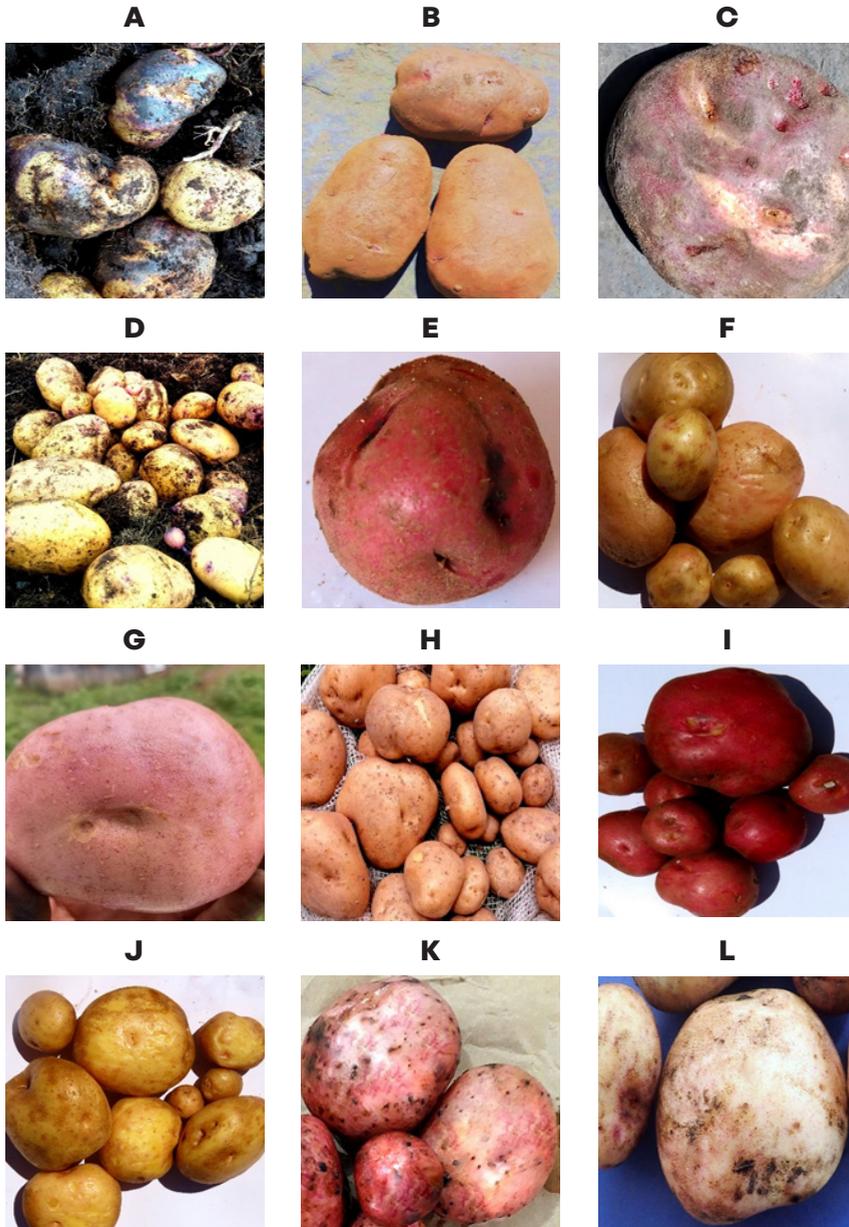


Figura 3. Genotipos de papa procedentes de programas de fitomejoramiento. **A.** ICA-Morasurco; **B.** ICA-Huila; **C.** ICA-San Jorge; **D.** ICA-Única; **E.** ICA-Nariño; **F.** Betina; **G.** Diacol-Capiro; **H.** Parda Pastusa; **I.** Rubi; **J.** Suprema Pastusa; **K.** Agrosavia-Mary; **L.** Superior.

Se podría suponer que el origen de las variaciones haya sido el empleo repetido de semilla sexual para la obtención de generaciones variables debido al carácter alogámico de la papa, Sin embargo, no existen evidencias sobre el manejo de esta propagación entre las comunidades donde se encuentran los centros de dispersión. Tampoco se puede pensar en la ocurrencia de mutaciones somáticas, por ser eventos muy raros en el tiempo (Kaeppler et al., 2000; Peloquin et al., 1999).

Es posible la participación de mezclas fenotípicas de manera accidental o dirigida hacia la búsqueda de respuestas menos vulnerables frente a condiciones medio ambientales desfavorables, pero no habría evidencias de regresión a un carácter tipo y por lo tanto reducción de variabilidad. Entonces, adquiere más fuerza la participación de variaciones por eventos epigenéticos, que no afectan la estructura original del genoma, pero si permitan diferencias fenotípicas temporales o transmitidas de manera transgeneracional (Cara et al., 2019; Cicatelli et al., 2014; Kaeppler et al., 2000; Latutrie et al., 2019).

En el núcleo celular de los organismos superiores, se encuentra la cromatina como sustancia básica de los cromosomas y constituida por el ácido desoxirribonucleico (ADN), ácido ribonucleico (ARN) y proteínas, conformando lo que se conoce como el genoma, que es responsable de las manifestaciones hereditarias. El ADN es un filamento alargado de doble cadena, el cual contiene los sistemas genéticos como elementos responsables de la herencia con eventuales variaciones cuando hay mutaciones o reproducción sexual entre progenitores, con variabilidad genética. La cadena doble se encuentra enrollada en octámeros, acompañados de cuatro pares de proteínas especiales denominadas histonas, las cuales tienen un extremo libre en forma de colas, que llevan un radical amino (-NH₃⁻). También hay moléculas acompañantes como filamentos cortos de ácido ribonucleico (ARN) de cadena doble y un grupo de enzimas especializadas que contribuyen al proceso epigenético, consecuencia de cambios químicos en los componentes de la cromatina (Bernstein & Allis, 2005; Mahmood & Dunwell, 2019; Smulders & de Klerk, 2011).

Los cambios más importantes se suceden por transferencia del grupo metilo y las cadenas cortas de ARN a sitios específicos del ADN, o por in-

roducción de grupos metil ($-CH^3-$), acetil (CH^2CHO), Fosfato (PO^4) o una pequeña proteína conocida como ubicuitina o ubiquitina, en sitios específicos de las histonas. Unas enzimas denominadas escritoras son encargadas de la impresión de los cambios, dando lugar a las marcas epigenéticas que se convierten en la memoria celular, que es responsabilidad de otro grupo enzimático (enzimas lectoras), que llevan la información del cambio a sitios del ADN, conduciendo a la activación o desactivación de sistemas genéticos, desencadenando la manifestación de variaciones, que pueden ser temporales o de transmisión transgeneracional. La temporalidad es más frecuente porque un grupo de enzimas conocidas como borradoras se encargan de la eliminación de marcas epigenéticas, durante la gametogénesis o embriogénesis. Sin embargo, llega a ocurrir perdurabilidad transgeneracional de las marcas, cuando hay propagación vegetativa o actúa el sistema enzimático represor de las borradoras (Chen et al., 2010; Mahmood & Dunwell, 2019; Smulders & de Klerk, 2011).

Las bases sobre el conocimiento de la variación epigenética permiten comprender porque en cultivos comerciales de papa, se determinan manifestaciones de variabilidad en lapsos relativamente cortos respecto al que requerirían las mutaciones somáticas. Estas variaciones se transmiten generalmente vía vegetativa y también en plantas obtenidas por semilla sexual proveniente de aquellos individuos con cambios, por ejemplo, en duración del ciclo de vida, en la forma y coloración de los tubérculos, en la orientación de tallos y folíolos, en el tamaño de los folíolos y en una tolerancia a gota, que no se ajusta al patrón de resistencia vertical (Akhter et al., 2021; Cara et al., 2019; Latutrie et al., 2019). En cuanto a esta última característica, el grupo de investigación de sanidad vegetal de la Universidad de Nariño, adelanta estudios en genotipos obtenidos a partir de la selección de clones de variedades comerciales, los cuales muestran alta tolerancia a la enfermedad causada por el Oomycete, cuyas evidencias se muestran en la figura 4.



Figura 4. Cultivo de genotipo de papa con tolerancia a *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, obtenido a través de un proceso de selección de plantas con mayor tolerancia, por ataques tardíos, ciclos infectivos más prolongados, así como progreso lento y ascendente de lesiones con menor tamaño. Normalmente, en un ciclo de cultivo de variedades comerciales y de acuerdo con las condiciones edafoclimáticas se realizan entre 10-18 aplicaciones de plaguicidas para el control del Oomycete (Mejía, 2020); en comparación con el uso de clones tolerantes los cuales requieren aplicaciones mínimas y de ingredientes activos preventivos, incluso aquellos que inducen mecanismos de defensa.

1.4. Conclusiones

En este capítulo se discute la variabilidad genética y regional de las variedades de papa cultivadas en Nariño. Se describen algunos genotipos, incluyendo aquellos nativos y los procedentes de procesos de mejoramiento, así mismo se resalta la importancia de conservar y aprovechar esta variabilidad genética. Además, se mencionan las dificultades relacionadas con la conservación y el uso sostenible del recurso genético, incluyendo la falta de financiamiento y apoyo institucional. En general, se proporciona una visión detallada del estado actual del recurso genético de la papa en Nariño, lo que es fundamental para comprender los desafíos y oportunidades relacionados con el cultivo de papa en la región andina.

Realizando un llamado a tomar medidas urgentes para proteger y utilizar eficazmente este recurso valioso y asegurar un futuro sostenible para los productores locales y las comunidades que dependen del cultivo de papa. También se brinda algunos fundamentos para la comprensión de la variabilidad epigenética como una herramienta útil en la búsqueda de cultivares más tolerantes frente agentes bióticos y que se adapten a las condiciones locales, lo que contribuirá a una producción más sostenible y rentable.

A close-up photograph of a person's hands holding a young potato plant seedling. The person is wearing a blue and white striped shirt. The background is a blurred field of green potato plants under a bright sky. The text is overlaid on the upper left portion of the image.

**SOSTENIBILIDAD
DEL BENEFICIO DE UNA
SEMILLA DE PAPA CON
NORMAS DE CALIDAD**

2.

Una semilla de calidad en papa corresponde a tubérculos característicos de un tipo varietal (calidad genética); con similitud en forma y tamaño; que no sean portadores de patógenos y plagas, ni afectados por estos (calidad sanitaria); manteniendo capacidad de brotación múltiple en almacenamiento y aptitud de generar uniformidad en el vigor, crecimiento y producción (calidad fisiológica), bajo condiciones medioambientales normales y un manejo técnicamente adecuado (figura 5) (Montesdeoca, 2005).

La calidad es factible de lograr accediendo al beneficio de la semilla certificada, la cual cumple fundamentalmente con el requisito de sanidad, sin embargo, luego de varias cosechas sin cambio de semilla base, se determina disminución de la capacidad productiva, como también manifestaciones anormales en la parte aérea, además de cambios morfológicos no deseables en los tubérculos (Andrade et al., 2008). Dicha condición se debe a que hay infección en las plantas por agentes patógenos, transmitidos mayormente por insectos chupadores, para luego generalizarse en los cultivos, mediante los tubérculos provenientes de las plantas afectadas, cuando se emplean como semilla, la cual además puede portar estructuras de microorganismos habitantes naturales o invasores en el suelo, diseminándolos a otros lotes y sectores (Fiers et al., 2012a; Thomas-Sharma et al., 2016).

En los primeros ciclos productivos, el estado de infección puede ser asintomático o las evidencias sintomáticas son leves. Sin embargo, progresivamente se aumenta la proporción de plantas con: disminución del tamaño general; crecimiento erecto de ramas y folíolos o plantas con ramas abiertas y nudos abultados; folíolos rugosos, retorcidos y quebradizos, con márgenes ondulados enrollados; cambios distintos de coloración en los folíolos como verde pálido, bronceado, rojizo o violáceo, moteados, mosaicos o amarillamiento de nervaduras; muerte de tejidos en las nervaduras o en lámina foliar; presencia de tubérculos aéreos; disminución del tamaño y modificaciones morfológicas en los tubérculos cosechados; entre otros síntomas, que indican decadencia de los aspectos de calidad de la semilla (Thomas-Sharma et al., 2016, 2017).



Figura 5. Semilla de papa (*Solanum tuberosum*) con buena calidad física, genética, fisiológica y sanitaria.

Los cultivadores de papa, sea guata o chaucha independientemente de la escala de producción, cuando acceden a semilla certificada, deben prolongar este beneficio el mayor tiempo posible, para lograr progenies comerciales libres de agentes infecciosos. Sin embargo, también hay oportunidad de adquirir semilla de lotes comerciales manejados técnicamente por productores de confianza y experiencia reconocida. En ambos casos, los lotes dedicados para semilla, se deben establecer con un tubérculo por sitio de siembra, realizando inspecciones periódicas para control oportuno de insectos chupadores y trips, además de estrategias de selección positiva o negativa respectivamente por selección o erradicación de plantas y sitios de cosecha (Chávez-Arroyo & Ramírez-Rodas, 2013; Esprella et al., 2012).

2.1. Manejo de la semilla certificada

Una semilla certificada se obtiene mediante procesos tecnológicos controlados, para extraer de las ramas en plantas sobresalientes, los propágulos apicales o domos, los cuales están blindados a agentes infecciosos. Ellos se colocan en recipientes de cristal con medios de cultivo especiales después de desinfección y lavado de manera controlada. Aquí se genera

masas celulares o callos, que se fraccionan para traslado aséptico a otros recipientes de cristal con medio especial, con la obtención de plántulas, las cuales se trasladan a sitios de cría, para la obtención de mini tubérculos que son la base para las siembras sucesivas en condiciones controladas y luego en el campo, con el fin de llegar a una producción significativa de tubérculos para semilla certificada (Chávez-Arroyo & Ramírez-Rodas, 2013).

El procedimiento que se describe (Figura 6), tiene fundamentos abordados por autores como Esprella, Flores, & García, (2012); Gildemacher et al. (2007); Gunadi et al. (2017); Huaraca et al. (2009); Kakuhenzire et al. (2013); y Montesdeoca, (2005), quienes respaldan la adopción de este modelo para la obtención y mantenimiento de la calidad en la semilla.

En un primer ciclo productivo y contando con un lote de buena fertilidad natural edáfica, al menos con dos ciclos anteriores cumplidos con opciones agrícolas distintas a la papa, se establece un tubérculo por sitio de siembra. Durante el crecimiento y desarrollo del cultivo se cumple con selección negativa, o sea erradicando plantas sospechosas de presentar alguna anomalía. En la etapa de madurez de cosecha se extraen las plantas de manera individual, dejando la carga de tubérculos en cada sitio, para recolectar aquellos sitios poco productivos o manifestaciones de anormalidades, dedicando la producción a otros fines. Para los sitios seleccionados finalmente se realiza la separación de tubérculos de segunda (50-80 gramos) y de tercera (30-50 gramos), formando un masal de cada grupo, para su almacenamiento hasta la brotación, separando oportunamente aquellos tubérculos sin emisión de yemas o con brotación apical predominante. Los menores pesos corresponden a papa criolla.

2.1.1. Destino de la semilla de segunda

Se le establece en un lote apto, con un tubérculo por sitio y manejo técnico del cultivo, para cumplir un nuevo proceso de selección negativa en plantas y sitios de cosecha, realizando finalmente, una agrupación de semilla de segunda y de tercera por separado de los sitios no descartados, para llevar los dos masales individuales, a un almacenamiento conveniente hasta la brotación de los tubérculos.

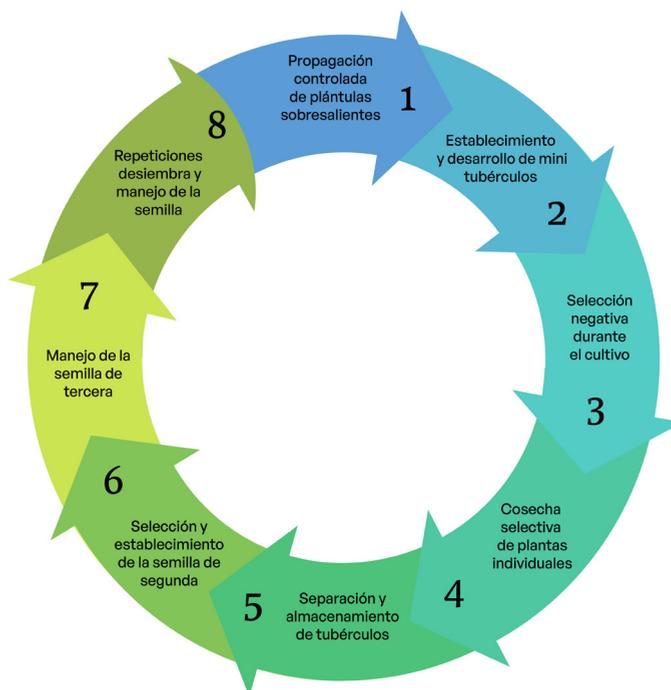


Figura 6. Fases para el manejo de la semilla certificada.

2.1.2. Manejo en la semilla de tercera

Los tubérculos con brotación inicial evidente se establecen en un lote apto, trabajando con menores distancias de siembra, para establecer un tubérculo por sitio y realizar un manejo más eficiente de insectos chupadores y trips dentro del plan técnico a cumplir (He et al., 2020). Durante el cultivo y en cosecha se debe realizar el proceso de selección negativa. Al final, en los sitios aptos se separan los tubérculos de segunda, para su adecuado almacenamiento y cumplimiento de un nuevo ciclo de cultivo para la obtención de la cosecha de tubérculos, separando para almacenamiento los de segunda y tercera.

2.1.3. Nuevos ciclos de cultivo

Mientras se logre buenas producciones, se repiten siembras, teniendo en cuenta que los tubérculos de segunda darán papa de segunda y tercera destinada a semilla, en tanto que las siembras de semilla de tercera servirán para la obtención de tubérculos de segunda destinados a una nueva siembra.

2.2. Manejo de semilla de buena procedencia

Ante la eventual existencia de lotes comerciales de papa técnicamente bien llevadas con posibilidades de lograr una cosecha con normas de calidad que permita acceder a la obtención de un buen producto de segunda, se puede cumplir un proceso de selección positiva durante los ciclos y luego uno o más de selección negativa (Figura 7).

2.2.1. Selección positiva

La semilla de segunda obtenida de lotes comerciales después de un almacenamiento para brotación, se establece en un lote apto, con un tubérculo por sitio y manejo técnicamente conveniente, con el fin de cumplir selección positiva en plantas y sitios individuales en un primer ciclo y luego en surcos provenientes el producto de cada selección positiva individual (Esprella et al., 2012; Gildemacher et al., 2007). Se cumple el siguiente protocolo:

Primer ciclo

Se hace la determinación en cultivo de las plantas promisorias y en los sitios de cosecha aquellos más productivos y normales, mediante el siguiente procedimiento de selección positiva:

Identificación de plantas sobresalientes: generalmente para la etapa de floración se marcan las mejores plantas con similar fenotipo, formación de varios tallos desde el suelo y uniformidad de crecimiento, procurando seleccionar un número mayor de 100 individuos. Conviene no marcar plantas cercanas a alguna sospecha de estar afectada por patógenos.

Cosecha individual y selección: cuando el cultivo alcanza la madurez de cosecha natural, las plantas marcadas se extraen de manera separada, dejando la producción en cada sitio. Únicamente se tienen en cuenta aquellos sitios con más de 15 tubérculos de tamaño comercial, sin deformaciones y con el fenotipo varietal.

Empacado y tratamiento: la producción de cada planta finalmente seleccionada se guarda en doble bolsa de papel, adicionando un producto en formulación de polvo seco, para el control preventivo de plagas, como el insecticida Clorpirifos 2.5 P (Huaraca et al., 2009) o también de bioplaguicidas a base de Baculovirus (Grzywacz, 2017) para un almacenamiento conveniente.

Segundo ciclo

Para la etapa de avivamiento de yemas, únicamente se tiene en cuenta las bolsas con tubérculos de brotación múltiple, para su siembra en un surco de cuatro metros de longitud por bolsa. El trabajo se cumple con los siguientes pasos:

Distribución de las selecciones individuales: en un lote apto, surcado y dividido en franjas con los surcos de cuatro metros, se ubica una bolsa por surco, para la siembra de los tubérculos y manejo técnico posterior del cultivo.

Identificación de surcos promisorios: durante el cultivo se marcan los surcos con plantas sanas, vigorosas, uniformes y con fenotipo similar. El producto de los surcos no seleccionados se cosecha para otros fines.

Cosecha y selección: en la etapa de madurez de cosecha, para cada surco seleccionado, el producto se deja en el fondo, reselectionando aquellos surcos más productivos y con tubérculos sin deformaciones, además de tener el fenotipo varietal.

Formación de un masal equilibrado: de cada surco finalmente seleccionado, se obtienen el mismo número de tubérculos aptos para semilla, realizando luego un masal, que constituye la semilla base, la cual se trata con un producto preventivo, para un almacenamiento adecuado.

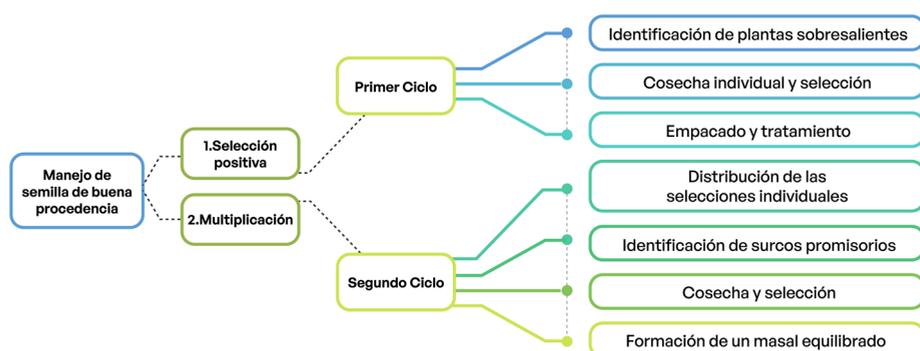


Figura 7. Fases para el manejo de semilla de lotes comerciales de buena procedente.

2.2.2. Multiplicación

La semilla base brotada se establece en un lote fértil debidamente preparado y con un manejo técnico conveniente. Se realizan inspecciones periódicas cumpliendo un proceso de selección negativa, con la eliminación de aquellas plantas no deseables. Al final, Se hace la cosecha, dejando los tubérculos en cada sitio, para apartar aquellos sitios escasamente productivos, con desuniformidad en cuanto a tamaño y forma de los tubérculos, o con lesiones.

Después de la cosecha, se hace la selección de tubérculos de tamaño adecuado en los sitios finalmente seleccionados, para un almacenamiento adecuado y posterior siembra, cumpliendo con normas técnicas en el establecimiento y cultivo, haciendo selección negativa hasta la cosecha. Se separan las producciones de segunda y de tercera, siguiendo luego el protocolo descrito para semilla certificada.

2.3. Conclusiones

En este capítulo se hace hincapié en la importancia de lograr una calidad genética, física, sanitaria y fisiológica de la semilla de papa, detallando procesos que garanticen un suministro de semillas saludables y productivas. Además, se exponen prácticas relacionadas con el mantenimiento de la calidad en el tiempo de la semilla certificada, así como la posibilidad de obtener una semilla con buenas características proveniente de lotes productivos de buena procedencia, describiendo las actividades para llevar a cabo una adecuada selección, establecimiento, cosecha y almacenamiento, lo que permitirá obtener semillas con el potencial de lograr rendimientos significativos. En resumen, este apartado es una guía para los productores locales que permitirá garantizar el beneficio de una semilla de papa con normas de calidad.



**ATENCIÓN A LA
SOSTENIBILIDAD DEL
RECURSO SUELO**

3.

Desde su expansión progresiva a partir de la década de los años 60 del siglo anterior, la papa junto con la ganadería ha incentivado la ampliación de la frontera agropecuaria en el departamento de Nariño, con intervención significativa de los ecosistemas montano, subpáramo y páramo, para incorporar a la producción áreas sobre los 2700 metros de altura y llegando por encima de 3300 metros (Figura 8) (Etter et al., 2006; Farfán et al., 2020). El empleo de implementos inadecuados de laboreo del suelo como el arado de discos con tracción mecanizada y de vertedera o tracción animal contribuyeron negativamente a la alteración medioambiental, deteriorando las condiciones físicas del suelo por más de 30 años, que en consecuencia impactó en las propiedades biológicas y químicas, haciendo más complejo el desequilibrio (Gómez-Calderón et al., 2018; Volverás-Mambuscay et al., 2016).



Figura 8. Cultivo de papa en ecosistemas de páramo complejo Chiles-Cumbal.

Para el nuevo milenio hay tendencia hacia el empleo de implementos de labranza vertical, con lo que se busca mejorar las condiciones de aireación y movimiento de humedad en el interior del perfil edáfico. Sin embargo, también se observa mayor distribución geográfica y ocupación temporal de áreas extensivas en la producción de papa a gran escala (Figura 9), con la adecuación de camas de siembra sueltas a profundidades mayores de 30 cm, además de ajustes tecnológicos en el aflojado de calles y colmado o arrimado de tierra en el guachado (termino que se refiere a la realiza-

ción de surcos altos) aunque no se ha medido el impacto a futuro de tales acciones, ni la implementación de medidas de mitigación (Ceballos et al., 2010; Mendoza, 2021; Volverás-Mambuscay et al., 2020).

De acuerdo con lo expuesto y considerando que el suelo es la base de la productividad en los cultivos, hay necesidad de evaluar e implementar medidas convenientes de manejo, en los aspectos de restauración, conservación y laboreo, buscando una aproximación a la expresión de su potencial de rendimiento, sin incurrir en costos elevados. Inicialmente los resultados no llegan a ser determinantes para motivar un interés cada vez más fortalecido por parte de los productores tradicionales de la tuberosa, en especial los de pequeña y mediana escala. En el transcurso del tiempo será posible la observación de cambios favorables y tener mayor confianza en los modelos de producción de corte agroecológico (Nicholls & Altieri, 2018).

Considerando que la materia orgánica es el pilar de la fertilidad natural del suelo, periódicamente es necesaria la inclusión de material vegetal en cantidades significativas por medio de la siembra y beneficio de abonos verdes, con el fin de promover la participación de una cadena microbial heterogénea, responsable de cambios favorables, principalmente en la agregación de partículas como en la liberación de aniones y cationes útiles en la nutrición de las plantas (Asghar & Kataoka, 2022).

Además, el aprovechamiento de residuos orgánicos para su transformación artesanal en compostados y lombricompostos, debe constituirse en una práctica rutinaria entre los productores, para la obtención de sustratos útiles para que se vehiculicen microorganismos benéficos, como en programas de fertilización inicial o de fondo. Igualmente, se debe realizar un laboreo planificado del suelo en las fases de presembrado, siembra, crecimiento y producción, lo que tendrá como principal propósito el mantenimiento de una región rizosférica amplia y útil para la actividad microbial y movimiento de nutrientes, contando con una adecuada distribución de aire y humedad (Mendoza, 2021; Ninh et al., 2015).



Figura 9. Suelos en proceso de degradación al ser sometidos a una preparación mecanizada intensiva para la siembra de papa.

3.1. Establecimiento y beneficio de abonos verdes

Los abonos verdes o cultivos de cobertura es una práctica que contribuye a regenerar la fertilidad natural del suelo, lo descrito en este documento se apoya en lo expuesto por autores como Asghar & Kataoka, (2021); Betancourth et al. (2021); García-Hernández et al. (2010); Carvalho et al. (2015); Ríos & Estigarribia, (2018) y Saini et al. (2019).

Después de periodos no mayores de tres años en actividad agrícola, incluyendo la papa como cultivo principal, se hace el establecimiento de cebada (*Hordeum vulgare* L.) o nabo forrajero (*Raphanus raphanistrum* L.) para emplear la biomasa aérea como abono verde, mediante el corte, picado e incorporación de los tejidos al suelo (Figura 10). El terreno para beneficiar se prepara bien para su nivelación con rastrillo, distribuyendo la semilla al voleo en cantidad de 70 - 80 kg para cebada y 30 - 40 kg de nabo forrajero por hectárea. También se recomienda la distribución al voleo de un fertilizante NPK cantidad de 100 kg por hectárea, realizando un tapado uniforme con un implemento adecuado.

En las etapas de plena floración en nabo, y espigamiento total en cebada, aún hasta inicio de formación del grano, con guadaña se hace un pica-

do uniforme de los tejidos aéreos, iniciando desde la parte superior de las plantas, hasta llegar cerca de la superficie del suelo, procurando una buena distribución de la biomasa, que es humedecida mediante la aplicación de un caldo microbial, para su incorporación superficial, mediante rastrillo de discos a tracción mecanizada o pases cortos con arado de chuzo a tracción animal o mediante herramienta manual.



Figura 10. Proceso de establecimiento e incorporación de abonos verdes. **A.** Siembra de especies con alta producción de biomasa (cebada, avena, nabo, mostaza), **B.** y **C.** corte de la biomasa en etapa vegetativa, para cereales durante inicio de espigamiento, para crucíferas en floración. **D.** incorporación manual de tejidos al suelo.

3.2. Manejo de residuos orgánicos

En las unidades productivas de la región altoandina de Nariño, generalmente se trabaja con modelos de diversificación, con opciones agropecuarias de rotación y complementación, que en conjunto llegan a contribuir con aportes importantes de material orgánico, el cual podría resultar valioso para la restauración y conservación del recurso suelo en su fertilidad natural. Esto depende fundamentalmente de un trabajo microbial complejo que conduce a mejoras físicas, biológicas y químicas (Asghar & Kataoka, 2021; Carvalho et al., 2015; Ninh et al., 2015).

Entre los materiales orgánicos más frecuentes se encuentran los estiércoles de animales domésticos, principalmente ganado vacuno; los residuos de la actividad cuyícula; la biomasa vegetal procedente de podas y deshierbas; los excedentes fibrosos de la cosecha y beneficio de cereales y leguminosas; los residuos de cocina. Con esfuerzo y dedicación por parte de los productores, es posible la producción periódica de compostados y humus de lombriz, útiles en modelos productivos sostenibles. Sin embargo, hay necesidad de una acumulación periódica y separada de estos materiales en lugares estratégicos, debidamente amontonados y protegidos con plástico negro; en lo posible con volteos frecuentes y humedecimiento sin excesos en caso necesario, con el fin de someterlos a un proceso de bioconversión parcial que permitan un mejor manejo (Hao & Ashley, 2021; Ninh et al., 2015; Powell et al., 2020; Stark & Thornton, 2020).

3.2.1. Obtención de compost

Es indiscutible el rol de estrategias basadas en enmiendas orgánicas para mejorar la salud y fertilidad del suelo (Hao & Ashley, 2021). Existen evidencias acerca del empleo de residuos orgánicos sometidos a procesos de descomposición, que favorecen la productividad y calidad de la papa (El-Sayed et al., 2015). A continuación, se describe un proceso para la obtención de compost (Figura 11), siguiendo conceptos abordados por autores como Bohórquez-Santana, (2019) y Hernández-Rodríguez et al. (2017).

En un área con piso firme, inicialmente se forma una cama de residuos, con la superposición de capas de estiércol de animales domésticos seco y parcialmente desmenuzado; material vegetal de deshierbas picado con machete o guadaña; residuos procedentes de la cosecha y beneficio de ce-

reales y leguminosas debidamente fraccionados; material de la actividad cuyícola; restos de la cocina. Si es posible se dispersa ceniza o rescoldo y también capote de monte nativo, además de material superficial de zanjas.

A medida que se colocan las capas de manera superpuesta, estas se humedecen ligeramente con agua corriente sin excesos y la cama se cubre con plástico negro. Después de una semana, las capas se mezclan con herramienta manual humedeciendo si es necesario, para formar un montón, el cual se cubre nuevamente con el plástico. Cada cinco días se realiza un mezclado, y se vuelve a cubrir. Cuando el material está suelto y muestra uniformidad en su aspecto y con una temperatura moderada en su interior, indica que el compost ha alcanzado su madurez o estabilización, y se puede utilizar en distintas labores de enriquecimiento edáfico.

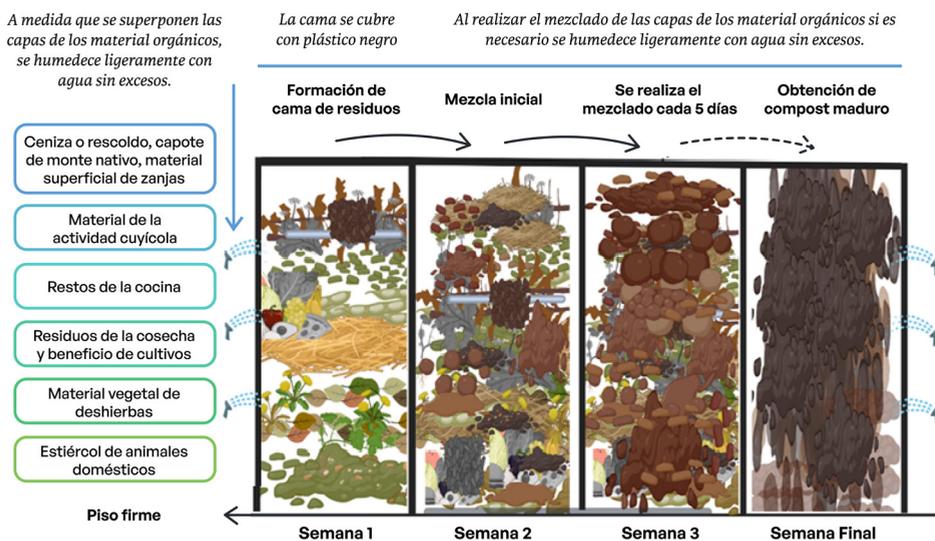


Figura 11. Esquema del proceso para la obtención de compost.

En la eventualidad de contar con una producción periódica de compost y la necesidad de almacenar el producto, se debe guardar en empaques de plástico con una humedad baja, y cada vez que se utilicen se procede a un humedecimiento uniforme y sin excesos, mediante la aspersion de un caldo microbial.

3.2.2. Producción de lombricompost

Una de las herramientas biotecnológicas más eficientes y asequibles para garantizar la madurez y estabilidad de una enmienda orgánica es a través del proceso de lombricompostaje, es decir la transformación de la materia orgánica por acción de especies de lombriz, cuyo producto de interés agrícola es el humus. El proceso que se describe (Figura 12), es similar a lo revisado por autores como Raygoza & Rodríguez, (2014); Thakur et al. (2021).

En primer lugar, se debe construir un recipiente adecuado como un cajón de madera con agujeros en los lados para permitir la ventilación, o comprar contenedores específicos para el compostaje de lombrices. Parte del compost o material orgánico de diferente procedencia se almacena en montones con humedecimiento uniforme, para introducir porciones de un lombricompost con alta población de la lombriz roja californiana, realizando una resiembra del inóculo de lombriz luego de ocho días. Cada montón se mantiene cubierto y periódicamente se humedece sin excesos. Después de los tres meses hay un incremento poblacional de la lombriz, formándose un sustrato homogéneo por efecto de la digestión que realiza el anélido, sientio rico en microorganismos y una fuente importante de ácidos carboxílicos, con proporciones moderadas de ácidos húmico y fúlvico. Para la separación de las lombrices del humus o sustrato, se introducen porciones nuevas de material orgánico compostado en mallas para empacar frutas, luego de dos a tres días, las lombrices habrán migrado al nuevo sustrato, estas se retiran y se depositan en otro compostador.

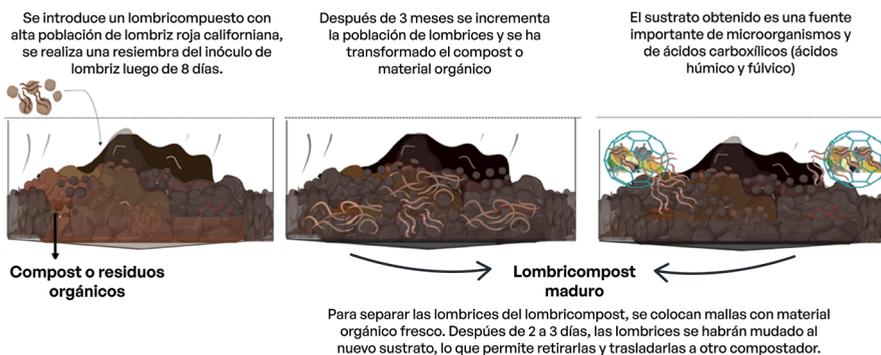


Figura 12. Esquema del proceso de lombricompostaje (transformación de la materia orgánica por acción de especies de lombriz).

3.3. Laboreo adecuado

Técnicamente conviene trabajar los terrenos hábiles para el cultivo de la papa, por tener una profundidad de capa arable mayor de 20 cm, con un material parental que permita un movimiento normal de la humedad. Allí, se debe emplear implementos de labranza vertical como el cincel a tracción mecanizada y el arado de chuzo a tracción animal de la preparación del suelo (Figura 13). La preparación del terreno mediante los métodos que se indican, tienen como referencia a Djaman et al. (2022); Gómez et al. (2020) y Stark & Thornton (2020).

3.3.1. Labranza siembra y retape

Contando con una adecuada preparación de la superficie se procede al levantamiento de surcos altos o guachado con surcadora mecanizada o arado de chuzo o tracción animal. El fondo de los guachos debe ser suelto, por lo que en ocasiones conviene un picado con herramienta manual o doble pase del arado de chuzo, con el propósito de permitir el mejor desarrollo radicular posible. El aflojado de fondo puede ser en el sitio donde se deposita la semilla y el tapado de esta se realiza con herramienta manual, bajando el suelo de un mismo lado del guacho. La labor de retape se realiza entre 15 y 20 días después de la siembra, bajando el lado opuesto del guacho para dejar nivelado el terreno, favoreciendo una emergencia uniforme de las plantas y redistribución local de la humedad presente.

3.3.2. Laboreo de aporque

El aporque es práctica cultural lo expuesto se justifica de acuerdo a lo anotado por autores como Kalimullin et al., (2019); Nyawade et al. (2018) y Rodríguez-Soto et al. (2020).

En el período de crecimiento activo de las plantas jóvenes, que coincide con el desarrollo vertical y horizontal del sistema radicular, se realiza un picado de fondo y el arrime de la tierra al lado y lado, a la vez que se hace el tapado de malezas en emergencia. En caso de población abundante de arvenses, con mayor proporción de especies de hoja ancha se puede realizar una aspersión de un herbicida adecuado, procurando que el suelo esté a humedad de campo.

Para el período de estolonización o inicio de tuberización, el suelo debe contar con una humedad adecuada, facilitando la partida de los surcos con arado de chuzo a tracción animal. Seguidamente, se realiza un arri-me más alto de tierra o aporque, que contribuye a regular la humedad del suelo y disminución de arvenses emergentes, a la vez que se dificulta la penetración de larvas de polillas.



Figura 13. Preparación de suelo para la siembra de papa. **A.** Labranza vertical con arado de cincel a tracción mecanizada; **B.** Labor de guachado.

3.4. Manejo eficiente de malezas

Durante el cultivo de la papa, desde la siembra a la madurez fisiológica, ocurre invasión de diferentes especies vegetales de crecimiento espontáneo (Figura 14), que en altas poblaciones requieren de una erradicación oportuna, evitando con ello efectos por competencia directa y un sobre laboreo del suelo, que predispone a movimientos del sustrato a veces a profundidades que afectan el sistema radicular, porque en algunos casos se necesita eliminar una red densa de tejidos subterráneos entre raíces, estolones e hijuelos (Arcos et al., 2020; Díaz, 2019).



Figura 14. Cultivo de papa con manejo inadecuado de arvenses de hoja ancha y gramíneas.

Entre las malezas de hoja ancha en el grupo de las dicotiledóneas, son más agresivas la miona (*Spergula arvensis* L.), los cien nudos (*Polygonum aviculare* L.), la lenguilla (*Rumex acetocella* L.), la lengüevaca (*Rumex crispus* L.), el corazón herido (*Polygonum nepalense* Meisn.), el bledo (*Amaranthus retroflexus* L.), entre otras. También hay gramíneas recalcitrantes como la jurilla (*Paspalum hirtum* Kunth), la cuerdilla (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) y el maicillo (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) (<https://agrobasesapp.com/colombia/weed>).

La aplicación de herbicidas es la práctica mayormente empleada para el control de arvenses. De acuerdo a investigaciones realizadas por Amini *et al.* (2016); Correia & Ferreira, (2018); Díaz, (2019); Sanchez *et al.* (2018) y Sanchez-Angonova & Perez Pizarro, (2018), se recomienda:

El empleo del Paraquat de los Bipiridilos en dosis de 5 cc por litro de agua en aspersión general sobre malezas antes de la emergencia de las plantas de papa en caso de invasión general de poblaciones heterogéneas, incluyendo

dicotiledóneas y monocotiledóneas. También el producto se utiliza después del aporque, cuando en las calles hay crecimiento en poblaciones altas de un misceláneo de malezas que van a interferir luego en la cosecha de papa. Sin embargo, se debe trabajar con la ayuda de pantalla para impedir deriva del producto hacia los tejidos de papa.

En casos de invasión de malezas de hoja ancha en cultivos de papa con crecimiento inicial, se recomienda el empleo de Metribuzina, de las Triazinonas 1.5-2.0 centímetros cúbicos por litro de agua. En sectores con invasiones agresivas y en diferentes estados de crecimiento de gramíneas, se utiliza el herbicida Haloxifop-r-Metil Ester del ácido Arilpropionico, 3.5-4.0 centímetros cúbicos por litro de agua.

3.5. Conclusiones

Este capítulo se aborda la temática de la sostenibilidad del recurso suelo en el cultivo de papa en Nariño. Se discuten los desafíos relacionados con la expansión progresiva del cultivo de papa y la ganadería en la región, lo que ha llevado a una intervención significativa en los ecosistemas altoandinos. Se mencionan prácticas que promueven la conservación del suelo y los ecosistemas naturales para mejorar la sostenibilidad del recurso suelo, como el establecimiento y beneficio de abonos verdes, el aprovechamiento de residuos orgánicos para la obtención de enmiendas orgánicas, además de prácticas culturales relacionadas con la preparación del suelo y mitigar su degradación, también se mencionan algunas bases para el manejo efectivo de arvenses de crecimiento espontáneo. La atención a la sostenibilidad del recurso suelo es fundamental para garantizar una producción sostenible en el tiempo del cultivo de papa.



**LA NECESIDAD DE UNA
NUTRICIÓN INTEGRAL**

4.

En la actividad agropecuaria, es preocupante el alza continua en el valor del dólar y la demanda global de fertilizantes convencionales por potencias económicas, en proporciones significativamente más altas a las que requieren países dependientes y con incrementos progresivos en los precios. Esta situación comienza a impactar negativamente en los modelos agrícolas de pequeña escala incluyendo la papa, los cuales se requieren excesivamente de una oferta externa de insumos (Barkley & Barkley, 2016; Hassan et al., 2021). No obstante, es necesario un cambio de actitud a los productores, para buscar y adoptar modelos productivos más acordes con los recursos locales de producción (Vélez-Betancourt, 2021).

El recurso suelo debe ser objeto de especial atención por ser asiento de la productividad agropecuaria, al albergar un mundo viviente microscópico, desconocido para el común de los productores, pero responsable primario de la fertilidad natural edáfica. Es el mundo de los microorganismos, de cuyo conocimiento y de las posibilidades de su utilización, dependerá en gran parte la factibilidad de manejar los recursos internos de producción, para devolver al suelo su fertilidad y en el tiempo, lograr un mejor aprovechamiento del aire, la humedad y las reservas minerales nativas (Hemkemeyer et al., 2021; Sarkar et al., 2017).

Sin embargo, hay necesidad de considerar la materia orgánica como punto de partida para el trabajo de sucesiones microbianas en la liberación de nutrientes asequibles para las plantas reduciendo con ello la dependencia de los elementos nutricionales que provienen de los fertilizantes de síntesis industrial, cuyo empleo continuo al parecer está conduciendo a limitaciones para la eficiencia en la asequibilidad, especialmente por la dominancia de grupos microbiales inmovilizadores de elementos minerales en el suelo. Mediante la actividad microbiana, es posible buscar asequibilidad en los elementos con potencial nutricional que se encuentran en diferentes enmiendas agrícolas (Aulakh et al., 2022; Hills et al., 2020).

4.1. Clases de enmiendas

En los mercados de insumos agrícolas hay disponibilidad en enmiendas inorgánicas conteniendo principalmente calcio, magnesio, silicio, fósforo y azufre de lenta solubilidad. También es posible la consecución de abono orgánico y lombricompostado, además de sustancias húmicas y sustrato ed-

áfico micorrizado. Los cuales para el país se pueden consultar en la lista de fertilizantes y bioinsumos registrados por el ICA (<https://www.ica.gov.co>).

Con esta base es posible lograr un sustrato de asequibilidad nutricional en plazos más cortos, mediante su humedecimiento con caldos microbiales preparados artesanalmente para su empleo como abono de asiento en las etapas de preestablecimiento y siembra de las opciones agrícolas, buscando reducción de costos respecto a la nutrición convencional, pero con características de eficiencia ligada a rendimientos y calidad de las cosechas. Además, el sustrato debe ser útil en el mejoramiento de las condiciones físicas, biológicas y químicas del suelo.

Las características básicas de los materiales propuestos se describen, teniendo como referencia a Damian et al. (2018); Juárez et al. (2021); Mendoza et al. (2021); Ninh et al. (2015); Thakur et al. (2021); Vallejo & Alvarado, (2011) y Bohórquez-Santana, (2019).

Abonos orgánicos o compostados: se emplean como mejorantes de la agregación del suelo, precursores de sustancias húmicas, y vehiculizantes de microorganismos.

Lombricompuestos: sustratos provenientes de compuestos digeridos por la lombriz roja californiana, siendo considerados como una fuente importante de ácidos carboxílicos en mayor proporción, además de contenidos moderados de hormonas y vitaminas. Su alta carga bacteriana es responsable de una mayor asimilación de nutrientes, en especial fósforo, calcio, potasio y magnesio.

Silicio: este elemento es muy abundante en la tierra, siendo el principal constituyente de las arenas como óxido y parte importante de materiales rocosos como silicatos, los cuales mantienen retenidos varios nutrientes minerales esenciales para las plantas, como por ejemplo calcio, magnesio, potasio y fósforo. Cuando se hacen aportes orgánicos a los suelos y hay actuación de microorganismos productores de ácidos orgánicos. Estas sustancias actúan sobre los silicatos para la formación de ácido silícico que reacciona sobre diversos componentes estructurales del suelo y que mantienen retenido el fósforo, favoreciendo su liberación y asequibilidad para las plantas.

Materiales calcáreos: comprenden un grupo heterogéneo de sustratos minerales empleados principalmente para corregir estados de acidez del suelo. Son más conocidos la cal viva hasta con 75% de óxido de calcio (CaO); el yeso con 5.5% de PO_5 ; 26% CaO; 8% de SiO_2 y 14% de azufre total; el Magnesil® con 35% de MgO y 35% de SiO_2 ; la cal dolomita con 33 - 55% de CaO y 15 - 29% de MgO; la fosforita o roca fosfórica con 24 - 30% de P_2O_5 y 25 - 30 de CaO; el Trifos® con 5% de P_2O_5 , 26% de CaO, 12% de MgO, 8% de S y 20% de SiO_2 ; el Dafos® con 25% de P_2O_5 , 35% de CaO, 7% de MgO, 3% de S y 10% de SiO_2 ; etc.

Sustancias húmicas: son productos comerciales que contienen humita, ácidos húmico y fúlvico, que aportados al suelo ayudan a liberar nitrógeno, fósforo, potasio y azufre, para la nutrición edáfica y el crecimiento microbiano, estimulando el desarrollo de las raíces y aumentando la absorción de elementos nutritivos. También contribuyen a la regulación del pH en el suelo, como al aumento de la capacidad de intercambio catiónico y retención de humedad.

Caldos microbiales: denominados también como bioabonos líquidos, son preparados artesanales conteniendo fuentes de microorganismos multifuncionales, que debidamente enriquecidos y madurados, se emplean para humedecer mezclas enmendantes, como también para aplicaciones al suelo y vía foliar.

Micorrizas: en el comercio se cuenta con sustratos edáficos conteniendo esporas de reposo de hongos micorrícicos arbusculares que vienen como endosimbiontes obligados en la corteza de la raíz, pero también dirigen sus filamentos hifales lejos de la región rizosférica o zonas de influencia radical (Figura 15). Por medio de estas estructuras dichos hongos absorben agua y nutrientes disueltos, para su traslado al interior de la planta. También los filamentos hifales producen y secretan una sustancia conocida como glomalina, que tiene acción cementante de las partículas arcillosas para formar agregados y favorecer la capacidad de retener humedad.



Figura 15. Producción de tubérculos por planta de papa Diacol Capiro (A) en suelo micorrizado (B).

4.2. Propuesta sobre empleo de material enmendante

Actualmente se tienen buenos resultados en rendimiento y calidad, realizando dos protocolos de distribución de fosforita o roca fosfórica, con contenidos de fósforo y calcio, en conjunto con una enmienda conteniendo silicio y magnesio, sea en el beneficio de un abono verde instalado en un ciclo rotativo para posterior establecimiento de papa, o en la primera labor de preparación, para la siembra de la tuberosa en un mismo periodo. Procesos descritos de manera similar, a lo investigado por autores como Damian et al. (2018); Junge et al. (2022) y Soratto et al. (2019).

4.2.1. Instalación y beneficio de un abono verde

Se recomienda en aquellos terrenos que muestran signos evidentes de deterioro físico por compactaciones en el perfil del suelo y reducción de la profundidad efectiva en el sistema radical. Se realiza un laboreo efectivo, para sembrar al voleo semilla de cebada en cantidad de 60-70 kilos, además de un fertilizante NPK con 100 kilos por hectárea. Se hace un manejo adecuado del cultivo, para su beneficio en la etapa de espigamiento total. Mediante el uso de una guadaña, se hace el corte y picado de la biomasa aérea, distribuyendo uniformemente los tejidos, para regar al voleo 300 kilos por hectárea de una mezcla en proporción 2:1 de la fosforita y la enmienda de silicio y magnesio, realizando humedecimiento uniforme de un caldo microbial para la incorporación en el suelo, con el

empleo de rastrillo de discos o con pases cortos del arado de chuzo a tracción animal.

Para la preparación del caldo microbial, y de manera similar a lo propuesto por Juárez et al. (2021), por caneca con volumen de 200 litros, adicionando tres kilos de fosforita, el contenido de un balde de 10 litros con partes iguales de mantillo de monte y material superficial de zanjas, además de dos kilos de lombricomposta, tres litros de leche cruda y un galón de melaza previamente dispersa en agua tibia. A medida que se agregan los materiales, se va vertiendo agua corriente hasta completar las tres cuartas partes del volumen, revolviendo de una manera uniforme para tapar el recipiente sin cierre hermético.

Después de cinco días, se agrega tres kilos de nitrato de potasio y dos kilos de sulfato de amonio con buena revoltura y completando el volumen de agua. Cinco días más tarde se procede a su empleo, para lo cual, el caldo se revuelve y filtra a través de un cedazo de malla fina, utilizando cinco litros por bomba de 20 litros. Luego de cuarenta días y con una preparación del lote conveniente se procede a la siembra de la papa.

4.2.2. Aplicación de enmiendas en presiembra

En terrenos con buena fertilidad natural y al realizar el primer laboreo del suelo, para el establecimiento de la papa, se hace la aplicación al voleo de una mezcla de siete partes de un lombricompuesto de calidad, dos partes de fosforita y una parte de la enmienda conteniendo silicio y magnesio (por ejemplo, Magnesil®), empleando una cantidad de 500 kilos por hectárea, con una distribución conveniente. En seguida se realiza un humedecimiento uniforme con el caldo microbial procediendo al primer laboreo del terreno.

Se recomienda el empleo del arado de chuzo a tracción animal con pases profundos y lo más cercanos posible. Posteriormente se procederá a la nivelación y adecuación de los guachos para la siembra.

4.3. La fertilización de asiento

En la siembra de la papa y contando con una humedad conveniente en el suelo, se realiza la distribución del fertilizante convencional NPK, en

cantidad de 300-400 kilos por hectárea, usualmente de la fórmula 15-15-15. Roturando bien el fondo o sea los surcos y regando el abono en los lados de los tubérculos o a chorrillo uniforme, para realizar el tapado.

Se parte del hecho que los nutrientes de baja asequibilidad, por la actuación microbiana con la formación de ácidos carboxílicos como producto de degradación orgánica, paulatinamente van pasando a estados asimilables por las raíces, en conjunto con los minerales fijados a sesquióxidos y silicatos naturalmente presentes en el suelo.

La reacción de los ácidos orgánicos de la actividad microbiana con el silicio contenido en Magnesil® y de aquel presente en los elementos estructurales del suelo, desencadena la producción de ácido monosilícico, que, al intervenir sobre el fosfato tricálcico de la fosforita y los fosfatos de aluminio, hierro y magnesio nativos, permiten la obtención de ácido fosfórico de rápida asequibilidad, por dislocación del ion fosfato y su asimilación por las raíces. Se ha determinado que una aplicación de enmiendas conteniendo silicio, incrementa la eficiencia de la roca fosfórica en 100 - 200% (Soratto et al., 2019; Vallejo & Alvarado, 2011).

En el momento de la siembra se recomienda hacer la impregnación de los tubérculos semilla con un sustrato comercial conteniendo esporas de reposo de varias especies del grupo de los hongos micorrízicos arbusculares, en cantidad de un kilo de inóculo por 50 kilos de semilla humedecida con agua y haciendo la impregnación mediante volteos de los tubérculos sobre un plástico para su siembra inmediata. Con este procedimiento se logra la infección de filamentos aceptados entre las células corticales de las partes radicales activas, además de un manto hifal extensivo en el suelo, sobrepasando el volumen rizosférico, el cual absorbe formas asequibles de fósforo, nitrógeno, potasio, zinc y cobre, para su traslado a los tejidos internos de las plantas (Chifetete & Dames, 2020; Pathak et al., 2017).

4.4. Posibilidades de una nutrición post siembra vía líquida

Se busca lograr la mayor eficiencia nutricional posible mediante la aplicación líquida a la base y al sistema foliar de mezclas fertilizantes conteniendo principalmente nitrógeno, potasio, fósforo y azufre, además de los elementos menores boro, zinc y cobre. Se debe tener en cuenta, los estados

fenológicos con mayor actividad de absorción vía radicular y foliar, en relación con la humedad del suelo y ambiental, así como la movilidad de los nutrientes. Esto, respaldado por autores como Abd El-Azeim et al.(2020); Hopkins et al. (2008); (2020); Klikocka, (2009).

Se recomienda una primera aspersión en el estado de crecimiento activo de tallos, desde el suelo, después de la emergencia, relacionándose con el desarrollo del sistema radicular, requiriéndose una humedad adecuada en el suelo (Figura 16). Luego se procede a una segunda aspersión en la aparición de los botones florales, coincidiendo generalmente con la formación de estolones.



Figura 16. Fertilización y aplicación de plaguicidas en la etapa de brotación o emergencia.

Para la primera aspersión se emplea la mezcla de urea de buena calidad en cantidad de 7.5 g, más 7.5 g de sulfato de amonio, 10 g de nitrato de potasio y 3 g o centímetros cúbicos (cm³) de Borozinco® (B, Zn, Cu) por litro de agua. En la segunda aplicación se recomienda el nitrato de potasio 10 g, más fosfato diamónico 15 g y Borozinco® 3 g o cm³ por litro de agua.

4.5. Conclusiones

Este capítulo se centra en promover una nutrición integral en el cultivo de papa bajo el contexto del departamento de Nariño. Se mencionan desafíos relacionados con el uso de fertilizantes sintéticos, lo que ha llevado a un impacto negativo en los modelos agrícolas de pequeña escala, incluyendo el cultivo de papa. Se destaca la importancia de adoptar modelos productivos más acordes con los recursos locales y buscar alternativas para reducir la dependencia del uso de insumos externos. Además, se discuten las prácticas agrícolas recomendadas para una nutrición integral del cultivo de papa, incluyendo el uso adecuado de enmiendas de origen mineral u orgánico y la implementación de prácticas agroecológicas que promuevan la biodiversidad y la salud del suelo. En resumen, en este apartado se explican prácticas agrícolas sostenibles y responsables que promuevan una nutrición más eficiente en el cultivo de papa teniendo en cuenta los requerimientos nutricionales, la fenología del cultivo y las condiciones edafoclimáticas.



**LA APLICACIÓN
DE NUTRIENTES
MINERALES VÍA
FOLIAR**

5.

En este contexto, se tiene como referencia lo expuesto por Krishnasree et al. (2021); Niu et al. (2021); Singh et al. (2018), acerca de la aplicación de nutrientes minerales vía foliar.

Cada vez adquiere mayor interés la práctica de fertilizar los cultivos mediante la aspersión vía foliar de nutrientes minerales como un complemento a la fertilización edáfica, cuando ocurren factores de clima y suelo que llegan a limitar una absorción normal de aniones y cationes por el sistema radicular, especialmente en periodos críticos de desarrollo y producción. También llega a ser útil ante eventuales manifestaciones de carencia inicial de elementos mayores secundarios y micronutrientes, que usualmente no se incluyen en el abonamiento rutinario al suelo.

La absorción de nutrientes minerales vía foliar llega a ser efectiva cuando la humedad relativa presente en el aire y sobre las hojas, permiten un ambiente de disponibilidad en la superficie de las hojas principalmente, para una absorción eficiente después de la liberación de aniones y cationes, respectivamente con cargas eléctricas negativas y positivas, para ser fijadas por cargas eléctricas contrarias presentes a nivel cuticular en las plantas (Krishnasree et al., 2021; Niu et al., 2021; Singh et al., 2018).

Se emplean en mayor proporción las sales solubles y entre estas, los sulfatos, los fosfatos, los nitratos y los cloruros, al igual que los boratos y los molibdatos. Los dos primeros por tener índices salinos menores se pueden utilizar en mayores concentraciones, pero los nitratos y cloruros se absorben más rápido a través de la cutícula foliar, por hacerla más permeable y tener buen poder higroscópico, lo que les da mayor estabilidad en la superficie de las hojas. Los boratos y los molibdatos se emplean en cantidades bajas respecto a las otras sales, por ser menores las necesidades requeridas (Krishnasree et al., 2021; Niu et al., 2021; Singh et al., 2018).

5.1. Principales moléculas

Las fuentes proveedoras de nitrógeno corresponden al sulfato de amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), fosfato monoamónico ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) y fosfato diamónico ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$) en dosis de 5 – 7.5 gramos por litro de agua, como también nitrato de potasio (KNO_3), nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) y nitrato de magnesio ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$) en cantidades de 7.5 - 10 gramos por litro de agua.

El fosfato monopotásico en dosis de 5 – 7.5 gramos por litro de agua se suma a las fuentes fosfatadas incluidas para la fertilización nitrogenada, siendo también fuente de potasio al igual que el nitrato de potasio. Además, se cuenta con sulfato de potasio (K_2SO_4) y cloruro de potasio (KCl) en cantidades de 7.5 - 10 gramos por litro de agua.

El nitrato de calcio, además de aportar nitrógeno es fuente de calcio. Las necesidades de magnesio se cubren con nitrato de magnesio y también con sulfato de magnesio ($MgSO_4$) en cantidades de 7.5 - 10 gramos por litro de agua.

Las fuentes de sulfato de hierro ($FeSO_4$), sulfato de manganeso ($MnSO_4$), sulfato de zinc ($ZnSO_4$) y sulfato de cobre ($CuSO_4$), se emplean para la nutrición de hierro, manganeso, zinc y cobre, respectivamente en cantidades de 2.5 – 5.0 g, 1.25 – 1.5 g, 0.5 - 10 g y 0,5 - 1,0 g por litro de agua, además de aportar azufre, al igual que lo hacen los sulfatos de amonio, de potasio y de magnesio. La nutrición boro y molibdeno se cumplen principalmente con el borato de sodio ($Na_2B_2O_3$) y el molibdato de sodio (Na_2MoO_4), en dosis respectivamente de 0.5 – 0.75 y 0.3 – 0.5 gramos por litro de agua. La nutrición boro y molibdeno se cumplen principalmente con el borato de sodio ($Na_2B_2O_3$) y el molibdato de sodio (Na_2MoO_4), en dosis respectivamente de 0.5-0.75 y 0.3-0.5 g por litro de agua.

Igualmente, autores como Hayyawari & Estabraq, (2020); Hopkins et al. (2020); Singh et al. (2018); Udhaya et al. (2017), hacen una descripción acerca de principales moléculas como fuentes de nutrición en el cultivo de papa.

5.2. Dinámica de absorción y transporte

Para las aspersiones de sales solubles en agua, hay que prestar atención al pH de la solución que debe ser ácido (3.5 - 5.5) para que haya equilibrio de las cargas negativas de los aniones y las positivas de los cationes con las cargas eléctricas de la cutícula foliar y con la selectividad de los iones. Además, es conveniente un contacto de la solución con la superficie de la hoja al menos por tres horas, en condiciones de alta humedad relativa en el aire y en la superficie foliar, para una absorción eficiente (Eichert & Fernández, 2012; Fernández et al., 2021).

En la solución de una determinada sal, ocurre la dislocación del anión y el catión respectivos, con sus cargas eléctricas libres, llegando a la cutícula donde hay cargas eléctricas que sirven para la adsorción de los cationes sean K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} . Una vez que en la cutícula quedan solo cargas positivas, los cationes adsorbidos se liberan y mueve pasivamente hacia la epidermis. Entonces, los aniones que llegan a la cutícula sean NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , $B_2O_3^{2-}$ y MoO_4^{2-} , se adsorben a las cargas positivas de la cutícula, ocurriendo seguidamente su movimiento hacia la epidermis. Los iones llegan a los espacios intracelulares de la epidermis que constituyen el apoplasto y luego se realiza su traslado regular de célula a célula o simplasto, requiriendo de los recursos energéticos del metabolismo celular. Mediante este movimiento, aniones y cationes pasan a los vasos conductores de las hojas (Fernández et al., 2017; Kerstiens, 2006).

Los nutrientes N, P, K, Mg, y Mo se distribuyen dentro de la hoja por el xilema y el floema, para translocarse luego a las partes bajas de las plantas por el floema y de allí se redistribuyen a las partes jóvenes. En cambio, los nutrientes Ca, B, S, Cu, Fe, Mn y Zn se distribuyen en la hoja principalmente por xilema, al tener movilidad restringida por el floema, sin existir translocación importante desde la hoja a otras partes de la planta. Entonces, las aspersiones foliares de estos elementos menos móviles en el floema, deben ser más frecuentes porque tienen efectos localizados en las hojas que reciben la aspersión, no siendo posible su traslado a otras partes de las plantas tratadas (Eichert & Fernández, 2012; Fernández et al., 2021; Singh et al., 2014).

5.3. Corrección de deficiencias iniciales

Las respuestas de las plantas a las aplicaciones de sales solubles son rápidas, por lo que se tienen buenas posibilidades de corregir deficiencias nutricionales en los estados iniciales de manifestación (Singh et al., 2018). En la figura 17 se muestran algunos síntomas de deficiencia nutricional. La descripción de carencias nutricionales es información similar a la expuesta por Barona et al. (2015); Singh et al. (2018); Westermann, (2005).

En el caso de N, P, K, Mg, y Mo, estos elementos son móviles en la planta, y cuando hay carencias en el suelo, las primeras manifestaciones del déficit se observan en las partes bajas de la siguiente manera:

Nitrógeno: amarillamiento foliar uniforme y plantas raquílicas, pero el crecimiento de las raíces es relativamente normal.

Fósforo: color verde azulado y sin brillo en los folíolos, retardo en el crecimiento de raíces y disminución en el número de tallos.

Potasio: márgenes de las hojas con puntos de color oscuro y luego con necrosis extensiva, observándose un posterior amarillamiento entre las venas foliares más grandes seguido de la presencia de manchas oscuras.

Magnesio: amarillamiento entre las nervaduras a partir del margen foliar, con posterior aparición de manchas necróticas grandes. A veces la decoloración intervenal inicial es en forma de moteado clorótico o púrpura.

Molibdeno: color verde pálido uniforme y adelgazamiento de los folíolos de la parte bajera en la planta, mientras que en las ramas más jóvenes hay clorosis débil entre las nervaduras.

Los elementos Cu, Zn, Mn, Fe y S tienen movilidad restringida, y si hay carencia en el suelo, no llegan a la parte superior de las plantas, manifestándose allí los síntomas de la deficiencia:

Cobre: los folíolos son de color verde oscuro, malformados, con márgenes curvados hacia arriba y se llegan a secar.

Zinc: clorosis en espacios intervenales y aparición de manchas necróticas irregulares. Los folíolos son pequeños y endurecidos, además de ocurrir acortamiento notorio de entrenudos en la parte superior de las ramas.

Manganeso: hay manchas marrones más cerca de la base foliar, después de una clorosis intervenal, pero quedan espacios verdes entre las nervaduras. También ocurre crecimiento disminuido y retardado.

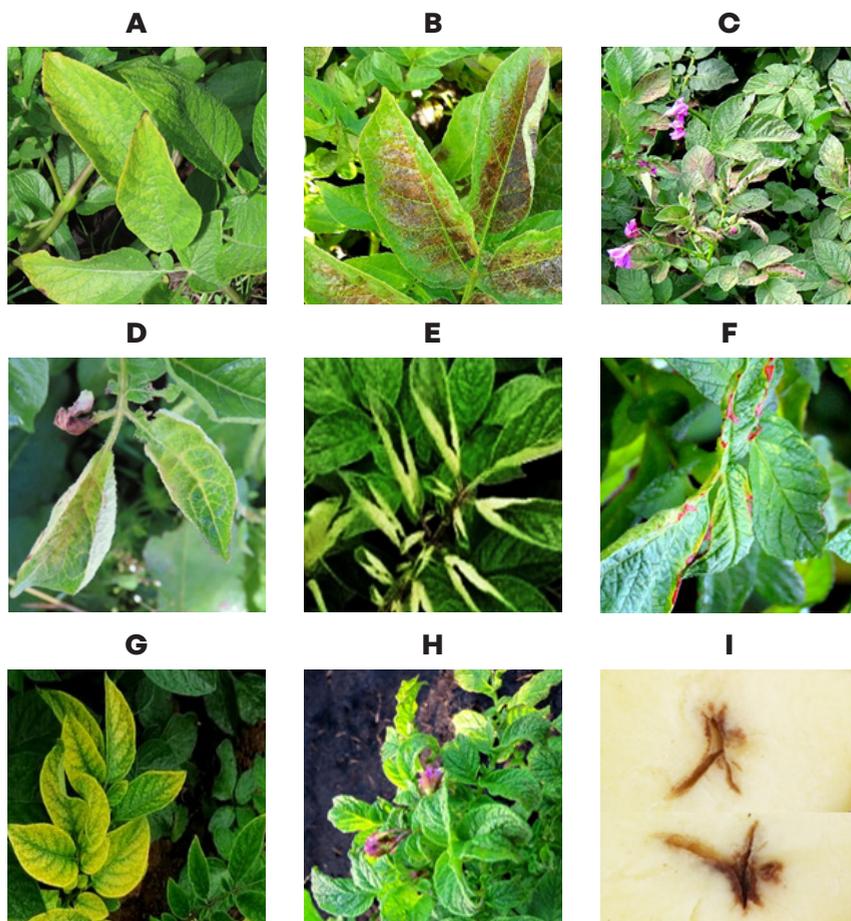


Figura 17. Síntomas de deficiencia nutricional de Nitrógeno (A); Fósforo (B); Potasio (C); Magnesio (D); Cobre (E); Zinc (F); Hierro (G); Azufre (H); y Calcio (I).

Hierro: amarillamiento de las hojas, quedando verdes las nervaduras más gruesas, pero luego hay amarillamiento blanquecino general y defoliación. En una misma planta puede haber ramas afectadas y ramas sanas.

Azufre: clorosis uniforme, arrugamiento y caída de las hojas afectadas. Los elementos calcio y boro son inmóviles dentro de la planta y los síntomas por deficiencia aparecen en las partes apicales:

Calcio: disminución del tamaño y color verde pálido de las hojas jóvenes, cuyos márgenes se necrosan. Crecimiento atrofiado de raíces y pudrición interna de tubérculos.

Boro: las hojas son arrugadas, gruesas y quebradizas, con manchas necróticas en los espacios intervenales. También ocurre muerte descendente de brotes, determinándose además peciolo engrosados.

5.4. Conclusiones

En este capítulo se explora la posibilidad de utilizar la aplicación de nutrientes minerales vía foliar en el cultivo de papa como una estrategia para lograr una fertilización integral. Se discuten los beneficios y desafíos asociados con esta práctica, así como las recomendaciones para su uso, especialmente en situaciones de carencia nutricional. Además, se detallan las principales fuentes proveedoras de elementos nutricionales, su dinámica de absorción y transporte, y las condiciones ambientales favorables para su acción. Se hace hincapié en la corrección de deficiencias en los estados iniciales de manifestación, describiendo sus síntomas para una detección temprana.



**EMPLEO DE
MOLÉCULAS
ESPECIALES PARA
SITUACIONES
DE ESTRÉS**

6.

En los momentos actuales con impactos reales por el cambio climático, la papa durante los estados de crecimiento y producción se encuentra sometida a eventos medioambientales desfavorables como desequilibrios en el orden de las temporadas de invierno y verano, así como en duración e intensidad, con alteración real por la fuerza de las corrientes de aire y las pronunciadas oscilaciones térmicas. A ello se suma el deterioro progresivo de suelos cultivados en su fertilidad natural, como también la aparición e incremento de incidencia y severidad de factores bióticos negativos (Dahal et al., 2019; Vélez-Betancourt, 2021).

Ante tal situación, las plantas deben realizar cambios fisiológicos compensatorios encaminados a mantener el metabolismo primario, adaptarse a la nueva condición y reponer los flujos tanto energéticos como nutricionales, buscando readquirir un funcionamiento normal. En el comercio de insumos agropecuarios hay disponibilidad de una gama importante de moléculas, las cuales mediante aspersión foliar o al suelo, contribuyen a que las plantas adquieran características de plasticidad, para sobreponerse al estrés originado y evitar pérdidas significativas en la producción y calidad (Koch et al., 2020; Shahrajabian et al., 2021).

6.1. Atención a la urea

La Urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) es un compuesto nitrogenado orgánico altamente soluble en agua, con penetración pasiva por el sistema foliar, entre 0.5 y dos horas después de la aspersión, siendo alta su higroscopicidad, por lo que las gotas localizadas sobre las hojas no se secan tan rápido. Además, al aumentar la permeabilidad de los tejidos superficiales, estimula la absorción de otros nutrientes, en especial magnesio, manganeso, zinc y cobre, aumentando su translocación y eficacia, con transporte hasta las raíces, siendo la molécula metabolizada rápidamente (Khan-Qadri et al., 2015; Morales-Morales et al., 2019).

Se recomienda aplicaciones de urea cuando hay exceso de humedad en el suelo y después de periodos de sequía o frío, supliendo de manera parcial los requerimientos de nitrógeno en las hojas, teniendo en cuenta la fenología y el análisis foliar y de suelos. Sin embargo, es conveniente el empleo de formulaciones de urea con bajos contenidos de Biuret ($\text{NH}_2\text{CO}_2\text{NHCONH}_2$), molécula que se forma cuando en el proceso de

manufactura de la urea hay sobrecalentamientos, siendo tóxica con proporciones mayores del 1%, al ocasionar quemaduras en tejidos foliares. Son aconsejables las ureas comerciales con menos de 0.5% de biuret (Driver et al., 2019; Mikkelsen, 2007).

6.2. El beneficio de las nanopartículas

En temporadas secas con alta intensidad de radiación solar ocurre mayor incidencia de luz ultravioleta y rayos infrarrojos, con una disminución significativa en la tasa de fotosíntesis, antecedida por una transpiración excesiva y daños directos a veces irreversibles en las membranas celulares (Hill et al., 2021). Existe un agroinsumo conteniendo simultáneamente dióxido de titanio (TiO_2) y óxido de zinc (ZnO) en estado de nanopartículas, que son absorbidas vía foliar de manera pasiva, para actuar a nivel inter e intracelular en las partes foliares que realizan fotosíntesis, efectuando protección contra la radiación intensa con TiO_2 y contribuyen a mayor eficiencia fotosintética con ZnO (Alabdallah et al., 2021; Schneider & Lim, 2019; Šebesta et al., 2021).

Mediante el TiO_2 se busca la formación de una capa imperceptible sobre los fotosistemas, para hacer protección frente a la luz ultravioleta, dispersándola en aproximadamente 75%, además de reflejar los rayos infrarrojos que generan calor, manteniendo un ambiente entre 3 y 5 °C menor que el externo y dejando pasar la luz visible. Además, contribuye a reducir la fotorrespiración evitando cierre de estomas, lo que conduce a menores pérdidas de CO_2 hacia el exterior, conllevando a mejorar la tasa de fotosíntesis. El ZnO a su vez, trae consigo beneficios al proceso de fotosíntesis, porque contribuye a la producción de clorofila, al ser cofactor de enzimas fundamentales del sistema fotosintético (Alabdallah et al., 2021; Schneider & Lim, 2019; Šebesta et al., 2021).

6.3. El papel del silicio

Con aplicaciones foliares y edáficas de ácido monosilícico (H_4SiO_4), se logra su absorción y movimiento por el xilema en todas las partes de la planta a través de transportadores o por la fuerza de transpiración, llegando a las células epidérmicas debajo de la cutícula, para convertirse en un compuesto orgánico insoluble, el cual, en conjunto con la celulosa, protege a los tejidos contra la pérdida de agua (Castellanos-González et al., 2015).

También se deposita en las paredes de los vasos de xilema, reduciendo la pérdida del líquido en alrededor del 30%, recomendándose en situaciones de déficit hídrico y calor. El silicio protege a las plantas de la toxicidad de metales y metaloides peligrosos como Al, Cd, Fe, Mn y Zn, interactuando con éstos en el simplasto y el apoplasto, secuestrándolos en vacuolas o paredes celulares y luego, acomplejándolos en el citoplasma. La acumulación de silicio en las paredes celulares fortalece las hojas y los tallos, siendo las plantas más erectas y las células más túrgidas, lo que contribuye a menor vulnerabilidad a volcamientos, además de mejorar la eficacia en la captación de luz, al regular la interceptación lumínica (Castellanos-González et al., 2015; Farooq & Dietz, 2015; Swoboda et al., 2022).

6.4. Importancia de las moléculas osmoprotectoras

El uso potencial de los osmoprotectores con el propósito de lograr adaptación al estrés y mejoramiento de los cultivos ha sido revisado por autores como Dikilitas et al. (2020); Hossain et al. (2019) y Zulfiqar et al. (2020).

Con referencia a los autores mencionados, en temporadas de sequía con frecuentes oscilaciones térmicas externas, el desequilibrio osmótico es evidente, con salida de agua desde el citoplasma y la pérdida de la turgencia celular, conduciendo a una disminución significativa de la tasa fotosintética y afectación de macromoléculas estructurales (proteínas, ácidos nucleicos y lípidos) con la desestabilización de membranas plasmáticas. Hay moléculas solubles en agua, que en altas concentraciones no alteran el metabolismo celular y en cambio, hacen ajuste osmótico al impedir salida de agua de las células. Las más empleadas son:

Poliaminas: son compuestos aminados con acción quelante de cationes para su transporte al interior celular, contribuyendo, además, al ajuste osmótico y protección de macromoléculas.

Glicina betaína: amina cuaternaria y eléctricamente neutra al poseer cargas tanto negativas como positivas, siendo capaces de atraer y transportar moléculas de carga contraria. Las aplicaciones exógenas conducen a una asimilación normal de CO₂ al mantener la apertura estomática y la estabilidad de los cloroplastos, además de proteger proteínas estructurales.

Aminoácidos: se destacan la prolina, el ácido glutámico, la glutamina, la alanina, la arginina y la asparraguina, que secuestran cationes como calcio, potasio y magnesio, llevándolos al interior celular y contribuir al equilibrio osmótico por permitir la entrada de agua.

Azúcares: además de su condición de osmolitos mantienen los lípidos en fase fluida cuando hay ausencia de agua, evitando la ruptura de membranas. También contribuyen a la preservación de la estructura de proteínas en condiciones secas y secuestran radicales libres, reduciendo los efectos de estrés oxidativo. Son más empleados la sacarosa y la trehalosa.

Polialcoholes: también conocidos como polioles, alcoholes polihídricos o azúcares alcoholes, mantienen un buen poder humectante en el interior celular, además de disminuir el punto de congelación (mediante el descenso crioscópico) evitando la formación de hielo. Se destacan el sorbitol, el manitol, el arabinol, el glicerol y el manitol glicerol.

6.5. Empleo de transportadores de nutrientes

Algunos aminoácidos, los ácidos carboxílicos y las sustancias húmicas poseen cargas eléctricas negativas libres, lo que les permite capturar cationes, para conducirlos pasivamente al interior de las plantas. Este escenario también es revisado por Bulgari et al. (2019); De Pascale et al. (2018); El-Ghamry et al. (2009); Gerke, (2021).

Aminoácidos: la glicina y el ácido glutámico cumplen con la función quelante o secuestradora de cationes, para un transporte pasivo eficiente dentro de la planta.

Ácidos carboxílicos: son buenos transportadores de K^+ , Mg^{2+} , Fe^{2+} y Zn^{2+} , los ácidos cítrico, málico, tartárico, glucónico, láctico y acético. Además, son capaces de alterar las membranas celulares, aumentando su permeabilidad y, por lo tanto, su capacidad de absorción, promoviendo la movilidad de azúcares al interior de las plantas.

Sustancias húmicas: son más importantes los ácidos húmicos y los ácidos fúlvicos. Sin embargo, estos últimos por su menor peso molecular tienen ingreso fácil en raíces, tallos y hojas, realizando absorción activa

(con intercambio de cationes) y pasiva (quelatación o quelación). También incrementan la permeabilidad celular, favoreciendo la absorción de nutrientes del suelo como P, N, K, Ca, y Mg.

6.6. Beneficio de los activadores metabólicos

Además de cumplir funciones de osmoprotección y transporte de cationes, los aminoácidos intervienen en procesos metabólicos fundamentales (Hildebrandt et al., 2015), destacándose:

Intervención en el proceso respiratorio: son útiles como promotores de energía y base de la síntesis enzimática en los distintos eslabones de la ruta metabólica que involucra el proceso de respiración celular. Se destacan la tirosina, la isoleucina, la arginina, la histidina y el ácido aspártico.

Eficiencia fotosintética: el aminoácido glicina interviene en la síntesis de porfirinas, moléculas proteicas pilares de la clorofila. Otros sitios estructurales del pigmento tienen en su síntesis, la intervención de la alanina, la lisina, la arginina y el ácido glutámico.

Aportes al crecimiento y producción: Se considera el papel de la leucina y la valina en la germinación de las semillas, como también de la arginina y la metionina en estimular el crecimiento de las raíces. Además, la glicina y el ácido glutámico participan para un mejor desarrollo de brotes y hojas, mientras que la prolina y la glicina contribuyen al cuajamiento de flores. La metionina, la prolina, la lisina, el ácido glutámico, la leucina y la glicina mejoran la polinización y el cuajamiento de frutos.

Intervención en la síntesis de hormonas: varios aminoácidos actúan como precursores de sustancias hormonales, por ejemplo, el triptófano de las auxinas, así como la metionina, la arginina y la lisina de las poliaminas.

6.7. Reguladores de crecimiento

Se incluyen las hormonas convencionales, las hormonas de defensa, las vitaminas y el triacontanol, que no aportan algún tipo de energía ni tienen características nutricionales, pero actúan en el desencadenamiento de reacciones metabólicas que contribuyen a mantener armonía en el crecimiento y desarrollo de órganos vegetales, como también favorecer respuestas de

plasticidad ante condiciones medioambientales adversas. Se emplean en concentraciones muy bajas (0.1 gramo por litro de agua), transportándose en la planta de manera ascendente y descendente (Borjas-Ventura *et al.*, 2020; Fahad *et al.*, 2015).

Hormonas convencionales: las auxinas participan en la formación y desarrollo de raíces laterales, el crecimiento apical de tallos, el crecimiento de frutos después de la fecundación y el retraso de la caída de hojas. Las citoquininas promueven la germinación de semillas, la brotación de yemas laterales en tallos, además del desarrollo y raleo de frutos. Las giberelinas participan en la germinación de semillas y desarrollo radicular, además de la elongación de tallos, la floración, la germinación del polen, el crecimiento de frutos y el retraso de senescencia en las plantas (Alcántara *et al.*, 2019).

Hormonas de defensa: ante situaciones medioambientales favorables, el ácido salicílico participa en el control de las tasas de fotosíntesis y transpiración, además de regular el crecimiento radicular y la floración, pero ayuda a evitar caída de flores formadas. El ácido jasmónico promueve el crecimiento de raíces, pero mantiene controlado el crecimiento de la planta y la germinación del polen en condiciones desfavorables. Los brasinoesteroides controlan el desarrollo radicular en condiciones desfavorables, participando en la elongación del tallo y desarrollo del polen después de eventos de estrés (Alcántara *et al.*, 2019; Borjas-Ventura *et al.*, 2020).

Vitaminas: tienen propiedades antioxidantes (tiamina o B1; riboflavina o B2; piridoxina o B6; ácido ascórbico o C; filoquinona o K1); hacen más eficiente el proceso respiratorio (tiamina o B1; ácido nicotínico o B3), la fotosíntesis (ácido pantoténico o B5; ácido ascórbico o C; filoquinona o K1) y, transporte de agua y nutrientes en temporadas frías (riboflavina o B2; cobalamina o B12; ácido ascórbico o C). Además, contribuyen a la regulación de crecimiento de las plantas (riboflavina o B2; ácido pantoténico o B5; ácido fólico o B9) (Bhalamurugan *et al.*, 2018; Espinosa-Antón *et al.*, 2020).

Triacanol: alcohol graso también conocido como alcohol de melisilo o alcohol miricilo, mejora la actividad fotosintética, así como el potencial de crecimiento y producción, favoreciendo la síntesis de azúcares, proteínas y hormonas (Chandra & Roychoudhury, 2020).

6.8. Conclusiones

Este capítulo destaca la importancia del empleo de moléculas especiales para prevenir y mitigar los efectos en el cultivo de papa por situaciones de estrés, bajo un panorama de variabilidad climática y las posibilidades de emplear productos que pueden mejorar la resistencia del cultivo a situaciones desfavorables, como sequías, heladas y otros eventos climáticos extremos. Se explica el funcionamiento y se proporciona recomendaciones para el uso efectivo de la urea, las nanopartículas, el silicio, moléculas osmoprotectoras, transportadores de nutrientes, activadores metabólicos y reguladores de crecimiento. En general, este capítulo proporciona información valiosa para mantener y mejorar la producción y calidad del cultivo de papa, especialmente en un contexto de cambio climático y otros desafíos ambientales.

A close-up photograph of potato leaves. One leaf on the left shows significant damage with large, irregular holes. Another leaf on the right has smaller, brownish spots. A person's finger is visible on the right side, pointing towards a small, dark insect on a stem. The background is a soft-focus green.

**PLAGAS DE
OCURRENCIA
COMÚN EN EL
FOLLAJE DE
LA PAPA**

7.

Durante las etapas de crecimiento y producción de la papa están presentes diversos insectos afectando de distinta manera el follaje de las plantas, ocasionando daños directos e indirectos que conducen a disminución de los rendimientos en temporadas de menores precipitaciones, acompañadas de incrementos de temperatura (Alyokhin et al., 2022; Kroschel et al., 2020).

De acuerdo con el hábito de alimentación en relación con el aparato bucal se identifican los masticadores como las pulgullas (*Epitrix* spp.), los minadores (*Liriomyza* spp.) y la polilla de brotes y tallos (*Tuta absoluta* o *Scrobipalpus absoluta*); los trips (*Frankliniella occidentalis*, *Thrips tabaci*) con aparato bucal raspador lamedor; aquellos que tienen estilete bicanulado para un hábito de alimentación picador chupador como los áfidos o pulgones (*Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, *Macrosiphum euphorbiae*), el lorito verde (*Empoasca* spp.), las moscas blancas (*Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci*) y el salta hojas (*Bactericera cockerelli*) (Alyokhin et al., 2022; Radcliffe & Lagnaoui, 2007).

Todas las especies tienen ciclos de vida menores de 60 días lo que permitiría teóricamente más de dos ciclos poblacionales durante las etapas activas del cultivo de papa. Sin embargo, son posibles varios ciclos superpuestos por la llegada de individuos desde otros cultivos. Entonces, hay necesidad de un monitoreo frecuente con el fin de decidir el control químico, de acuerdo con las poblaciones presentes procurando criterios técnicos respecto a las frecuencias de aplicación de insecticidas, con una rotación conveniente, al tener en cuenta los grupos químicos, el modo y el espectro de acción (Wohleb et al., 2021).

7.1. Los masticadores

7.1.1. Las pulgullas

Conocidos como las pulgullas saltonas, cucarroncitos del follaje o coquito perforador de la hoja (Figura 18a), ataca hospederos de diferentes familias de plantas, con una distribución mundial. Autores como (Alyokhin et al. (2022); Kenyon et al. (2021); Kroschel et al. (2020); Malumphy et al. (2016) y Rondon et al. (2022), han descrito los aspectos sobre la biología, cuadros de daño y estrategias de manejo de las pulgullas del género *Epitrix* (Chrysomelidae).

De acuerdo con los autores mencionados, son varias las especies de *Epitrix* presentes en cultivos de papa, como *E. parvula*, *E. subcrinita*, *E. ubaquensis*, *E. harilana* y *E. yanazara*, con un ciclo de vida de 40 - 48 días, de hábito diurno y realizando daños tempranos, durante el primer mes del cultivo desde la emergencia. Cuando las condiciones de clima son secas se observa una alta población de pequeños cucarrones ovoides convexos de 1.5 - 3 mm de longitud y coloración negra, café o marrón oscuro brillante, que saltan a cortas distancias en el follaje, por poseer patas posteriores desarrolladas.

Cuando el ataque sucede durante el crecimiento inicial de las plantas, pueden ocurrir daños notorios en los cogollos y ramas foliares adyacentes, donde hay pequeños huecos circulares, con diámetro menor de 3 mm y una cicatriz clara alrededor, notoria en el haz de la lámina foliar. Si hay más de 10 adultos en promedio, al realizar 10 pases dobles de jama en cuatro oportunidades en un transepto del cultivo, se recomienda la aplicación de un insecticida adecuado. Las hembras ponen los huevos dentro del suelo y las larvas eclosionantes en su mayor desarrollo, son blancas, transparentes o amarillentas, con tres pares de patas muy cortas, capaces de consumir raíces delgadas y estolones, además de hacer galerías superficiales o raspaduras en los tubérculos.

7.1.2. Los minadores

Los adultos son moscas pequeñas con cuerpo marrón oscuro a negro y número variable de puntos amarillos en la región dorsal del tórax (Figura 18b). La longitud del cuerpo es variable, de 2-3 mm en *Liriomyza huidobrensis*; 4-5 mm en *L. quadrata*; mayor de 6 mm en *L. brasiliensis*. Son más numerosas en tiempo seco, generalmente hacia la etapa de floración, determinándose que la captura de un promedio de 20 o más individuos mediante 10 pases dobles de jama en cuatro oportunidades, indica la necesidad de control para evitar ciclos repetitivos, los cuales duran 24-30 días, contabilizando todos los estados de la plaga (Alves et al., 2014; CABI, 2021d; GBIF, 2021a, 2021b; Kwon et al., 2018).

Las hembras con su ovopositor perforan la epidermis foliar para depositar diminutos huevos en el parénquima, quedando un punto blanco superficial. Las larvas ya eclosionadas son pequeñas, delgadas, de color blanco crema, con cabeza reducida y sin patas, las cuales por consumo de tejido

interno ocasionan minas blanquecinas cubiertas por los tejidos epidérmicos de los folíolos, que se secan rápidamente. A medida que avanza el cultivo, las lesiones son más abundantes y llegan a cubrir más de los dos tercios inferiores, pudiendo ocasionar amarillamiento de los folíolos, los cuales se secan prematuramente y pueden caer (CABI, 2021d; Kwon et al., 2018; Rondon et al., 2022).

7.1.3. La polilla de brotes y tallos

Corresponde a *Tuta absoluta* (“Preferred name”) o *Phthorimaea absoluta* o *Scrobipalpula absoluta* (Figura 18c), considerada como una plaga potencial, con mayor distribución en épocas secas, observándose al atardecer, el vuelo de pequeñas polillas con tamaño menor de 10 mm, siendo delgadas con alas anteriores dispuestas en techo cuando descansan. El color general es pardo amarillento en sus alas y una mancha dorsal oscura en el tercio inferior de cada ala. Las hembras fecundadas colocan huevos en el envés de las hojas y hacia la región de los cogollos.

A



B





Figura 18. Insectos plaga con aparato bucal masticador. A. Pulguilla (*Epidrix* sp.); B. Minador (*Liriomyza* sp.); C. Polilla de brotes y tallos (*Scrobipalpula absoluta*).

Las larvas eclosionadas en su completo desarrollo son delgadas, de longitud menor a 12 mm; color verde claro a verde más intenso, con manchas púrpura en el dorso y rosado en la parte ventral. Actúan como perforadoras de cogollos, raspando los tejidos y barrenando los sitios de crecimiento, además de introducirse en el parénquima foliar, ocasionando parches irregulares de tonalidad blanquecina, que luego se necrosan. Los gusanos también son capaces de unir las hojas afectadas con un hilo fino que secretan (Becerra et al., 1999; CABI, 2021g; García, 1986; Notz, 1992; Vargas, 2019).

7.2. Los trips

En tiempos secos y calurosos, desde la etapa de emergencia total y luego en el crecimiento activo del cultivo, se observan abundantes individuos pequeños, delgados y móviles en el envés de los folíolos, como en la región de los cogollos, midiendo 2-3 mm de longitud, con tonalidad marrón en las ninfas y café oscuro en los adultos de *Frankliniella occidentalis* o de color amarillento en ninfas y pardo oscuro en adultos de *Thrips tabaci*, con 1-2 mm de longitud (Figura 19). Las ninfas carecen de alas, mientras que los adultos poseen alas flecosas que no cubren todo el abdomen. Con su aparato bucal raspador lamedor, ocasionan muerte de células epidérmicas, en la cara inferior de los folíolos, apareciendo de manera abundante pequeñas áreas plateadas, y luego un punteado negro por el haz y brillo metálico general. Las hojas afectadas se secan prematuramente y si el ataque es en plantas jóvenes, estas quedan achaparradas (CABI, 2021c, 2021k; Kroschel et al., 2020; Reitz et al., 2020; Vincini et al., 2014).



Figura 19. Ninfas y adultos de Trips (*Trips tabaci*).

7.3. Los chupadores

Son insectos generalmente pequeños, de cuerpo blando con distintas tonalidades y dos estados dañinos los adultos y las ninfas, que con su aparato bucal picador chupador, inyectan sustancias digestivas en la planta y succionan los jugos celulares. Se los asocia con alteraciones morfológicas y cambios de coloración normal, además de su capacidad de transmitir virus (Alyokhin et al., 2022; Kroschel et al., 2020).

7.3.1. Los áfidos o pulgones

Son de cuerpo globoso, blando y coloreado, llevando en la parte dorsal posterior del cuerpo dos apéndices de forma tubular denominados cornículos o sifones. Viven en colonias, los adultos son más grandes y vivíparos, mientras que las ninfas son pequeñas, aunque sin una distinción morfológica clara entre ellos (Kroschel et al., 2020; Navarro, 2017; Simbaqueba & Cardona, 2021). La especie *Myzus persicae* (Figura 20a) ordinariamente ataca hojas inferiores de la planta y es de color verde opaco a marrón, mostrando una configuración típicamente rectangular en la región de la cabeza y la presencia de sifones típicos, y una longitud de 2 - 2.5 mm y las patas algo alargadas (CABI, 2021f). La especie *Macrosiphum euphorbiae* vive en brotes terminales y en el envés de las hojas nuevas, midiendo 4 - 4.5 mm de longitud y el color del cuerpo es verde claro a rozado con franjas verdes, siendo las patas cortas y los cornículos largos con reticulación superficial (CABI, 2021e). El áfido *Aphis gossypii* se encuentra en diferentes partes del follaje y su tamaño es menor de 2 mm, siendo de color verde y cornículos oscuros, además de patas cortas (CABI, 2021a).



Figura 20. Insectos plaga con aparato bucal chupador. **A.** Áfidos o pulgones (*Myzus persicae*); **B.** Adulto de mosca blanca.

Los áfidos transmiten varios virus en papa (Figura 21) sea de manera persistente o no persistente, según permanezcan cuando hay cambios de cutícula o mudas en los estados de desarrollo, o requiera alimentación frecuente para adquirirlos, pero el insecto los pierde rápidamente (Radcliffe & Ragsdale, 2002; Xu & Gray, 2020).

De acuerdo a Kreitinger, (2019); Kreuze et al. (2020) y Xu & Gray, (2020), se realizan las siguientes descripciones sintomatológicas.

El virus del enrollamiento o PLVR es persistente en el insecto y ocasiona disminución del tamaño general de las plantas, con un crecimiento más erecto de las hojas apicales, las cuales son ligeramente cloróticas o rojizas desde los márgenes y enrolladas hacia el haz. Las hojas bajas también se enrollan, presentando manchas o anillos necróticos y tienen consistencia acartonada.

Los virus transmitidos de manera no persistente son los del mosaico (PVY), mosaico suave (PVA), mosaico crespo (PVM) y moteado (PVS), cuyas características sintomatológicas principales son:

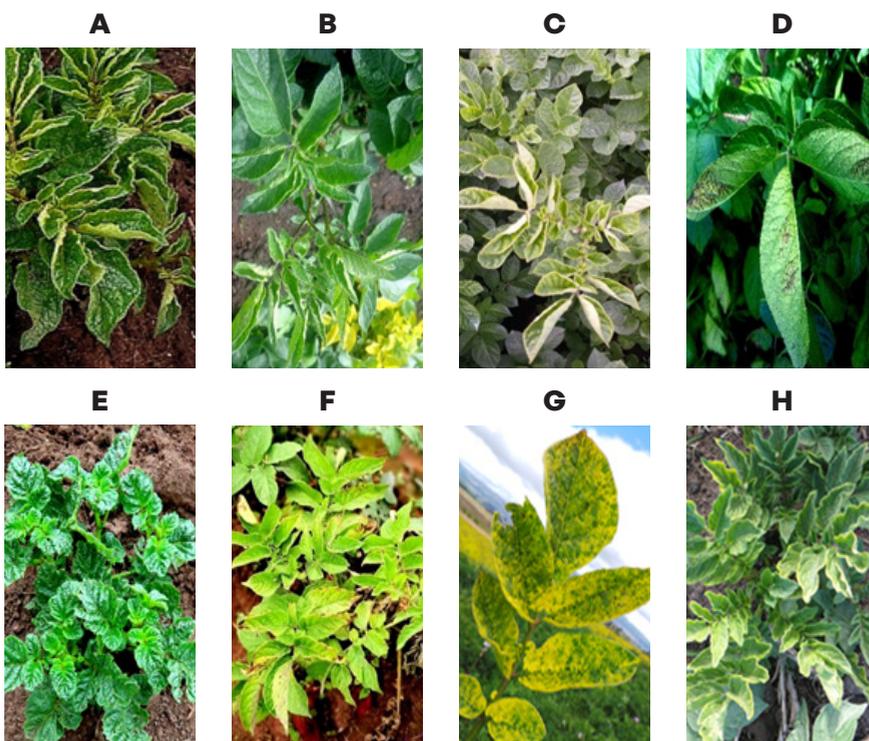
PVY: con áreas cloróticas de distinta tonalidad en las hojas (mosaico), además de necrosis de nervaduras y arrugamiento foliar.

PVA: produce moteado clorótico con áreas de distinto tamaño y márgenes foliares ondulados. Las ramas se curvan hacia afuera.

PVM: ocasionan mosaico, con enrollamiento y deformación de folíolos, además de acortamiento de entrenudos apicales.

PVS: con crecimiento abierto de ramas y las hojas son bronceadas o con un moteado clorótico bien suave, además de manchas necróticas muy pequeñas en la lámina foliar y ligero hundimiento de nervaduras.

En el cultivo de papa vale la pena mencionar el virus del mosaico rugoso o PVX, de común ocurrencia, transmitido por contacto entre plantas y por semilla, pero no por insectos. Según la variante que ataca, el virus puede ocasionar moteado leve (verde claro), clorosis intervenal suave o mosaico severo. Además, hay arrugamiento en la lámina foliar, folíolos con puntas necrosadas y manchas de color café en las zonas moteadas. También llega a ocurrir retraso en el crecimiento y muerte de plantas.



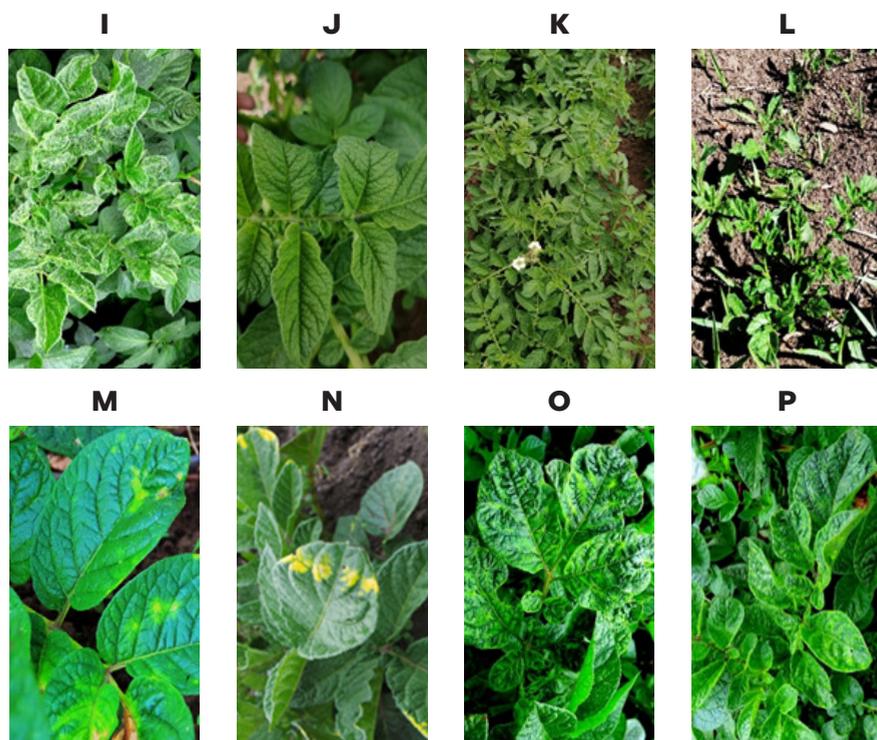


Figura 21. Síntomas de infecciones virales transmitidas por áfidos. Virus del enrollamiento PVLR (A, B, C); Virus del mosaico PVY (D, E, F, G); Virus suave PVA (H, I, J); Virus moteado PVS (K, L); Virus del mosaico rugoso PVX (M, N, O, P).

7.3.2. Las moscas blancas

La papa es hospedera de las especies *Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*, siendo la primera más frecuente en zonas de mayor altura, por lo general encima de los 2.600 metros de altitud. Su ciclo de vida es menor de 50 días y se cumple con los estados de adulto, huevo y ninfa. Cada hembra coloca hasta 200 huevos en el envés de las hojas y las ninfas recién eclosionadas son verdosas, pero luego, con los cambios de cutícula, pasan a translúcidas, estacionarias y ovoide aplanadas (Shah et al., 2022).

Los adultos son muy pequeños alados con color blanco por acumulación de polvo ceroso en el cuerpo y las alas (Figura 20b). También viven en el

envés de las hojas y son de vuelo corto. Es factible distinguir las dos especies de mosca por algunas características morfológicas en el estado adulto. En *T. vaporariorum*, la mosca mide 0.75-1.10 mm y el color del cuerpo es amarillo pálido, manteniendo una forma triangular en reposo, porque las alas se colocan horizontalmente sobre el cuerpo. Los adultos de *B. tabaci* son más pequeños (0.70-0.95 mm) y el cuerpo es amarillo oscuro manteniendo en reposo las alas paralelas al cuerpo, formando un techo (CABI, 2021b, 2021j; Shah et al., 2022).

Ambas especies son vectores del virus que ocasiona el amarillamiento de venas (PYVV), sintomatología que se muestra en la Figura 22, las partículas virales son transmitidas de manera semipersistente, es decir, que el insecto pierde la capacidad transmisora con las mudas o cambios de cutícula, necesitando alimentarse de plantas enfermas para adquirirlo nuevamente.

En las plantas que adquieren el virus, se presenta inicialmente una clorosis de venas desde folíolos apicales y luego un amarillamiento de los espacios intervenales, más pronunciado en tercio medio de la planta, empezando generalmente por los bordes de los folíolos. Al final, únicamente quedan verdes los espacios adyacentes a las nervaduras principales derivadas del nervio central en la lámina foliar (Barragan & Guzmán-Barney, 2014; Cuadros et al., 2017; Kroschel et al., 2020; Shah et al., 2022; Wintermantel, 2009).





Figura 22. Diferentes niveles de severidad del Virus del amarillamiento de venas PYVV transmitido por las moscas blancas (*Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*).

7.3.3. El lorito verde

En los tiempos actuales se viene observando incremento poblacional de esta plaga, representado por varias especies de *Empoasca*, principalmente *E. kraemeri*, *E. batatae* y *E. fabalis*, dadas las frecuentes condiciones prolongadas de sequía, acompañada de ligeras lluvias. En las plantas se observan con más frecuencia las ninfas, que son de distintos tamaños, cuerpo elipsoidal y tonalidad desde el verde blanquecino al verde amarillamiento. Ellas caminan lateralmente, pasando del haz al envés de los folíolos. Los adultos también se mueven como las ninfas, pero son capaces de saltar por poseer patas posteriores alargadas y tienen un color verde con alas que también les permite volar de planta a planta cuando son molestados. Su tamaño es de 2.4 - 3 mm de longitud por 0.75 mm de ancho (Chasen et al., 2014; Lamp et al., 1994; Rocha de Souza et al., 2019; Taylor & Shields, 2018).

Adultos y ninfas se alimentan en el envés de los folíolos, inyectando enzimas digestivas y toxinas, lo que conduce a la aparición de pequeñas manchas blancas en el haz, encrespamiento del limbo foliar hacia abajo y necrosis de bordes foliares, además de reducción del tamaño general en ataques tempranos de poblaciones abundantes (DeLay et al., 2012).

7.4. Conclusiones

Este capítulo es una guía útil para la identificación y manejo de las principales plagas de ocurrencia común en el follaje de la papa, especificando cuadros de daño y ciclos biológicos. Los insectos fitófagos descritos en este apartado se agrupan de acuerdo con sus hábitos alimenticios en función a su aparato bucal, comenzando con aquellos denominados como masticadores en donde se incluyen miembros de los órdenes Coleoptera, Diptera y Lepidoptera, en seguida se describen las especies de trips, finalizando con los denominados chupadores los cuales se caracterizan por su capacidad vectora de agentes virales, en donde sobresalen especies de hemípteros conocidos comúnmente como áfidos o pulgones, moscas blancas o palomillas y el lorito verde.



**EL PANORAMA
ACTUAL SOBRE LA
PUNTA MORADA**

8.

La punta morada es mencionada desde aproximadamente 20 años en el departamento de Nariño y por más de 30 años en el norte de Ecuador, considerándose como una afección de baja incidencia y dispersión errática, que de acuerdo con Bagheri & Babaei (2020), usualmente es confundida con el virus del enrollamiento (PLVR) y la costra negra ocasionada por el hongo *Rhizoctonia solani*. La sintomatología general según Castillo-Carrillo, (2019a); Kumari et al., (2019), se caracteriza por: brotes apicales con foliolos rizados, dirigidos hacia arriba y enrollados hacia el haz, siendo inicialmente amarillentos y luego rojizos o morados; retorcimiento de tallos y ramas con hinchamientos de nudos; presencia ocasional de tubérculos aéreos que se disponen en las axilas de las hojas compuestas; bajo rendimiento y reducción del tamaño en los tubérculos, los cuales presentan malformaciones (muñequero) (Figura 23).

La hipótesis sobre la participación de un agente casual tipo fitoplasma, fue confirmada por reproducción de síntomas en plantas provenientes de tubérculos subterráneos y aéreos de individuos enfermos y mediante pruebas de injertación por unión de tallos. Sin embargo, no fue posible hacer transmisión por insectos, al no haber poblaciones epidemiológicamente efectivas entre cicadélidos presentes en papa de los géneros *Empoasca* y *Macrostelus*, que conforme a lo expuesto por Munyaneza, (2010) y Oppedisano et al. (2022) son insectos que además de ocasionar daños por alimentación, son importantes vectores de fitoplasmas, ocasionando graves epidemias de la enfermedad punta morada de la papa.

Desde el año 2017 en Ecuador (Castillo-Carrillo, 2019b) y 2018 en el municipio de Carlosama, Nariño (ICA, 2021), se registra la presencia de saltahojas. *Bactericera cockerelli* (sinónimo *Paratrioza cockerelli*) y la difusión extensiva de la punta morada, con una sintomatología general relacionada con fitoplasmas, pero además hay enanismo de plantas, pardeamiento interno de la médula en los tubérculos y rayas oscuras al freírlos en hojuelas, además de reducción significativa de rendimientos y alargamiento unilateral de los tubérculos, que, al colocarlos a brotar, emiten exceso de filamentos blanquecinos, los cuales se secan rápidamente. Esto permite pensar en la presencia de la bacteria fastidiosa '*Candidatus Liberibacter solanacearum*' transmitida en otras latitudes por el insecto mencionado (Caicedo et al., 2020; Vereijssen, 2020).

8.1. Relación del insecto con la bacteria

La bacteria fastidiosa es transmitida por el insecto de manera persistente y transovárica, es decir de por vida y a través de los huevos. Se requiere más de una hora de alimentación del insecto con su aparato bucal en contacto con el floema, para adquirir la bacteria alojada allí, observándose células bacilares de cuatro micras de longitud y 0.8 micras de diámetro. Una vez adquirida parece haber un periodo de latencia mayor de 10 días, para que el insecto tenga la capacidad de hacer la transmisión, tanto en papa criolla y guata, como en otras solanáceas hospederas como son: tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*), ají (*Solanum spp.*), berenjena (*Solanum melongena*), uvilla (*Physalis floridana*), tomate de árbol (*Solanum betaceum*), hierba mora (*Solanum nigrum*) y chamico (*Datura stramonium*), que en principio manifiestan brotes amarillos y luego morados (Munyaneza, 2012; Sengoda et al., 2014; Teresani et al., 2015; Vereijssen, 2020).

8.2. Conocimiento del vector

Los aspectos abordados acerca del insecto vector, tienen como referencia lo manifestado por autores como Butler & Trumble, (2012); CABI, (2022); Jácome-Mogro et al. (2022) y Wan et al. (2020).

El salta hojas *Bactericera cockerelli* también denominado pulgón saltador o el psílido del tomate y la papa, cumple un ciclo de vida entre 30 y 40 días descrito en la figura 24, a través de los estados de huevo, ninfa (Figura 23a), y adulto (Figura 23b), siendo más prolongado en las hembras y en lugares de mayor altura, adaptándose por encima de 3000 metros de altitud. Cada hembra llega a ovopositar hasta 1300 huevos con una sobrevivencia del 60% y un periodo de incubación de 5-8 días. Son perceptibles en los bordes de los foliolos y en su cara inferior, siendo fijados sobre un filamento delgado. Su forma es ovoide y el color amarillo anaranjado brillante.

El estado ninfal se cumple entre 18 y 24 días, con una sobrevivencia de 47.3 % y cinco estados ninfales, observándose individuos estacionarios o con escasa movilidad, ovals aplanados como conchas o tortuguitas, siendo rodeados de una cera blanquecina que secretan. Las ninfas muestran características distintivas de acuerdo con el instar:

Primero: recién salidas del huevo, las ninfas tienen color anaranjado y las divisiones del cuerpo no son definidas.

Segundo: ya se observan las divisiones entre cabeza, tórax y abdomen, siendo el color anaranjado amarillento.

Tercero: las regiones de la cabeza y el abdomen son amarillas, mientras que la del tórax tiene tonalidad amarillo-verdosa. Se ven bien los ojos rojos en la cabeza y los paquetes alares a los lados de la región del tórax.

Cuarto: ya se notan las patas en formación hacia la región del tórax, cuya separación con el abdomen es bien definida. Se conserva la coloración del tercer instar.

Quinto: la cabeza y el abdomen toman un color verde claro, mientras que, en el tórax, la tonalidad es más oscura. La segmentación de las patas se define bien y los paquetes alares sobresalen del cuerpo general.

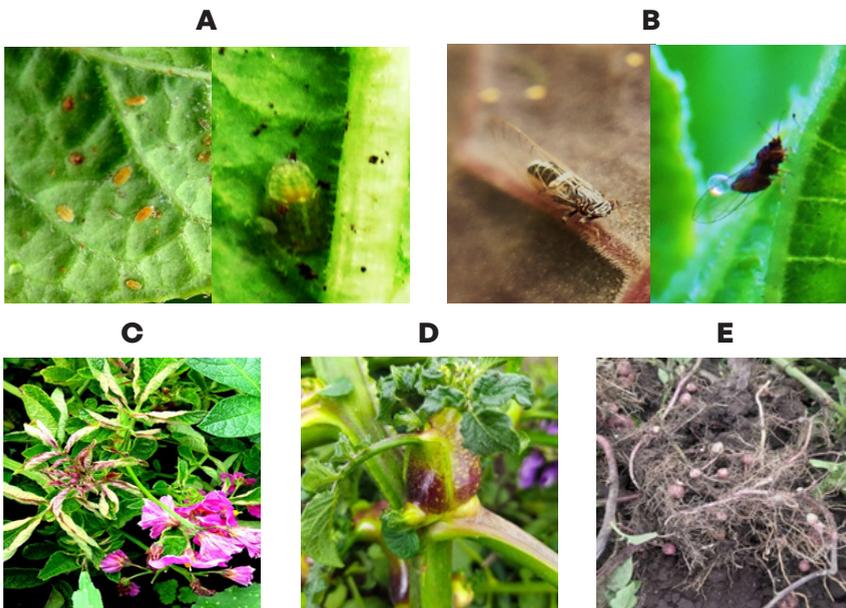




Figura 23. Ninfas (A) y adultos (B) del psílido de la papa *Bactericera cockerelli*, vector de las patologías denominadas punta morada y zebra chip. C. Planta afectadas con raquitismos, clorosis y enrojecimiento de brotes con enrollamiento foliar. D. Formación de tubérculos aéreos; E. Reducción de la producción de tubérculos, los cuales son pequeños, deformes, flácidos y con piel áspera, que manifiestan una escasa o nula brotación (F); además presentan oscurecimiento o manchado interno (G); manifestando rayados necróticos al freírlos (H).

Cuando los adultos abandonan el cascaron ninfal del quinto estado, son algo elipsoides, verde amarillento, con alas blanquecinas. Luego adquieren color café oscuro a negro, con bandas blancas o amarillas, longitudinales en la cabeza y transversales en el tórax, además de una banda blanca prominente en el abdomen. Miden aproximadamente 2.75 mm de largo y 0.80 mm de diámetro. Su cabeza es sobresaliente, con ojos grandes y cafés, además de antenas filiformes y un aparato bucal picador chupador notorio. Las alas anteriores son más largas que el cuerpo, transparentes, con escasa venación y dispuestas en techo. Los adultos se encuentran concentrados en la parte media de la planta hacia abajo, aunque en temporadas más abrigadas pueden estar presentes en el follaje más joven, pero prefiriendo más el envés de los foliolos y tienen capacidad de saltar, a veces de planta a planta (CABI, 2022).

En el estado ninfal, además de su capacidad vectorial de fitopatógenos, el insecto produce daños directos al inyectar toxinas, con evidencias entre 4 y 6 días cuando hay más de 15 ninfas por planta, si el ataque sucede antes

de la floración, ocurre raquitismo y amarillamiento foliar con envejecimiento prematuro, lo que conduce a producción de tubérculos pequeños deformes, flácidos y con piel áspera. Estos manifiestan brotación temprana y débil (Oppedisano et al., 2022).

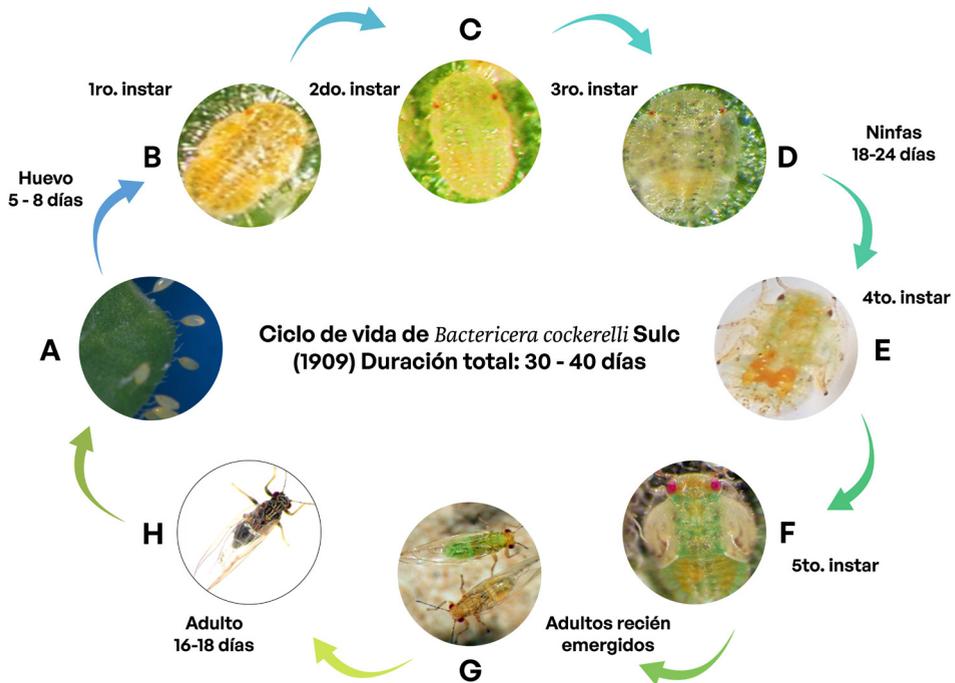


Figura 24. Ciclo de vida del psílido de la papa *Bactericera cockerelli*. (A. KBS, 2018; B; C; D; F G, H. CABI, 2022; E. Kenney, 2022).

8.3. Estrategias de manejo

Hasta el momento, se considera la ubicación de frutales de la familia Solanaceae en sectores donde la papa no sea opción agrícola importante, como también una erradicación planificada de plantas espontáneas de la misma familia que se encuentran en lugares donde el cultivo de la papa tiene tradición, además de la eliminación de las plantas renacidas de papa en los lotes cosechados, son medidas necesarias para reducir la expansión del insecto y el patógeno (Marcalla-González, 2020; Teresani et al., 2015).

A ello se suma el empleo de semilla certificada o de buena procedencia para evitar fuentes de inóculo del patógeno. Conjuntamente con las medidas de prevención, se considera necesario el uso racional de insecticidas apropiados con el fin de mantener las poblaciones de la plaga por debajo de los niveles de pérdida económica (Butler & Trumble, 2012; Douthwaite, 2020; Swisher-Grimm et al., 2020).

Sin embargo, los productores de papa deben adquirir un conocimiento conveniente respecto a las características químicas básicas y la funcionalidad de los productos, con el fin de programar una adecuada rotación de insecticidas. Las frecuencias de aplicación dependen de la presencia y difusión del saltahoja en el cultivo, por lo que se recomienda un monitoreo periódico al menos de una vez por semana, iniciando el proceso desde la brotación de la papa fuera del suelo y durante la vida activa del cultivo (Douthwaite, 2020; Prager et al., 2013).

En la emergencia se recomienda disponer en la periferia del lote y cada 20 metros, marcos de madera rectangulares de 50 x 30 cm, forrados con plástico amarillo e impregnación con un aceite claro. Inicialmente se monitorea dos veces por semana y cuando hay captura de uno o más adultos del saltahoja, se procederá a la primera aspersión de un insecticida apropiado. En la medida que se desarrolla el cultivo, semanalmente en las orillas y en el centro del cultivo, se examinan 10 hojas compuestas de la parte media de las plantas, por lugar de muestreo en cada ocasión. En el caso de encontrar algunos huevos o al menos una ninfa, se procede a realizar aspersiones de acuerdo con el plan de rotación preestablecido con un conocimiento apropiado de los insecticidas (Castillo-Carrillo & Llumi-Quinga-Hormaza, 2021; Djaman et al., 2022; Wohleb et al., 2021).

En las aspersiones se deben priorizar las moléculas efectivas contra otras plagas de la parte aérea, pero también se determinará la necesidad de usar productos que mantengan en niveles bajos de daño a las plagas del suelo, en especial el gusano blanco y las polillas.

8.4. Conclusiones

El propósito de este apartado es contribuir al conocimiento sobre la enfermedad emergente en Nariño y para el país denominada como punta morada y su agente vector el psílido de la papa *Bactericera cockerelli*. Se describe el cuadro sintomatológico de la enfermedad, los agentes infecciosos causantes, la relación con el insecto vector, del cual se detallan algunas de sus características biológicas, así como los factores relacionados con su propagación, como las condiciones climáticas y el uso inadecuado de pesticidas. Por último, se exponen las estrategias de manejo, recalcando en la importancia del monitoreo para detectar tempranamente cualquier signo de infestación para la realización oportuna de medidas preventivas o correctivas.



**APORTES AL
CONOCIMIENTO Y
MANEJO DE LAS
PLAGAS DEL SUELO**

9.

El cultivo de papa muestra vulnerabilidad a un conjunto de plagas que ocasionan daños económicos en el sistema subterráneo, encontrándose grupos de insectos, moluscos y nematodos (Betancourth *et al.*, 2020). Entre los insectos se destacan los coleópteros o cucarrones, cuyos estados larvales son los responsables de los daños más importantes, con su aparato bucal masticador, encontrándose el gusano blanco (*Premnotrypes vorax*), el tiroteador (*Naupactus* sp.) y las chisas (*Ancognatha* spp., *Astaena* sp.). También merecen atención las mariposas y polillas en su estado de gusano o larva y con un aparato bucal masticador, como lo tienen los gusanos cortadores o tierreros (*Agrotis ipsilon*) y las polillas (*Phthorimaea operculella*, *Symmetrischema tangolias*, *Tecia solanivora*).

Los áfidos de las raíces (*Rhopalosiphum* spp.), ocasionan debilitamientos notorios al succionar los jugos celulares en el sistema subterráneo de las plantas con su aparato bucal picador chupador, además de ser transmisores de virus. En el grupo de los moluscos, las babosas (*Deroceras* sp., y *Milax* sp.) llegan a ocasionar daños severos, cuando hay condiciones de alta humedad, tanto en la parte aérea como en los tubérculos. Entre los nematodos que atacan la papa, se destaca la especie *Globodera pallida*, ocasionando pérdidas económicas en sectores con altas poblaciones de quistes, existiendo dificultades reales para su manejo (Blua *et al.*, 2022; ICA, 2011; Kroschel *et al.*, 2020; Kroschel & Schaub, 2013; Pérez & Forbes, 2011; Radcliffe & Lagnaoui, 2007; Rondon *et al.*, 2022).

9.1. Cuadro de daños

Incluye las evidencias de la presencia y ataque, con un reconocimiento claro de los estados dañinos de cada plaga y las condiciones que predisponen su actuación.

9.1.1. El gusano blanco

Denominado también como el gorgojo andino de la papa (*Premnotrypes vorax*), en su estado adulto es de color gris oscuro, parecido a un pedazo de terrón, de 5-7 mm de longitud y 2-4 mm de ancho, con un pico curvo frontal que posee el aparato bucal. Independientemente de las condiciones climáticas, es atraído al cultivo por un estímulo químico de las plantas, a donde llega caminando, ante su imposibilidad para volar. Actúa en la papa desde la emergencia hasta la etapa de tuberización. Además de la papa es atraído por varias arvenses como nabo (*Raphanus raphanistrum*),

hierba mora (*Solanum nigrum*), lengüilla o rumacillo (*Rumex acetocella*) y bolsa de pastor (*Capsella bursa-pastoris*). En las noches, los cucarrones ascienden por los tallos y se alimentan de hojas, en cuyos bordes hacen cortes en forma de media luna (Bastidas et al., 2005; CABI, 2019; Torres et al., 2011).

Las hembras fecundadas colocan huevos sobre los tallos secos de gramíneas, residuos vegetales de papa o en el suelo hasta 5 cm de profundidad. De ellos salen larvas diminutas, que cambian de cutícula en su crecimiento, hasta gusanos de color blanco crema sin patas y cabeza bien diferenciada, con mandíbulas de color marrón naranja, siendo móviles, pero en descanso toman una forma de C. En su desarrollo, las larvas penetran en el suelo, alimentándose de raicillas y estolones, pero luego penetran en los tubérculos, ocasionando galerías sinuosas y profundas, donde dejan residuos de papa y excrementos sueltos, además de permanecer temporalmente dentro del tubérculo (Figura 25a) (CABI, 2019; Gallegos et al., 2012; Kroschel et al., 2017).

9.1.2. El tiroteador

Hoy se conoce como *Leschenius vulcanorum*, siendo el estado adulto de habito nocturno y corresponde a un pequeño gorgojo de color café oscuro a negro, con pico prominente; que mide 8.4 mm de largo por 3.6 mm de ancho (Figura 25b), siendo atraído mediante estímulos químicos de la papa y otros hospederos, principalmente maíz y frijol. En el día, los cucarrones se encuentran quietos debajo de terrones o a escasa profundidad cerca de las plantas y en la noche, salen a la superficie, ascendiendo por tallos y ramas, para dañar el follaje, mediante cortes en los bordes, en forma de media luna (del Río et al., 2012; del Río & Marvaldi, 2022).

Las hembras fecundadas colocan huevos en tallos secos de gramíneas o cerca a la base de las plantas en el suelo, eclosionando las larvas, que se parecen en mucho a las de gusano blanco, pero la cabeza es de tonalidad marrón oscura y las mandíbulas bien desarrolladas. Además, tienen mayor movilidad que las de *P. vorax*, pero también adoptando forma de C en descanso. En los tubérculos ocasionan orificios circulares y de poca profundidad (del Río & Marvaldi, 2022; Girón, 2020).

9.1.3. Las chisas

Tienen larga vida y en su estado adulto, corresponden a cucarrones de 2.5 cm de largo y color negro brillante (*Ancognatha scarabaeoides*) o amarillo con manchas negras (*Ancognatha vulgaris*). También hay moscardones de tamaño menor de 1.5 cm y cuerpo más delgado con color café oscuro (*Astaena* sp.). Estos insectos aparecen a inicio de las lluvias y vuelan atraídos por la luz, causando daños de menor consideración en la parte aérea de las plantas. Las hembras fecundadas depositan huevos hasta 2 cm de profundidad en el suelo y las larvas eclosionadas en su completo desarrollo tienen hasta 5 cm de longitud para *Ancognatha* spp. (Figura 25c), siendo robustas con cabeza marrón oscuro, cuerpo blanco liso y tres pares de patas bien desarrolladas. En cambio, las larvas de *Astaena* sp., corresponden a gusanos más delgados y móviles, con tamaño menor de 2.5 cm y tres pares de patas de menor longitud (Paucar-Cabrera & Ratcliffe, 2018; Restrepo-Giraldo & López-Ávila, 2000).

El desarrollo del estado larval está en función de cambios de estímulo en la parte subterránea de las plantas. Consumen raíces jóvenes y estolones, degradan la corteza de las raíces más gruesas, ocasionando raquitismo, subdesarrollo y amarillamiento de plantas, en caso de ataques severos por poblaciones altas de larvas. Además, dañan los tubérculos, realizando grandes orificios irregulares de profundidad variable (Montoya & Yepes, 2018; Palacio-Villa, 2010).

9.1.4. Los tierreros

Los adultos de *Agrotis ipsilon* son mariposas de tonalidad rojiza a gris negruzco, con una envergadura mayor de 4 cm, que en reposo tienen forma triangular y su cabeza es de color más claro. Son de hábito nocturno y atraídas por la luz, aunque durante el día se esconden en los residuos de cosechas y hojas secas (San Blas & Barrionuevo, 2013).

Las hembras fecundadas colocan huevos en el suelo o sobre residuos vegetales y las larvas que eclosionan, en su mayor crecimiento son de aspecto grasoso y miden hasta 4 cm de longitud, con cabeza café claro y cuerpo de color gris de diferentes tonos, además de pintas más oscuras (Figura 25d). Tienen hábito nocturno, permaneciendo en el día a escasa profundidad del suelo en una postura enroscada y en la noche salen a la

superficie para trozar los tallos de plantas jóvenes. La plaga tiene varios hospederos y los ataques son más severos durante temporadas secas (Olivares et al., 2017; Vignola et al., 2017).

9.1.5. Las polillas

Se consideran como la plaga más agresiva de la papa, especialmente en temporadas secas, su ciclo de vida es menor de 80 días, por lo tanto, hay máximo dos generaciones en un cultivo de papa, ocurriendo la mayor actividad durante el atardecer. De acuerdo con autores como Fu et al. (2020) y Kroschel et al. (2017; 2020) las características más importantes son:

a. *Phthorimaea operculella*

El estado adulto es delgado de 8-10 mm de longitud. Sus alas anteriores están cubiertas de escamas de color pardo, mezclado con tonalidades gris plateado y pequeñas pecas negras. Las alas en reposo se disponen en techo y en su parte basal tienen flecos con pelos (Trivedi & Rajagopal, 1992). Las hembras fecundadas colocan huevos a escasa profundidad del suelo, así como en el envés de las hojas y también en lugares de almacenamiento. Las larvas son delgadas con cabeza marrón oscuro, mientras que el resto tienen color blanco amarillento con manchas rosadas en el dorso y verdosas en el resto del cuerpo. Las larvas recién emergidas actúan como trozadores de plantas jóvenes; luego son minadores en el follaje y barrenadores de tallos, uniendo los brotes con un fino hilo. En la etapa de mayor crecimiento bajan al suelo para actuar como barrenadores de tubérculos en campo y luego en almacenamiento, dejando galerías que se dividen en el interior, con presencia de varios gusanos, que dejan sus excrementos a la entrada de los orificios (CABI, 2021f; Horváth et al., 2017; Rondon, 2020).

b. *Symmetrischema tangolias*

Las polillas adultas miden 9.6 mm de longitud con alas de color gris y manchas triangulares café oscuro, dispuestas en techo cuando están en reposo, pero carecen de pelos en el extremo basal. Las hembras ovipositan preferiblemente en brotes tiernos y en almacenamiento sobre empaques y tubérculos. Las larvas eclosionadas, cuando están desarrolladas alcanzan los 13 mm de longitud, con cabeza un poco más ancha que el cuerpo, el cual es de color blanco crema, y posee cinco franjas longitudinales rojo púrpura, siendo tres dorsales y dos laterales, mientras que la parte ventral es de tono verde intenso. Los gusanos afectan las plantas en el campo,

actuando como barrenadoras de tallos, donde dejan excrementos en la parte central. En consecuencia, hay secamiento de tallo y muerte de plantas. El mayor daño lo hacen en almacenamiento, ingresando por los ojos y formando galerías que están llenas de excremento. Las papas afectadas se arrugan completamente (Kroschel & Schaub, 2013).

c. *Tecia solanivora*

Los adultos miden 12 mm de longitud, con cuerpo delgado y alas anteriores de color pardo oscuro a gris, con líneas gruesas más oscuras, que se interrumpen en la parte media longitudinal donde hay puntos negros muy marcados. En el cultivo tienen vuelo corto rastrero y errático, localizándose en la base de las plantas o en el suelo, pero también se observan en lugares de almacenamiento. Las larvas ya desarrolladas son anilladas con 16 mm de longitud, de apariencia verde y púrpura en la longitud dorsal, pero conserva el verde en la parte central. Se caracterizan por encoger el cuerpo, atacando únicamente tubérculos en campo y almacenamiento, sobre los cuales forman capullos de seda donde se localizan cuando van a entrar en estado de pupa (Figura 25e) (CABI, 2021i; Carrillo & Torrado-León, 2013; Fu et al., 2020; Kroschel & Schaub, 2013).

9.1.6. Los áfidos de raíces

En los tiempos secos se llega a observar en la base de los tallos y en la parte subterránea de las plantas, colonias de individuos de forma globosa ovoide, cuerpo blando, en su mayoría sin alas, con un tamaño máximo de 4 mm y presentando cornículos. Hay colonias de áfidos de color verde oliva con una mancha dorsal negra al igual que la cabeza, llevando antenas bien largas (*Rhopalosiphoninus latysiphon*) (Figura 25f). También se puede observar colonias con áfidos de cabeza y cuerpo verde más oscuro, siendo menos largas las antenas (*R. rufiabdominalis*). En poblaciones altas, ocasionan secamiento de brotes, envejecimiento de raicillas y madures prematura de las plantas atacadas. Además, se involucran en la transmisión de enfermedades virales (Holman, 2008; Saguez et al., 2013; Simbaqueba & Cardona, 2021).

9.1.7. Las babosas

Tiene mayor agresividad en temporadas húmedas, observándose colonias de individuos de cuerpo liso y húmedo, forma longitudinal con un extremo más delgado, siendo la parte dorsal convexa y la ventral plana. El color puede ser de castaño claro y luego pardo grisáceo sin manchas oscuras y

un tamaño máximo de 5 cm (*Deroceras* spp.) (Figura 25g) o también gris a gris negruzco, con tamaño menor de los 5 cm (*Milax* sp.). Las babosas que alcanzan la madurez sexual son hermafroditas al producir y fecundar sus huevos, los que se depositan en racimos, blancos y transparentes, situados junto a la colonia, cuyos integrantes viven escondidos en residuos orgánicos, como también bajo terrones grandes y piedras. En las noches caminan distancias de hasta siete metros, subiendo a las plantas para producir rasgaduras longitudinales o irregulares en las hojas, además de ocasionar muerte de brotes, dejando como evidencia caminos de baba sobre los tejidos y en la superficie del suelo, de manera más notoria en las orillas de los terrenos. En los tubérculos causan heridas superficiales a manera de raspaduras o también orificios irregulares (Castellanos-González et al., 2020; Kozłowski et al., 2019).

9.1.8. Los nematodos

En el departamento de Nariño, varias regiones productoras de papa muestran alta incidencia de la especie *Globodera pallida*, que permanece por largo tiempo en el suelo gracias a la formación de quistes de tamaño menor de 1 mm, que corresponden a hembras adultas, cuya forma es globosa, con cutícula endurecida de coloración oscura, y en su interior se encuentran hasta 500 huevos (Evans & Stone, 1977; Guerrero-Guerrero, 1982; Vallejo et al., 2021).

En la etapa de emergencia de las plantas de papa el sistema radicular por medio de sus exudados, estimula el avivamiento de los quistes los cuales tienen hasta 250 huevos que en su interior permiten el desarrollo del estado larval o juvenil J1, cuyos individuos como diminutas lombrices abandonan los huevos y salen al suelo, al percibir el estímulo químico de las raicillas con cambio de cutícula pasan un segundo estado juvenil J2, el cual tiene capacidad de introducir su parte anterior en los tejidos radiculares, para succionar los líquidos celulares por medio de su aparato bucal denominado estilete. Allí, con cambios de cutícula pasan a los estados juveniles J3 y J4, para luego convertirse en adultos, siendo los machos vermiformes y las hembras globosas (Figura 25h). Estas cuando son fecundadas se llenan de huevos y la cutícula se endurece y toma un color café, para pasar al estado de quiste, que cae al suelo, persistiendo por más de 10 años en ausencia de cultivos de papa (Guerrero-Guerrero et al., 1980; Vallejo et al., 2021; Wainer & Dinh, 2021).

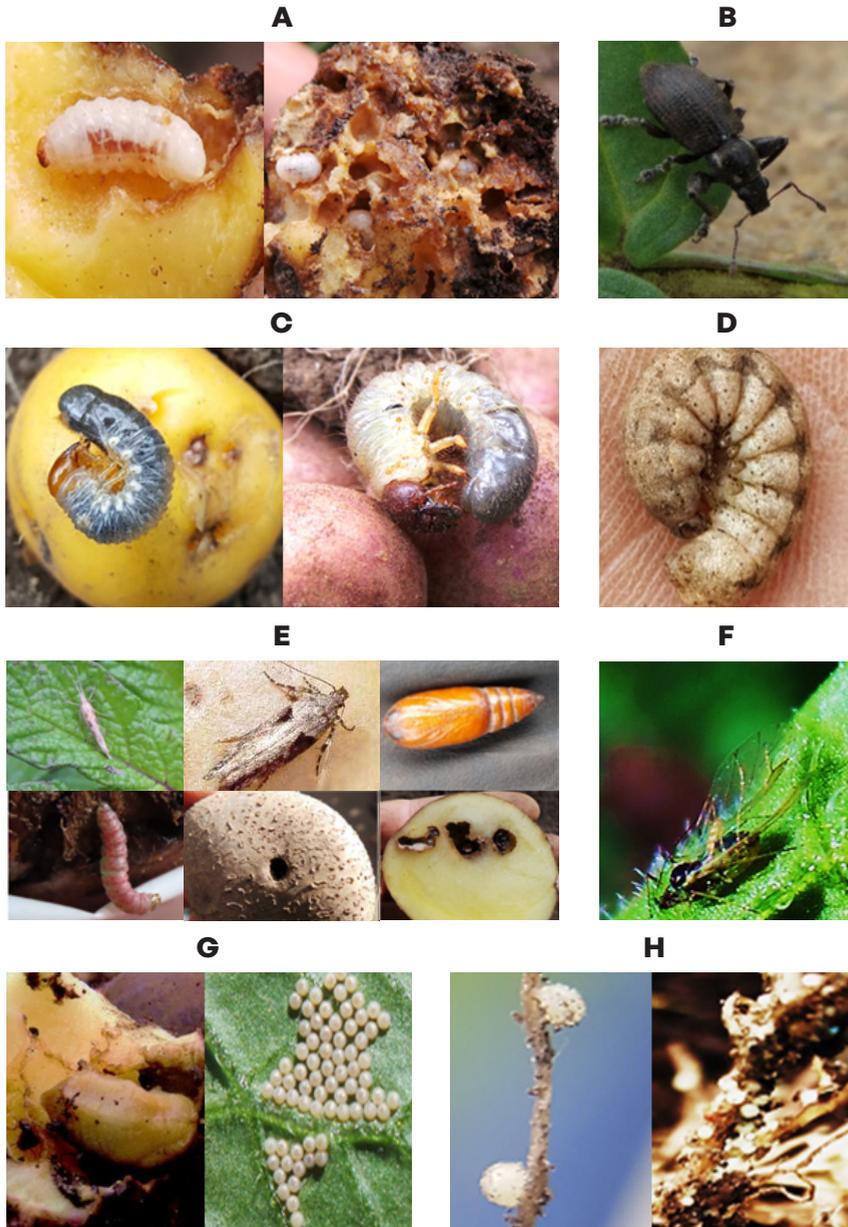


Figura 25. Plagas del suelo. **A.** Gusano blanco (*P. vorax*); **B.** Tiroteador (*L. vulcanorum*); **C.** Chizas (*Ancognatha* spp.); **D.** Tierrero (*A. ípsilon*); **E.** Polilla de la papa (*T. solanivora*); **F.** Afido de la raíz (*R. latysiphon*); **G.** Babosas (*Deroceras* spp.); y **H.** Nematodo quiste (*G. pallida*).

Cuando las poblaciones larvales en el suelo son altas, hay mutilación de los extremos radiculares y también lesiones necróticas, afectando la capacidad de absorción de agua y nutrientes, lo que influye en disminuciones significativas de los rendimientos y menor tamaño de los tubérculos (Franco-Ponce & González-Verástegui, 2011; Wainer & Dinh, 2021).

9.2. Manejo integral

Incluyen medidas culturales, etológicas, biológicas y químicas, procurando eficiencia en el control final del conjunto de plagas.

9.2.1. Medidas culturales

Realización de aporques oportunos en las etapas de desarrollo radicular activo y emisión de estolones, siendo el último aporque de mayor altura, actuando como una barrera física que dificulta el movimiento de las larvas de gusano blanco, tiroteador y polillas hacia la región de los tubérculos (Gallegos et al., 2012; Kroschel et al., 2017).

9.2.2. Medidas etológicas

Corresponden a estrategias físicas, químicas y biológicas que aglutinan o repelen determinada plaga, impidiendo una llegada al cultivo, las más recomendadas son:

Tejidos de papa envenenados: en la periferia de los lotes establecidos con papa y antes de la emergencia, cada 10 metros se disponen manojos de tejidos foliares de papa, asperjados con un insecticida y tapándolos con cartón, empaque de abono o costal de fique. Los adultos de gusano blanco y tiroteador perciben el olor a follaje y se aglutinan en los tejidos (Trujillo & Perera, 2009).

Costales húmedos y cebo: en lugares donde se observan daños de babosas o poblaciones dispersas sobre el suelo en horas de la tarde, se colocan costales viejos de fique, humedecidos y extendidos, en el centro de los empaques se dispone una pequeña cantidad de cebo compuesto por la mezcla de 10 kg de afrecho de trigo, un litro de agua, un vaso de maleza y media libra de mata babosas, triturando los gránulos. Al día siguiente se recogen las babosas para enterrarlas (Romero, 2004).

Barreras de Mashua (*Tropaeolum tuberosum*): en donde se va a establecer papa, al lote se rodea con un surco bien preparado y estableciendo con tubérculos de mashua, planificando que broten las plantas antes del cultivo de papa. Las plantas de la mashua repelen a los adultos de gusano blanco y tiroteador, impidiendo su entrada al cultivo (Claros-Cuadrado et al., 2019; Gómez Jiménez & Poveda, 2009).

Extractos vegetales: se pican bien órganos vegetales de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), menta (*Mentha* sp.) o altamisa (*Artemisia vulgaris*) para un cubrir el volumen de tejidos picados con el doble de agua hirviendo y dejar enfriar (hidrolatos) o también colocarlos en agua fría, dejando en fermentación por una semana (Purines). El líquido filtrado se emplea en dosis de un litro por bomba de 20 litros para aspersiones foliares periódicas desde los inicios de la tuberización, permitiendo enmascarar el olor de las plantas de papa y despistar a los adultos de polillas en su llegada. También tiene efecto los extractos caseros de fique (*Furcraea andina*), quinua amarga (*Chenopodium quinoa*), cujaca (*Solanum ovalifolium*) y tusara (*Phytolacca bogotensis*) ricos en saponinas para disminuir poblaciones larvales de *Globodera pallida*, en aplicaciones al suelo a la siembra, emergencia y crecimiento activo de la papa (González et al., 2003; Mossa, 2016; Rafiee Dastjerdi et al., 2013).

9.2.3. Preparados microbiales

Son útiles el Baculovirus y hongos en preparados comerciales, como también nematodos multiplicados de manera artesanal:

Baculovirus: Se recomienda una libra de producto comercial por 100 kg de papa para almacenamiento, con el fin de lograr afectar larvas de polillas, además de formar nichos de infección en el suelo cuando se siembran tubérculos inoculados (Grzywacz, 2017).

Hongos: En el comercio es posible conseguir preparados comerciales de hongos parásitos de las plagas de la papa, realizando la aspersión de esporas en el momento de la siembra. Se emplean *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* contra estados larvales de coleópteros. También se utilizan las especies *Verticillium chlamydosporium* y *Purpureocillium lilacinum* (*Paecilomyces lilacinus*) para aspersión de esporas en la siem-

bra, con el fin de reducir poblaciones larvales de *Globodera pallida* (Gaspard et al., 1990; Hajji et al., 2017).

Nematodos: Es posible la multiplicación artesanal de los nematodos *Phasmarhabditis*, *Steinernema* o *Heterorhabditis* a partir de larvas enfermas respectivamente de coleóptera y lepidóptera, para su dispersión en el campo al sembrar la papa (Campos-Herrera et al., 2020).

9.2.4. Empleo de plaguicidas

Conviene realizar aspersiones al suelo a la ejecución de los aporcados y también en las etapas de engrosamiento de tubérculos, mediante una rotación de insecticidas incluyendo aquellos de amplio espectro de acción como Thiodicarb, Acefato y Clorantraniliprol, además de Thiocyclam Hidrogenoxalato, porque se mantienen las plagas del suelo en poblaciones bajas (Blua et al., 2022; ICA, 2011). Sin embargo, queda a criterio de la parte técnica y de los mismos productores, que elijan selección de plaguicidas y los tiempos de aplicación.

9.3. Conclusiones

En referencia a este capítulo, se manifiesta información sobre el conocimiento y manejo de las plagas del suelo que afectan al cultivo de papa. Se discute una mayor vulnerabilidad del cultivo a un conjunto de plagas que ocasionan pérdidas económicas considerables al perturbar el sistema subterráneo con impacto significativo en los rendimientos del cultivo, incluyendo grupos de insectos, moluscos y nematodos. Se describen las especies, detallando características morfológicas, ciclos de vida, realizando énfasis en los estados biológicos o fases de desarrollo responsables de los daños más importantes. Además, se explican diferentes medidas culturales, etológicas, biológicas y químicas con enfoque en lograr un manejo integrado de plagas.



**EMPLEO ADECUADO
DE INSECTICIDAS**

10.

En el comercio de insumos agrícolas, es amplia la oferta de insecticidas mayormente de síntesis industrial, con moléculas de diferente composición, cuya selección depende de la plaga que se debe controlar. Entonces, se requiere de un conocimiento preciso sobre el grupo químico al que cada producto pertenece y su modo de actuación sobre uno o más puntos vulnerables en el insecto, con el fin de diseñar un plan conveniente de rotación de moléculas para evitar posibles reacciones de resistencia, cuando se emplean indiscriminadamente productos con un mismo modo de actuación, sea que se incluyan en un mismo grupo químico o en grupos con similar comportamiento (IRAC 2022b, 2022a).

Conocido el principio anterior, la información debe ser más amplia, con el objeto de conocer la movilidad de la molécula en la planta y el efecto tóxico producido sobre la plaga a controlar. También es necesario un buen conocimiento del espectro de acción, relacionado con la variabilidad de individuos y sus estados biológicos vulnerables, con el fin de hacer un manejo más integral de las plagas actuantes.

Es un deber de todo productor conocer las incompatibilidades que el grupo químico o las formulaciones de presentación que tienen sus moléculas, a fin de evitar efectos tóxicos o pérdida de eficacia cuando se realizan mezclas en tanque de distintos productos incluyendo distintos insecticidas, plaguicidas contra patógenos, fertilizantes foliares, etc. Así mismo, el principio ético es necesario, cuando se emplean moléculas o combinaciones de ellas, con efectos tóxicos sobre insectos benéficos sean enemigos naturales de las mismas plagas o polinizadores.

En este contexto, se presenta una guía para fortalecer el conocimiento de los productores acerca del empleo de insecticidas en el cultivo de la papa, teniendo como referencia fundamentos expuestos por autores como Blua et al. (2022); Burke, (2017); IRAC, (2022b, 2022a); Kroschel et al. (2020); Perveen, (2012) y Wenninger et al. (2020).

10.1. Características generales

10.1.1. Modo de actuación o acción

Los insecticidas pueden ocasionar afectación del desarrollo, del sistema

nervioso y de la respiración, lo que permite un conocimiento fundamental de los grupos químicos actuantes:

Afectación del desarrollo

El producto interfiere en procesos vitales para un cumplimiento normal del ciclo de vida. Se tienen los siguientes grupos químicos.

Difenil éter: inhibe el crecimiento de la plaga al suprimir el desarrollo del huevo (embriogénesis), las mudas en las ninfas y la fecundidad de los adultos.

Benzoilureas: se recomienda para inhibir la producción de quitina, al interferir en el transporte de sus precursores impidiendo las mudas o cambios de cutícula en los instares larvales de mariposas y polillas (Lepidóptera) o instares ninfales de algunos chupadores (Hemíptera).

Atrazina: afecta la hormona de crecimiento en larvas y pupas principalmente de moscas (*Diptera*) (*inhibiendo la síntesis de quitina*).

Diacil hidracida: imita la hormona natural que induce la muda en la fase larval de lepidóptera, por lo que los cambios de cutícula ocurren prematuramente, cesando la alimentación, lo que conduce a la muerte.

Ketoenoles (Cetoenoles): inhiben la enzima acetil coenzima A carboxilasa, afectando la síntesis de lípidos, por lo que se impide la división celular. Además, hay alteración de la producción hormonal que coordina las mudas en chupadores (Hemiptera), trips (Thysanoptera) y nematodos, impidiéndose el desarrollo.

Afectación del sistema nervioso

Los insecticidas interfieren en los receptores de membranas celulares, en el neurotransmisor principal Acetil Colina o en la enzima que regula su producción, generándose un colapso en las respuestas que se originan por los impulsos nerviosos. La mayoría de los insecticidas se ubican en este grupo y son:

Sulfoximina: simula a los receptores nicotínicos de membrana, lo que conduce a la formación de acetil colina sin control, alterándose el sistema nervioso central.

Neonicotinoides y Butenolidos: bloquean los receptores nicotínicos de la membrana, fallando la producción de la acetilcolinesterasa, para producir un desorden en la transmisión de impulsos nerviosos.

Carbamatos y organofosforados: inhiben la enzima acetilcolinesterasa que regula la producción del neurotransmisor, acetilcolina. Sin la enzima, esta molécula se acumula y altera el funcionamiento normal de los impulsos nerviosos.

Análogo de la nereistoxinas: actúan por interferencia directa del acetil colina, por lo que se impide la transmisión de impulsos entre las células nerviosas, por que se para la síntesis de dicho neurotransmisor.

Piretroides: desestabilizan los canales de sodio de las membranas celulares, obstruyéndose el movimiento de este elemento y por lo tanto el funcionamiento de los sistemas nervioso central y periférico.

Fenil-pirazoles: ocasionan interferencia en el receptor ácido gamma aminobutírico (GABA), alterando la disfunción normal del ion cloruro en las membranas, lo que afecta la transmisión de impulsos entre las células nerviosas.

Avermectinas: estimulan la liberación de GABA y su enlace en los terminales nerviosos, ocurriendo incremento del ion cloruro y su conducción por las membranas, lo que lleva a una inhibición de señales transmisores de impulsos nerviosos.

Diamidas antranílicas: activan los canales del compuesto proteico rianodina que modula la liberación de calcio, para permitir la contracción muscular. Esto conduce a un agotamiento de las reservas internas de dicho elemento en los músculos, impidiendo su contracción.

Afectación del proceso respiratorio

Hay insecticidas que interfieren en la producción de energía a nivel celular o impiden la entrada directa de aire por obstrucción física. Los insecticidas son:

Pirroles (Pirazoles): desacoplan el proceso de fosforilación oxidativa que ocurre en la membrana mitocondrial, inhibiendo la síntesis de ATP y, por lo tanto, la obtención de energía.

Aceites vegetales: generalmente son ésteres de ácidos grasos con glicerol, que forman una cubierta lipídica sobre insectos y ácaros, impidiendo intercambio gaseoso, al obstruir los orificios externos del cuerpo, responsables de la respiración normal.

Jabones potásicos: taponan los poros externos, además de limpiar la cubierta externa y ejercer efecto abrasivo, dejando el insecto expuesto a la acción de factores climáticos desfavorables.

10.1.2. Movilidad

Se pueden dar dos casos generales:

Productos no translocables

Se localizan sobre las plagas presentes y los tejidos externos de las plantas, sin penetrar a través de estos. Los productos con esta condición requieren que la plaga este en los tejidos o haya consumo de estos o alimentación de fluidos superficiales.

Productos translocables

Una vez que llega a los tejidos externos, el producto es capaz de penetración activa a través de ellos y en el interior de las plantas tiene movimiento:

Translimitar: El insecticida se absorbe a través de la epidermis de las hojas y se localiza en los espacios intercelulares (movimiento apoplástico) o en el interior de las células (movimiento simplástico).

Sistémico: Una vez en el interior de la planta el ingrediente activo se mueve por los vasos conductores (haces vasculares) sea hacia arriba por el xilema (movimiento acropétalo) y/o hacia abajo por el floema (movimiento besipétalo).

10.1.3. Efecto tóxico

Cuando se aplican los plaguicidas, estos pueden actuar sobre las plagas principalmente por dos maneras:

Por contacto: El producto penetra a través del tegumento de las plagas, las cuales deben estar presentes en el suelo o en los tejidos de las plantas, ocasionando alteración del sistema nervioso y posteriormente la muerte.

Por ingestión: El ingrediente activo es llevado al interior de la plaga a través de la alimentación en los tejidos que reciben el plaguicida asperjado, sea por consumo o mediante succión de la savia. El efecto se da en el sistema digestivo y, por lo tanto, la acción es estomacal.

10.2. Identificación de los principales insecticidas

Se incluye una clasificación tentativa con los grupos químicos y sus ingredientes activos, además de algunos nombres comerciales. También se menciona la translocabilidad, el efecto tóxico y el espectro de acción.

10.2.1. Insecticidas no translocables de contacto

Se incluyen los aceites vegetales de los triglicéridos y los jabones potásicos (ésteres de ácidos grasos) contra insectos de cuerpo blando (amplio espectro de acción) y compatibles con la mayoría de los plaguicidas.

10.2.2. Insecticidas no translocables de contacto e ingestión

Se cuenta con un buen número de insecticidas incluidos en los siguientes grupos químicos:

Benzoilureas: los productos más conocidos que inhiben la síntesis de quitina en larvas de lepidoptera son Teflubenzuron (Dart®, Nomolt®), Diflubenzuron (Dimelin®) y Lufernuron (Trust®, Match®). También se presta atención a la molécula Flufenoxuron (Cascade®, Morse®) contra estados ninfales de ácaros y del salta hojas de la papa, así como Triflumuron (Triflumatic48®, Starycide®, Alsystin®), que actúa sobre estados larvales de lepidópteros, dípteros y coleópteros, además de inhibir producción de quitina en ninfas de *Bactericera cockerelli*.

Organofosforados: se incluyen el Clorpirifos (Lorsban®, Niferex®, Nufos®, Pirfos®, Ráfaga®, Trapper®) y Fentoato (Fentopen®), este último también con efecto gasificante. Su espectro de acción es amplio, siendo más empleados contra larvas de lepidoptera y coleoptera, presentes sobre tejidos vegetales o en el suelo.

Espinosina: a este grupo químico pertenece el Spinosad (Succes®, Tracer®), efectivo contra larvas de lepidóptera, afectando también trips.

Piretroides: tienen el mismo espectro que los organofosforados, además de mostrar algún efecto sobre áfidos. Sus ingredientes activos más comunes son: Cipermetrina (Arrivo®, Ciperex®, Rambler®, Sherpa®), Alfacipermetrina (Fastac®), Ciflutrina (Baytrord®), Permetrina (Pirestar®), Deltametrina (Decis®, Dentrin®), Lambda-cihalotrina (Golpe®, Koyote®, Athrin®, Karate®) y Etofenprox (Trebón®, Vectron®).

Fenil Pirazoles: el grupo químico está representado por la molécula Fipronil (Katrom®, Regent®, Cazador®) con amplio rango de hospederos, afectando especialmente chupadores, trips, pulguitas, además de larvas y adultos de varias especies de coleóptera, como también larvas de lepidóptera.

10.2.3. Insecticidas traslaminares de contacto e ingestión

Se consideran los siguientes grupos químicos:

Derivados de la piridina (Fenil éter): con el ingrediente activo Piri-proxifen (Epingle®, Raid®, Admiral®, Atominal®, Alazin®), recomendado contra chupadores, trips, minadores y aun larvas de coleópteros.

Organofosforados: se incluye el insecticida Profenofos (Curacron®, Lancero®, Profenocron®) útil contra minadores y áfidos, como también larvas de lepidópteros, además de tener acción ovicida.

Pirroles (Pirazoles): grupo representado por Clorfenapir (Sunfire®, Mitipyr®), que actúa contra larvas de lepidópteros, minadores y trips, además de algún efecto acaricida.

10.2.4. Insecticida traslaminar sistémico de ingestión

Se ubica el grupo químico Triazina con la molécula Ciromazina (Cyromax®, Premier®, Trigard®, Cohete®) que actúa contra larvas minadoras de dípteros, impidiendo los cambios de cutícula, lo que no permite al insecto completar su ciclo de vida. Al parecer actúa contra huevos de ácaros por contacto.

10.2.5. Insecticidas sistémicos de ingestión

Los grupos incluidos corresponden a:

Diacil hidracida: con el ingrediente activo Metoxi-fenozida (Intrepid®) que se mueve por el xilema y actúa por ingestión contra larvas de lepidópteros, aunque se ha determinado algún efecto por contacto.

Cetoenoles: con el ingrediente activo Spirotetramat (Movento®) que tiene movimiento sistémico bidireccional, actuando sobre chupadores, incluido el salta hojas.

10.2.6. Insecticidas sistémicos de contacto e ingestión

Se encuentran los siguientes grupos químicos:

Carbamatos: se incluye la molécula Thiodicarb (Larvin®, Semevin®, Predom®), actuando contra la mayoría de los insectos plaga de lepidópteros y coleópteros, además de algunas de hemípteros y dípteros, también de su acción molusquicida y con capacidad de reducir la viabilidad de huevos. Así mismo, se incluye el Metomil (Lannate®, Methavin®) contra chupadores, trips, minadores, comedores de follaje de los órdenes lepidópteros y coleópteros, además tener acción ovicida y algún efecto nematicida.

Organofosforados: incluye los productos Dimetoato (Roxion®, Sistemín®, Sistoato®) actuando contra insectos y ácaros; Metamidofos (Monitor®, Nadir®) con absorción vía radicular y foliar contra insectos y ácaros; Acefato (Magestic®, Orthene®, que se absorbe por raíces y translocables hacia arriba, contra insectos y sinfílidos. Los insectos más afectados son chupadores, minadores y larvas de lepidópteros.

Análogo de nereistoxinas: grupo químico que incluye Thiocyclam hidrogenoxalato (Evisect®, Nerisect®), eficaz contra trips, chupadores, minadores y larvas de lepidópteros.

10.2.7. Insecticidas translaminares sistémicos de contacto e ingestión

Los grupos representantes son los siguientes:

Neonicotinoides: Tienen los ingredientes activos Imidacloprid (Danadim®, Confidor®, Buggy®, Imidogen®, Relevo®, Silver®, Sofarin®, Jade®, Cigalar®), Thiacloprid (Calypso®), Tiametoxam (Actara®, Cruiser®) y Acetamiprid (Rescate®, Wizard®), afectando principalmente a chupadores, trips y minadores, además de ejercer control de larvas de coleópteros y lepidópteros.

Butenolidos: Se incluye la molécula Flupiradifurona (Sivanto®, Prime®) contra chupadores y trips, absorbido por hojas y tallos después de la aplicación foliar o vía radicular al ser aplicados al suelo. Tiene movimiento por el xilema y translaminarmente distribuido en células adyacentes.

Sulfoximina: con el ingrediente activo Isoclast o Sulfoxaflor (Closer®, Toretto®, Target®), utilizado principalmente contra plagas de hábito alimentario picador chupador.

Avermectinas: la molécula Abamectina (Abasac®, Abamex®, Avoid®, Helmectina®, Vertimec®, Catombe®) es efectiva contra minadores y larvas de lepidóptera, además de controlar los estados inmaduros de ácaros. Se reporta alguna acción contra nematodos.

Diamidas Antranizicas: con los insecticidas Clorantraniliprol (Coragen®) y Cyantraniliprol (Preza®), efectivos contra larvas de lepidóptera, larvas y adultos de coleóptera, trips y minadores, además de alguna acción contra chupadores.

10.3. Conclusiones

En este capítulo se provee una guía para la utilización correcta de insecticidas en la producción del cultivo de papa. Se resalta la importancia de conocer los diferentes grupos químicos a los que pertenecen los insecticidas y su modo de actuación sobre las plagas objetivo, con el fin de diseñar un plan conveniente para la rotación de moléculas para mitigar el riesgo de aparición de poblaciones de fitófagos con resistencia a los insecticidas. En este mismo sentido, se señala la importancia de un uso responsable y más sostenible de los insecticidas, combinando diferentes métodos como el uso de productos naturales y biológicos, trampas y barreras físicas. En el desarrollo de este capítulo se expone características los principales insecticidas usados en la región, como su translocabilidad, modos, mecanismos y espectro de acción, proponiendo una clasificación tentativa con los grupos químicos sus ingredientes activos, incluyendo algunos nombres comerciales.



**IDENTIFICACIÓN Y
MANEJO DE LAS
PRINCIPALES
ENFERMEDADES**

11.

Las afectaciones patogénicas siempre han sido objeto de atención por parte de los productores cuando su distribución es generalizada en los sectores paperos y las características de severidad pueden conducir a pérdidas económicas. Es el caso de la gota (*Phytophthora infestans*) y la cenicilla (*Erysiphe cichoracearum*) en la parte aérea de la planta, como también la costra negra (*Rhizoctonia solani*), la sarna polvosa (*Spongospora subterranea*) y la sarna común (*Streptomyces* spp.) atacando el sistema subterráneo de la papa. Sin embargo, es conveniente un conocimiento más adecuado respecto al correcto diagnóstico de campo, las condiciones medioambientales que predisponen su presencia y diseminación, las características de persistencia de los agentes causales y las estrategias factibles de manejo. Dichas apreciaciones también son válidas para otras enfermedades de presencia y severidad restringidas a ambientes más específicos como son: el tizón temprano (*Alternaria* spp.) y la roya (*Puccinia pittieriana*) de manifestación en el sistema foliar, además de la mortaja (*Rosellinia* sp.), la marchitez (*Verticillium* spp.), la pudrición seca (*Fusarium* spp.), la madurez prematura (*Pythium* sp.) y la pata negra (*Pectobacterium atrosepticum*), afectando la parte subterránea y basal de los tallos (Adolf et al., 2020; Betancourth et al., 2020; Charkowski et al., 2020; Kuznetsova et al., 2018; Latorre, 2018).

Es conveniente el conocimiento y aplicación de medidas de manejo factibles de carácter técnico y económicamente viables de realizar por parte de los productores. Entre estas, el empleo de plaguicidas se constituye en la medida necesaria, por lo que se debe profundizar en los aspectos que permiten un empleo seguro y eficaz.

11.1. Enfermedades de la parte aérea

11.1.1. Por Oomycetes

En el grupo de los Oomycetes, se incluye la gota o tizón tardío cuyo agente causal es *Phytophthora infestans*, mereciendo atención especial, por la agresividad del ataque una vez presente en el cultivo (Adolf et al., 2020; Contreras & Castro., 2011).

Cuadro sintomatológico: cuando las condiciones climáticas son favorables, la afección se presenta desde la emergencia de las plantas y progresa

rápidamente, con dispersión progresiva hasta cubrir todo el cultivo. En los foliolos aparecen lesiones húmedas de color verde intenso, generalmente en los bordes de la lámina foliar, que pronto se necrosan, adquiriendo una tonalidad parda y con un halo clorótico alrededor de las manchas. En el envés aparece un moho veloso blanquecino rodeando las lesiones, las cuales cada vez son más numerosas y extensivas, hasta producir muerte de hojas. Simultáneamente ocurren manchas necróticas oscuras, húmedas y extensivas en ramas y tallos, con quebramiento de los tejidos afectados (Figura 26a). Los tubérculos en el suelo también llegan a ser dañados, siendo oscuros, húmedos y endurecidos, con una pudrición corchosa café oscuro debajo de la piel (Acuña & Bravo, 2019; Termorshuizen, 2007).

Condiciones de predisposición: los periodos lluviosos y calurosos (temperaturas de 11-25°C) y una humedad alta del aire al menos por 10 horas más una humedad de superficie en los folios por más de 5 horas, permiten un progreso rápido de la enfermedad de los focos iniciales de infección. En dichas condiciones ocurren periodos más cortos de reinfección (5-7 días) en los genotipos altamente susceptibles, pero en aquellos con manifestaciones estables de tolerancia hay progreso más lento (7-10 días) y severidad menor (Adolf et al., 2020; Arora et al., 2014).

Control químico: al iniciar las temporadas lluviosas, conviene iniciar con plaguicidas protectantes, pero al determinarse las lesiones iniciales se sugiere el empleo de aquellos con translocabilidad en la planta, planeando una rotación adecuada de productos y mezclas, además de determinar el efecto sobre el patógeno.

11.1.2. Por hongos

Se incluye el tizón temprano (*Alternaria* spp.), la roya (*Puccinia pittieriana*) y la cenicilla (*Erysiphe cichoracearum*) (Contreras & Castro., 2011).

11.1.2.1. Cuadro sintomatológico

Tizón temprano: se determina desde la formación de los primeros brotes florales, hasta la etapa de desarrollo de los tubérculos, ocurriendo inicialmente en la parte bajera de las plantas y con progreso ascendente. En los espacios entre las nervaduras más grandes de los folios aparecen lesiones necróticas pequeñas de color pardo oscuro y creciendo en anillos concén-

tricos, con clorosis alrededor y la presencia de un moho polvoso oscuro en el envés de las manchas que se unen, ocasionando amarillamiento y secamiento de hojas, las que quedan colgando (Figura 26b). También hay lesiones longitudinales oscuras y hundidas en peciolo y tallos, generalmente con quebramientos. En los tubérculos las lesiones son redondas e irregulares, oscuras, hundidas y con bordes levantados (Adolf et al., 2020; Kemmitt, 2002; Tsedaley, 2014).

Roya: afecta plantas de genotipos vulnerables, desde el estado joven, apareciendo pequeñas lesiones amarillentas, circulares y hundidas en la cara superior de las hojas, mientras que en el envés hay pústulas polvosas de color rojizo anaranjado a café, observándose también en los peciolo. Por incremento y unión de pústulas, ocurre secamiento alrededor de ellas y amarillamiento foliar generalizado (Figura 26c) (Adolf et al., 2020; EFSA Panel on Plant Health (PLH) et al., 2017; Latorre, 2018).

Cenicilla: es más incidente desde los inicios en la etapa de tuberización, cuando sobre o en el envés de los folíolos, en peciolo, ramas y tallos aparecen masas polvosas de color blanco a ceniza, que se vuelven extensivas, para ocasionar oscurecimiento de los tejidos invadidos y envejecimiento de órganos aéreos, llevando a estados prematuros de madurez y secamiento de las plantas (Figura 26d) (Adolf et al., 2020; Latorre, 2018).

Condiciones de predisposición

Las temporadas húmedas prolongadas favorecen el progreso del tizón temprano que en sectores de menor altura es ocasionado por *Alternaria solani*, mientras que, en condiciones más frías, puede estar presente la especie *Alternaria brassicae*. La alternancia de tiempos secos y húmedos en sectores paperos con alturas mayores de 2850 metros de altitud condiciona un ambiente favorable para el progreso de la roya. La cenicilla se constituye como una enfermedad destructiva en tiempo seco, con temperaturas variables, determinándose diferencias en la agresividad de la afección dependiendo del genotipo cultivado, por lo que puede ocurrir progreso lento, moderado o rápido de la enfermedad (Adolf et al., 2020; Latorre, 2018; Termorshuizen, 2007).

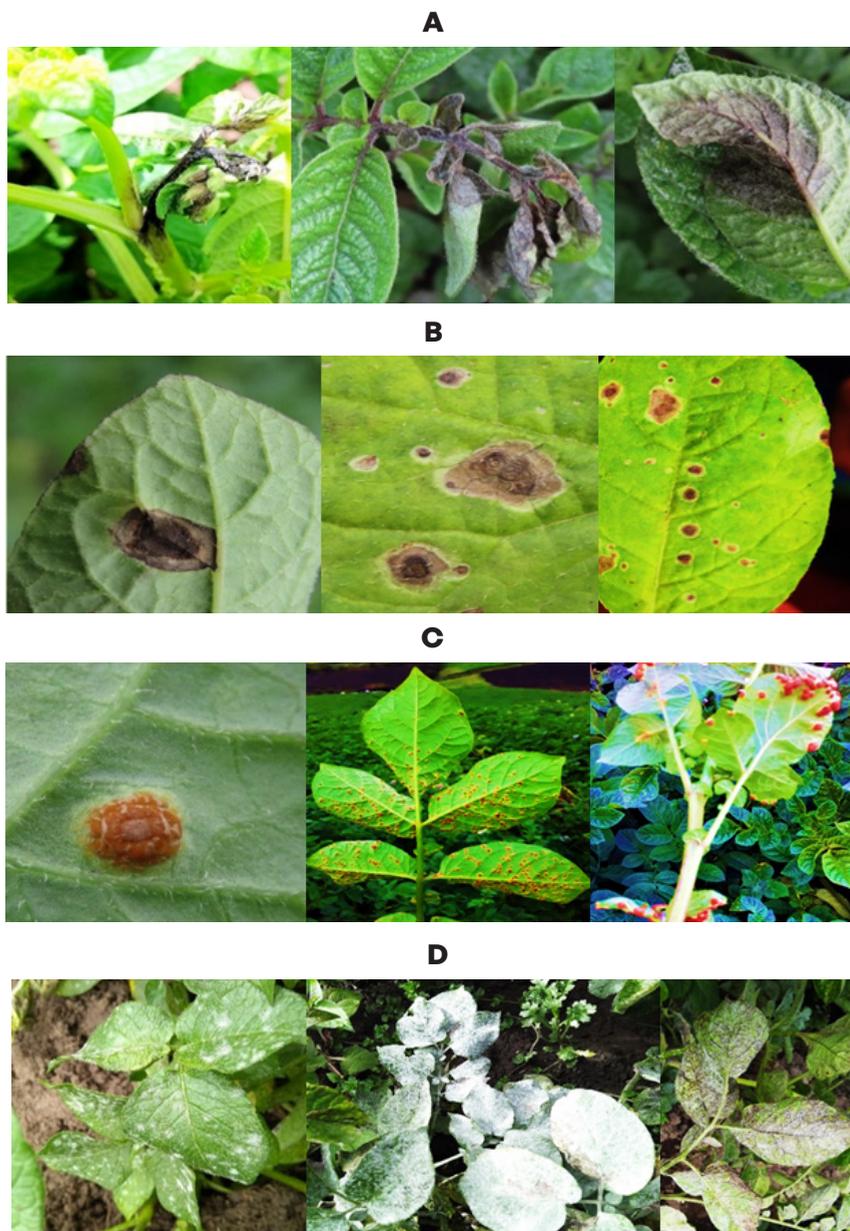


Figura 26. Enfermedades de la parte foliar. **A.** Tizón tardío (*Phytophthora infestans*); **B.** Tizón temprano (*Alternaria* sp.); **C.** Roya (*Puccinia pittieriana*); **D.** Cenicilla (*Erysiphe cichoracearum*).

Control químico

Conviene iniciar las aspersiones de fungicidas preventivos al iniciar las condiciones climáticas favorables, mientras que el empleo de productos sistémicos debe iniciarse con la aparición de las primeras lesiones, realizando en lo posible, alternación de grupos químicos con efecto contra las tres enfermedades. Sin embargo, hay situaciones en las que se requiere la aplicación de fungicidas específicos (Adolf et al., 2020).

11.2. Enfermedades del sistema subterráneo.

11.2.1. Oomycetes

Se incluye una afección reciente en el cultivo de la papa guata, principalmente en la variedad Diacol Capiro, que ha sido denominada como madurez prematura y atribuida al ataque radicular de *Pythium* sp. (Figura 27c), confirmando la capacidad patogénica mediante ensayos de inoculación artificial (Betancourth et al., 2020), similar a lo reportado por Kuznetsova et al. (2018).

Cuadro sintomatológico: Desde la etapa de tuberización, se observan parches de plantas con evidencia de maduración, por decoloración y enrollamiento de hojas, debido a una necrosis oscura en los extremos de las raíces más delgadas y estolones, además de envejecimiento de los pelos absorbentes y sitios necrosados en la zona de inserción de las raíces con los tallos (Figura 27). La afectación no alcanza a ocasionar muerte de las plantas, pero hay necrosis apical en las nuevas raíces, por lo tanto, sucede limitación progresiva del proceso normal de absorción de agua y nutrientes (Betancourth et al., 2020; Kuznetsova et al., 2018).

Condiciones de predisposición: Es probable que el empleo continuo de fungicidas sobre el suelo para el manejo de la costra negra por más de 15 años, haya ocasionado un desequilibrio del microbioma fungoso natural, con reducción poblacional de aquellas especies con efecto antagónico de *Pythium* favoreciendo su establecimiento. También las alteraciones climáticas con cambios de humedad y temperatura en tiempos cortos, conducen a una vulneración evidente del sistema radicular, predisponiéndose la colonización por parte del patógeno (Kuznetsova et al., 2018; Syed et al., 2020).

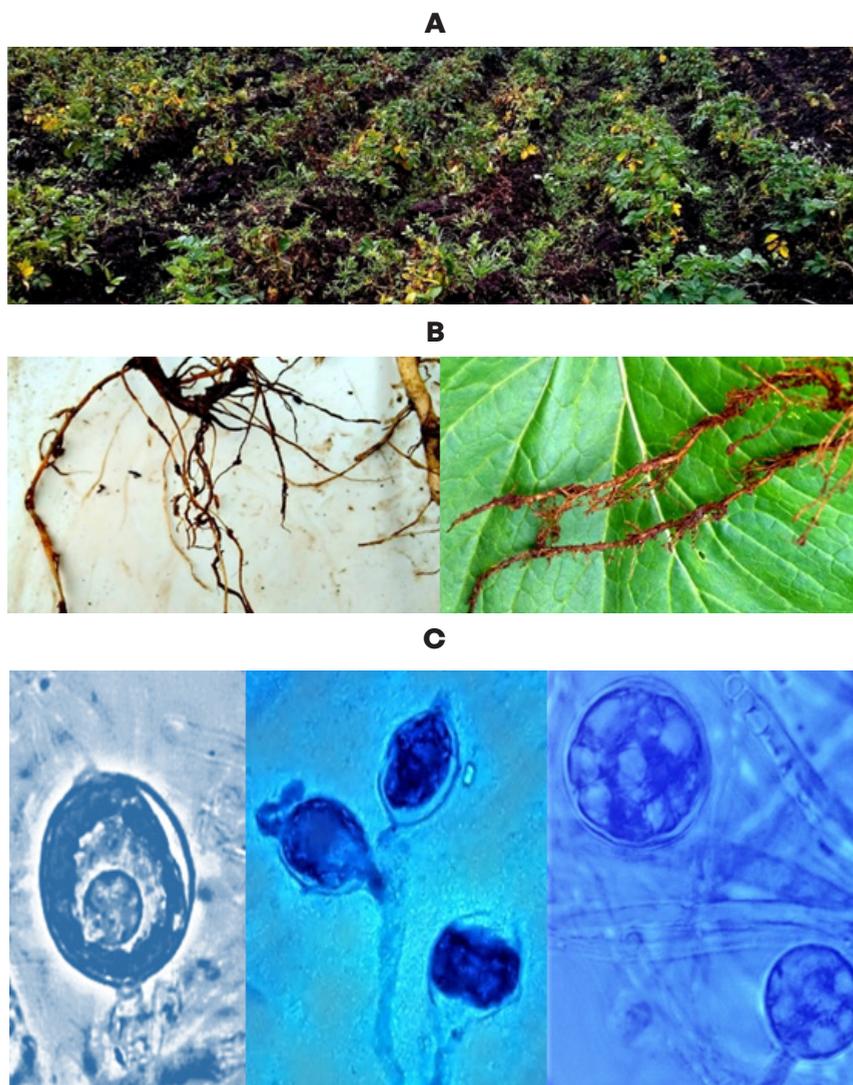


Figura 27. Cultivo de papa Diacol Capiro en estado de madurez temprana **(A)**; Necrosis y envejecimiento de los extremos radiculares **(B)**; Microfotografías de esporangios y clamidospora del Oomycete *Pythium* sp. asilado de raíces infectadas **(C)**.

Manejo integral: El empleo de la mezcla de Propamocarb y Fosetil-Aluminio en aplicaciones al suelo en la siembra, contribuye a reducir el daño en sectores con alta incidencia de la enfermedad. Además, el beneficio de abono verde empleando cebada, con la aplicación de un caldo microbial, contribuye a disminuir la presencia del problema, probablemente por contribuir a la restauración poblacional de una microbiota heterótrofa natural, con características antagonicas (Johnson et al., 2004; Syed et al., 2020).

11.2.2. Hongos

Se incluye un conocimiento de la costra negra (*Rhizoctonia solani*), la mortaja (*Rosellinia* sp.), la marchites temprana (*Verticillium* spp.) y la pudrición seca (*Fusarium* spp.), en cuanto a síntomas y signos, condiciones de predisposición y estrategias de control.

Cuadro sintomatológico

Con referencia en Adolf *et al.* (2020); Fiers *et al.* (2012) y Oyesola *et al.* (2021), se describen las evidencias o síntomas característicos de las enfermedades fungosas en el sistema subterráneo son:

Costra negra: se presenta desde la siembra ocasionando necrosis oscura extensiva de brotes, formados en los tubérculos semilla, como también ulceraciones oscuras en la base de tallos en emergencia, raíces y estolones, además de pudrición de extremos radicales, conduciendo a retraso en la emergencia y disminución del tamaño de las plantas, con escaso número de tallos y debilidad general. En plantas más desarrolladas ocurre enrollamiento foliar con clorosis, enrojecimientos débiles y ocasionalmente, con presencia de tubérculos aéreos. En los tubérculos hay malformaciones, reducción del tamaño, resquebrajamiento de la piel y la presencia de cuerpos costrosos negros superficiales denominados esclerocios (Figura 28). Su agente causal es el hongo *Rhizoctonia solani* (Fiers *et al.*, 2012b; Latorre, 2018; Tsrer, 2010).

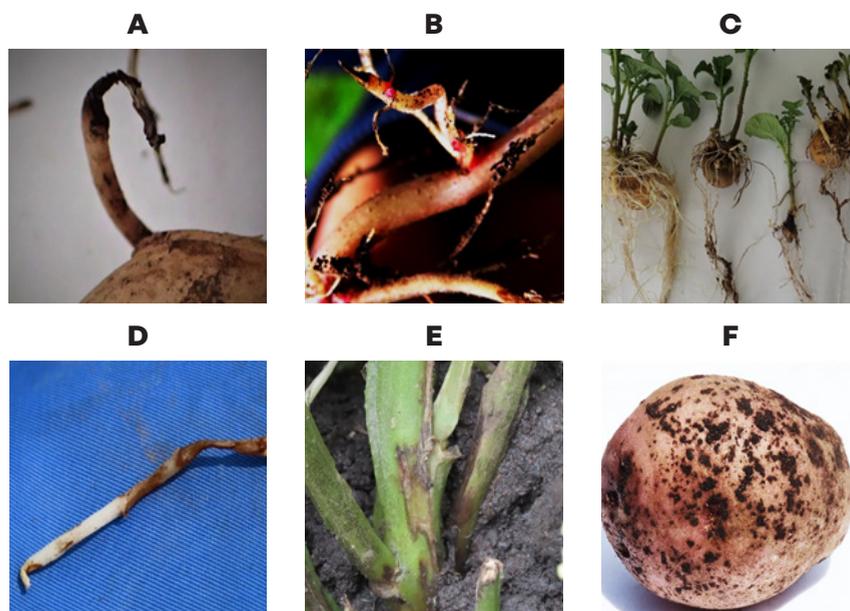


Figura 28. Síntomas de la enfermedad costra negra de la papa causada por *Rhizoctonia solani*. **A.** Muerte de brotes; **B.** y **C.** Pudrición de raíces; **D.** Secamiento de estolones; **E.** Chancro del tallo; **F.** Esclerocios en tubérculo de papa (costra negra).

Mortaja blanca: causada por especies del hongo *Rosellinia*, se presenta en forma aislada o en focos de cultivo, donde se observan plantas marchitas y con hojas amarillas, que generalmente mueren, debido a una descomposición suave de los tejidos externos en la base de los tallos y raíces, cubriéndose de masas y cordones miceliales de color blanco. Estas estructuras también invaden las superficies de tubérculos que se ennegrecen y endurecen mostrando en su interior un punteado oscuro que se dirige de manera radial a la parte central de dichos órganos (Figura 29) (Fiers et al., 2012; Kulshrestha et al., 2014).

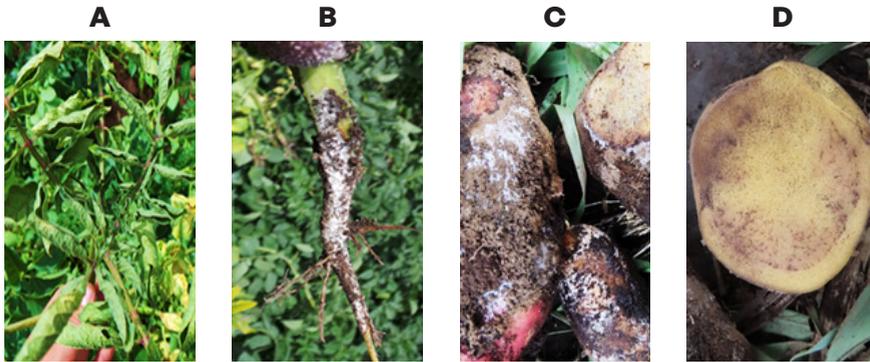


Figura 29. Síntomas de la enfermedad mortaja o lana blanca de la papa causada por *Rosellinia*. **A.** Planta en estado de marchitez con folíolos enrollados; **B.** Pudrición suave de tallo y raíces con presencia de micelio blanco; **C.** Tubérculos infectados recubiertos por micelio; **D.** Corte transversal de tubérculo infectado.

Marchitez temprana: desde la etapa de formación de tubérculos aparecen plantas dispersas con decoloración del follaje de manera ascendente y marchitamiento en horas calurosas, siendo inicialmente la manifestación unilateral, ya que de un lado de las ramas foliares se marchitan mientras que del otro lado sus tejidos aparentemente son sanos. Luego, el mal se generaliza y las hojas mueren, quedando colgadas. En la base de los tallos y en las raíces se nota decoloración de los haces vasculares, con progreso a un secamiento marrón oscuro, más notorio en los sitios de inserción de los estolones con los tubérculos (Figura 30). Finalmente hay ennegrecimiento cortical, con presencia o ausencia de micro esclerocios negros respectivamente para *Verticillium dahliae* y *V. alboatrum* (Abbas, 2013; Fiers et al., 2012; Latorre, 2018).

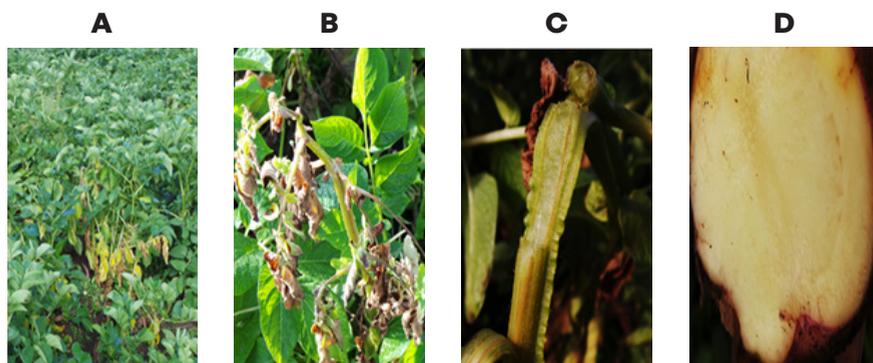


Figura 30. Marchitez por *Verticillium* sp. **A** y **B.** Marchitez unilateral; **C.** Secamiento de haces vasculares; **D.** Corte transversal de tubérculo con decoloración vascular en forma de anillos.

Pudrición seca: son varias las especies de *Fusarium* involucradas en un proceso patológico que se inicia en sitios de los tubérculos con heridas o la inserción de los estolones, ocurriendo pequeñas lesiones levemente deprimidas, que en pocos días se agrandan y se tornan rugosas. Luego, una pudrición seca, dura, arrugada y hundida, generalmente con crecimiento en anillos concéntricos, termina en una momificación del tubérculo afectado, que en cuyo interior hay masas miceliales de diferentes coloraciones (Figura 31)

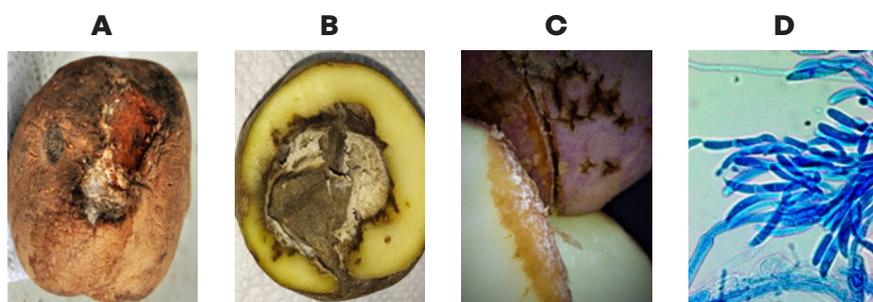


Figura 31. Pudrición seca causada por *Fusarium*. **A.** Tubérculo con síntomas de ablandamiento, pudrición seca y con cavidades anormales, con tonalidad parda y rojiza; **B** y **C.** Cortes transversales indican la pudrición interna del tejido, con coloración negra oscura, y presencia de micelio blanquecino; **D.** Microfotografía de conidias del hongo *Fusarium* sp.

El daño en los tubérculos puede continuar en almacenamiento. La especie *F. oxysporum*, además ocasiona necrosis café rojiza en la región de los haces vasculares de los tallos de plantas jóvenes, conduciendo a marchitamiento y muerte (Abbas, Naz & Irshad, 2013; Fiers et al., 2012; Latorre, 2018; Stefańczyk & Sobkowiak, 2017).

Condiciones de predisposición

Por lo general, los patógenos tienen alta persistencia en los suelos, por su condición de saprófitos en ausencia de hospederos, además de la producción de las estructuras de resistencia como son los esclerocios en *Rhizoctonia solani* y *Verticillium dahliae*, o las clamidosporas en algunas especies de *Fusarium*. Los ambientes fríos y húmedos son favorables para la activación de *Rhizoctonia solani*, *Verticillium alboatrum* y *Rosellinia* sp., mientras que, en suelos secos y sueltos, con temperaturas cercanas a los 20 °C, es mayor la agresividad de *Verticillium dahliae* y *Fusarium oxysporum*. Otras especies de *Fusarium* hacen daño en almacenamiento con alta humedad relativa (Abbas, Naz & Irshad, 2013; Adolf et al., 2020; Latorre, 2018; Termorshuizen, 2007).

Estrategias de control

El empleo de tubérculos semilla sin heridas ni esclerocios adheridos, evita de manera significativa la presencia inicial de focos de infección de *Fusarium* spp, *Rhizoctonia solani* y *Verticillium dahliae*, acompañando además de aspersiones en los surcos de siembra de fungicidas de distintos grupos químicos, solos o en mezclas binarias, lo cual se tratará en detalle en el tema de manejo de pesticidas contra patógenos a nivel de productor. En terrenos donde se observa distribución generalizada de uno o más hongos patógenos, el establecimiento y beneficio de cebada como abono verde más la aspersión de la bacteria *Bacillus subtilis* o también mezcla de unidades viables de varias especies de la bacteria, contribuye a disminuir la incidencia y severidad. El humedecimiento de tejidos de cebada como abono verde, antes de su incorporación, con un caldo microbiano, conteniendo mantillo de bosque nativo como fuente de microorganismos (Kaps, 2008; Larkin et al., 2010; Oyesola et al., 2021).

11.2.3. Protozoarios

Se destaca por su distribución, incidencia y agresividad el patógeno Spon-

gospora subterranea causante de la sarna polvosa también denominada como roña (Adolf et al., 2020; Trujillo & Perera, 2019).

Cuadro sintomatológico

Los ataques ocurren desde el periodo de desarrollo del sistema radicular activo y la formación de estolones, hasta la etapa de formación y crecimiento de los tubérculos. Primero en raicillas y estolones se observan pequeños sobrecrecimientos redondeados e irregulares, lisos y blanquecinos, que luego se tornan de una tonalidad marrón, rompiéndose para dejar expuesta una masa polvosa café de esporas de reposo. En los tubérculos aparecen ampollamientos superficiales, inicialmente blanquecinos, que van cambiando de tonalidad hasta romperse y exponer la masa de esporas de reposo, quedando luego cicatrices redondeadas o irregulares (Figura 32). Cuando las infestaciones, ocurren de manera temprana y son repetidas en condiciones ambientales favorables, hay áreas extensivas afectadas y ampollamientos más grandes, lo que está conduciendo a un envejecimiento prematuro del sistema radicular, con madurez temprana de las plantas y disminución del tamaño de los tubérculos (Termorshuizen, 2007).

Aparte de los daños directos que ocasionan el patógeno, este se relaciona con la transmisión del virus del Mop-Top (PMPV) que ocasiona enanismo, moteado clorótico hacia los bordes de las hojas en forma de V y formación de lesiones anilladas cloróticas a necróticas en la lámina foliar. Sin embargo, a pesar de la capacidad de infestación de *Spongospora subterranea* en el campo, la dispersión del virus es ausente, determinando la necesidad de aclarar la relación, mediante pruebas de transmisión (Gil et al., 2016).

Condiciones de predisposición

El agente causal de la sarna polvosa es un habitante natural de los suelos, adaptado a un amplio rango de pH (4.7 – 7.6), capaz de cumplir periodos de latencia cercanos a los seis años en especial cuando hay condiciones secas que conducen a una disminución significativa de las infecciones en una siguiente temporada de siembra. No obstante, hay incrementos rápidos de severidad, cuando las temporadas de cultivos están sometidas a temperatura baja y alta humedad, ocurriendo también la redistribución de inóculo por medio del movimiento del suelo con labores de deshierba, partida y aporque (Adolf et al., 2020; Fiers et al., 2012; Termorshuizen, 2007).

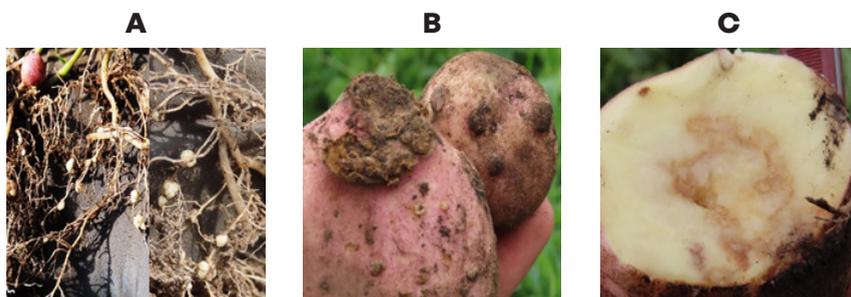


Figura 32. Síntomas de la enfermedad sarna o roña polvosa de la papa causada por *Spongospora subterranea*. **A.** hiperplasias e hipertrofias en raíces observándose formación de agallas o sobrecrecimientos irregulares, de tonalidad cremosa; **B.** Tubérculos con ampollamientos o pústulas superficiales de tonalidad café, formando cicatrices extensivas; **C.** Corte transversal de tubérculo con pudrición interna.

Estrategias de control

La siembra y beneficio de abonos verdes, sea cebada o nabo forrajero, más el humedecimiento de los tejidos picados con preparados comerciales conteniendo esporas de varias especies de hongo *Trichoderma*, para la incorporación al suelo, predispone a una disminución notable en la agresividad de la afección en un siguiente cultivo de papa. En terrenos infectados, se recomienda para una nueva siembra de papa, en los surcos, aplicar un amonio cuaternario y luego de tres días se procede a colocar los tubérculos de semilla para hacer el tapado (Huaraca et al., 2009; O'Brien & Milroy, 2017; Saini & Yadav, 2019).

11.2.4. Bacterias

En Nariño, la papa es afectada por la pata negra (*Pectobacterium atrosepticum*) y la sarna común (*Streptomyces* spp.) (Charkowski et al., 2020; Trujillo & Perera, 2019).

Cuadro sintomatológico

Pata negra: se presenta en cualquier etapa de desarrollo de la planta, cuando el ambiente es favorable para la bacteria, observándose detención en el crecimiento y siendo las hojas más rectas, amarillentas y los folíolos enrollados hacia arriba para luego ocurrir marchitamiento y muerte. En la

parte basal hay una descomposición húmeda y oscura en tejidos de tallos y raíces más gruesas, primero en la corteza y luego se extiende en la medula. Los tubérculos también manifiestan una pudrición húmeda de color café crema y con bordes más oscuros, siendo fácilmente separable de la parte sana (Figura 33). En los tejidos afectados es característico el mal olor y la presencia de exudados lechosos, conteniendo innumerables células bacterianas (Czajkowski et al., 2011).



Figura 33. Síntomas de la enfermedad pata negra causada por *Pectobacterium atrosepticum*. **A.** Planta con marchitez; **B.** Pudrición húmeda y oscura en la base del tallo; **C.** Tubérculo con pudrición de tonalidad café crema, rodeada de bordes más oscuros, que separan del tejido sano.

Sarna común: Es una enfermedad exclusiva de los tubérculos, sin manifestaciones en la parte aérea. Desde los primeros estados de desarrollo de las papas, hay pequeñas lesiones circulares y superficiales o ligeramente hundidas de color marrón y en condiciones ambientales favorables, están cubiertas por una masa polvosa tenue, blanquecina o ligeramente grisácea. Como se indica en la Figura 34, las lesiones se unen, siendo de aspecto conchoso y luego agrietadas. Sin embargo, también pueden ocurrir lesiones reticulares superficiales, formando luego una superficie sarnosa, probablemente ocasionada por *Streptomyces reticuliscabiei*, mientras que *S. scabies* no está relacionada con la reticulación (Charkowski et al., 2020).



Figura 34. Síntomas en tubérculos de la enfermedad sarna común causada por *Streptomyces* spp.

Condiciones de predisposición

La bacteria causante de la pata negra tiene sobrevivencia escasa en el suelo, pero se transmite y difunde por medio de tubérculos contaminados y penetra en los tejidos a través de heridas, aumentando su incidencia en ambientes húmedos y abrigados, especialmente en suelos pesados. Bajo condiciones de un almacenamiento en sitios con humedad relativa alta, puede constituirse en un problema serio, ocasionando pudrición blanda en tubérculos. La sarna común es más incidente en suelos secos y se dispersa a través de tubérculos infestados, mostrando persistencia por su capacidad de parásito débil del sistema radicular en otros hospederos, como zanahoria y remolacha. Generalmente hay mayor persistencia y distribución en suelos con un pH mayor de 5.5, pero la especie *Streptomyces acidiscabies* es capaz de persistir a pH menores (Charkowski et al., 2020; Czajkowski et al., 2011; Latorre, 2018; Mansfield et al., 2012).

Estrategias de control

La rotación de cultivos con leguminosas, como también la siembra y beneficio de cebada como abono verde más un caldo conteniendo mantillo de bosque, son las medidas prácticas para reducir la incidencia y severidad de las enfermedades bacterianas. En el comercio se dispone de un conjunto de moléculas con capacidad de disminuir el problema por bacterias fitopatógenas, con diferentes modos de acción y movilidad en la planta, permitiendo un control práctico (Hills et al., 2020; Trujillo & Perera, 2019).

11.3. Conclusiones

Este capítulo es una guía completa para la identificación y manejo de las principales enfermedades que afectan al cultivo de papa. Se presenta una clasificación de los fitopatógenos según los grupos microbiales Oomyce-tes, hongos, protozoarios y bacterias, que causan daño tanto en la parte aérea como en el sistema subterráneo de la planta. Además, se describen los síntomas y signos característicos de cada enfermedad y se explican los factores que contribuyen a su propagación y desarrollo. Se detalla la sintomatología de cada enfermedad, así como los factores que contribuyen a su propagación y desarrollo. Por otra parte, se exponen estrategias para el manejo integrado de enfermedades, incluyendo prácticas culturales como la rotación de cultivos, el empleo de abonos verdes, así como el empleo de productos de origen sintético y biológico.

A photograph of several potatoes of different colors (green and brown) scattered on a wooden surface. The potatoes are arranged in a way that suggests a comparison or a collection. The background is a wooden plank with a visible grain and knots.

**CONOCIMIENTO SOBRE EL
MANEJO DE PLAGUICIDAS
CONTRA PATÓGENOS**

12.

Los productores del cultivo de la papa deben enfrentarse a la actuación de patógenos que afectan la sanidad y/o el desarrollo normal de las plantas, entre los cuales, los *Oomycetes*, los hongos y las bacterias principalmente, han sido objeto de un manejo convencional relacionado con la aplicación de plaguicidas, que en casos frecuentes no permiten resultados consistentes de control, debido a recomendaciones técnicas no apropiadas, sea por eventual desconocimiento de la causa correcta o la aplicación de productos no efectivos, como aspectos más comunes de error.

Por lo anterior, hay necesidad de que los agricultores adquieran un conocimiento básico sobre evidencias de campo, para llegar a un reconocimiento aproximado de las infecciones por *Oomycetes*, hongos, bacterias y patógenos tipo protozoarios. Sin embargo, también debe haber familiarización con los plaguicidas comerciales, en cuanto a su identificación química y el modo de acción o actuación en el patógeno. Además, es necesario contar con criterios adecuados en cuanto a la movilidad o translocabilidad de la molécula en la planta y el efecto de detrimento sobre el patógeno objeto de control, además de una familiarización con el espectro de actuación, es decir, el rango de especies patógenas vulnerables a la acción de cada molécula pesticida.

En este sentido, se presenta información de modos de acción, así como características de movilidad, efecto de control de las principales moléculas empleadas para fitopatógenos de la papa, con base en lo mencionado por autores como Frost, (2018); FRAC, 2021, (2022); Gupta & Sharma, (2012); Haq & Ijaz, (2020); Johnson & Powelson, (2008); Leadbeater, (2014); Thind, (2017); Wheeler & Johnston, (2013).

12.1. Características generales de los plaguicidas

Es conveniente entender el modo de acción de los productos, su movilidad en la planta y los efectos que ocasionan en los patógenos.

12.1.1. Modo de acción y actuación

Los plaguicidas contra patógenos actúan afectando varias funciones de las células microbiales (actuación multisitio) o una sola función (actuación unisitio).

Plaguicidas multisitio

Los grupos químicos de actuación multisitio son los siguientes:

Cúpricos inorgánicos: se acumulan en las células de los patógenos formando complejos con las enzimas de los grupos sulfhidrilo, hidroxilo, amino y carboxilo para ocasionar su inactivación.

Carbamatos: inhiben el complejo enzimático con los grupos sulfhidrilo, afectando la producción de energía a nivel intracelular.

Azufrados inorgánicos: alteran el proceso respiratorio, afectando las síntesis de proteínas y forman quelatos con metales pesados en las células, inactivando el metabolismo de los patógenos susceptibles al grupo.

Bencenos: se adhieren los enlaces sulfhidrilo de los aminoácidos inactivando estas moléculas. Además, afectan el sistema respiratorio y alteran la permeabilidad de las membranas celulares.

Ftalimidas: impiden el funcionamiento de enzimas con el radical sulfhidrilo en sus aminoácidos e interfiere en los mecanismos de transporte de electrones en el proceso respiratorio.

Acetamida: inhiben las síntesis de ácidos nucleicos, aminoácidos y lípidos, además de afectar el sistema respiratorio y alterar la permeabilidad de las membranas.

Fosfonatos: estimulan la producción de mecanismos de defensa en las plantas frente a patógenos y, además, afectan el proceso respiratorio en distintos puntos metabólicos.

Yodos: inactivan la actuación de distintas enzimas y a la vez, activan los mecanismos de defensa en las plantas contra patógenos, sean hongos o bacterias.

Amonios cuaternarios: alteran la permeabilidad de las membranas celulares al bloquear las síntesis de los fosfolípidos y también interfieren en el proceso respiratorio.

Fenil-Piridinamidas: Actúan en varios sitios metabólicos, para ocasionar en conjunto un desacople de la fosforilación oxidativa en las mitocondrias.

Plaguicidas unisitio

Los puntos de acción son los siguientes:

Inhibición de la síntesis de las ARN polimerasas: mediante este mecanismo se inactiva la síntesis de ácidos nucleicos, siendo responsabilidad de los subgrupos Acilalaninas, Oxazolidinonas y Butirolactonas del grupo químico de la Fenil-Amidas.

Inhibición de la enzima succinato deshidrogenasa: hay bloqueo del proceso respiratorio a cargo de los grupos químicos Pirazol-Carboxamida, Tiazole- Carboxamida, y Fenil-Benzamida.

Inhibición de la enzima ubiquinol oxidasa: los grupos químicos de las Estrobilurinas, Oxazolidinonas e Imidazolinonas, afectan el sistema respiratorio, en el cual la enzima relacionada cumple papel fundamental en una parte del proceso.

Inhibición de la síntesis de glucanos: el ácido cinámico interfiere en la formación de la pared celular de los Oomycetes, al afectar la síntesis de sus unidades estructurales (glucanos).

Inhibición de la síntesis de ácidos grasos: la estabilidad de las membranas celulares es afectada ante el bloqueo de la producción normal de ácidos grasos, por los grupos químicos de los Carbamatos, las Mandelamidas y las Dicarboximidias, cada grupo con un punto de actuación diferente.

Inhibición de la síntesis de ergosterol: este componente de naturaleza lipídico mantiene la integridad de las membranas celulares en los hongos y su formación es afectada por los Imidazoles, los Triazoles y las Morfolinas, pero cada grupo con un mecanismo distinto.

Inhibición de la síntesis de aminoácidos: el bloqueo a nivel ribosómico para afectar la formación de aminoácidos y su ensamblaje proteico, es realizado en puntos específicos por la acción de Amilopirimidinas y de

antibióticos Aminoglucósidos, es decir cada grupo con un punto distinto de bloqueo.

Inhibición de la síntesis de espectrinas: estas son proteínas que mantienen la estabilidad de las membranas celulares en los Oomycetes. Su formación es afectada por el grupo *Acyl-picolides*.

Inhibición de la división celular: el grupo de los Benzimidazoles afecta la actuación de la tubulina, una proteína fundamental en el proceso de mitosis, para la ocurrencia de la división celular.

Bloqueo de proteínas asociadas al Oxisterol: esta molécula derivada del colesterol es afectada por el grupo Piperidinil Tiazol Isoxazolina contra Oomycetes.

Inhibición de la topoisomerasa del ADN: el grupo químico de las Quinolina, mediante este proceso actúan contra bacterias fitopatógenas Gram negativas.

12.1.2. Movilidad y efectos

De acuerdo con las características de translocabilidad de los plaguicidas en las plantas y los efectos de control sobre los patógenos, una vez aplicados se tienen distintas clases.

Preventivos: no penetran en las plantas, sino que establecen una barrera entre los tejidos externos y el patógeno, afectándolo antes que sus estructuras invadan los tejidos internos. Entonces se dice que actúan por contacto y efectúan protección, aplicándose en condiciones favorables a la actuación de los patógenos, pero antes que produzcan el proceso infeccioso.

Translocables: son productos que penetran en los tejidos de las plantas y se mueven de manera translaminar (inter o intracelular) o sistémica. En este último caso, el plaguicida circula por los vasos conductores de manera ascendente o xilema (acropétala) o descendente o floema (basipétala). Estas moléculas pueden tener distintos efectos:

De protección: actúa contra la esporulación, germinación de esporas y

formación de unidades o estructuras de infección de los patógenos, evitando la penetración en los tejidos externos.

Curativos: ocasionan supresión de la post infección y la fase presintomática de la infección.

Erradicantes: tienen acción supresora del estado post sintomático, eliminando al patógeno del hospedero.

Desinfectantes: son productos que, aplicados al suelo, este o no presente el hospedero, generalmente actúan por gasificación del ingrediente activo, afectando la viabilidad de las diferentes entidades biológicas que se encuentran en los lugares de aplicación, al ocasionar una esterilización parcial.

12.2. Identificación de los principales plaguicidas

Se establece una clasificación teniendo en cuenta el grupo químico, así como los integrantes activos, su movilidad y el espectro de actuación o sea el rango de patógenos vulnerables.

12.2.1. Los pesticidas multisitio

Se los puede distribuir entre preventivos y translocables.

Preventivos

Son varios los grupos químicos cuyas características para su empleo son las siguientes:

Cúpricos inorgánicos: tienen amplio rango de acción en el manejo preventivo de Oomycetes, hongos y bacterias, sin ser eficaces contra los hongos que causan cenicillas. Son más conocidos el Hidróxido de cobre (Kocide®) y el Oxiclورو de Cobre (Oxicob®, Oxiclور®).

Carbamatos: tienen amplio espectro de acción contra Oomycetes y hongos en aspersiones foliares, sin afectar la cenicilla y la roya. Se emplean el Mancozeb (Dithane M45®, Alarm®, Heloseb®, Invisib®, Mancrop®, Titan®, Bondozeb®), el Metiram (Aguila®) y el Propineb (Antracol®).

Azufrados: en base a azufre elemental, micronizado o coloidal, como Elo-

sal[®], Agrosol[®], Topsul[®], Kimatio[®], Azuco[®], etc. Su uso se recomienda para la prevención de roya y cenicilla.

Bencenos: está el Clorotalonil (Bravonil[®], Bravo[®], Daconil[®], Fungitox[®]), útil en la prevención de hongos y Oomycetes que afectan la parte aérea de la planta, pero no tienen buen efecto contra cenicilla y roya.

Ftalimidas: se encuentran el Captan (Coraza[®], Orthocide[®]) y Folpet (Fulpon[®]) para aplicaciones al suelo, tratamiento de semillas y aspersiones foliares, contra oomycetes y hongos, excepto la roya y la cenicilla.

Dinitro-Anilinas: con el producto Fluazinam (Omega[®], Shogun[®], Zignal[®]), útil en el tratamiento de los tubérculos semilla y aplicación al suelo contra la sarna polvosa, con acción de contacto y preventiva.

Translocables

Se emplean en el manejo de afecciones distintas, siendo las de mayor atención:

Acetamidas: con el ingrediente activo Cymoxanil que tiene una actividad de contacto y translaminar foliar, pero no se mueve. Es útil contra afecciones por Oomycetes en la parte aérea y se utiliza principalmente en mezcla con Carbamatos preventivos.

Fosfonatos: con la molécula Fosetil aluminio (Aliette[®], Alleato[®], Elicit[®], Fixom[®], Fosetal[®]) contra Oomycetes en aspersiones foliares y al suelo. Tiene translocabilidad sistémica y movimiento tanto acropétalo como basipétalo, empleándose en las fases de pre-infección, infección y post infección.

Yodos Agrícolas: son sistémicos, empleándose en infecciones por bacterias y hongos, con aplicaciones al suelo y vía foliar.

Amonios cuaternarios: con efecto erradicante parcial de Oomycetes, hongos, bacterias y nematodos del suelo.

12.2.2. Los plaguicidas unisitio

Contra Oomycetes

Acilalaninas: tienen efecto sistémico protectante y curativo en tratamiento de semilla, raíces y aplicaciones foliares con sistematicidad acropétala. Se destacan los productos Banalaxil, Metalaxil y Furalaxil, que mayormente se comercializan en mezcla con Mancozeb.

Oxazolidinonas: incluyen el producto Oxadixyl de acción sistémica protectante y curativa, con translocabilidad acropétala y basipétala. Se comercializa en mezcla con Mancozeb.

Butirolactonas: se encuentra el ingrediente activo Ofurace, siendo de translocación acropétala y basipétala. Comercialmente se emplea la mezcla con Mancozeb.

Oxazolidinadionas: se tiene el producto Famoxadona (Royal Gold®) de acción translaminar, protectante y curativa, siendo útil en mezclas y aspersiones foliares.

Imidazolinonas: con el producto Fenamidona, se sistematicidad lenta y efecto tanto preventivo como curativo, de mayor penetración por hojas jóvenes y transporte acropétala.

Amidas de ácido cinámico: con el ingrediente activo Dimetomorph (Minerva®, Impetu®, Forum®), de carácter translaminar y sistémico con movimiento acropétalo, teniendo buena actividad protectante y curativa. Trabaja individualmente o en mezclas diferentes.

Carbamatos: se incluye la molécula Propamocarb (Previcur®, Sideral®, Proplant®) con translocación sistémica acropétala, siendo absorbido por raíces y hojas. También se utiliza en mezclas comerciales con diferentes moléculas empleadas también contra Oomycetes.

Mandelamidas: con el producto Mandipropamid (Revus®) con translocabilidad local o translaminar y efecto protectante.

Acyl-picolides: con la molécula Fluopicolide que tiene translocación translaminar y efecto protectante.

Piperidinil Tiazol Isoxazolina: con el producto Oxathiapiprolin (Zorvec®) translaminar y sistémico acropétalo. Es preventivo residual, curativo y antiesporulante.

Contra Hongos

Tiazol-carboxamidas: con el producto Thifluzamide (Pulsor®), recomendada contra afecciones por *Rhizoctonia* siendo de acción sistémica acropétala y efecto protectante.

Pirazol-carboxamida: se tiene los ingredientes activos Penthiopyrad (Fontelis®) y Penflufen (Emesto®). El primero es translaminar y sistémico acropétalo, con efecto preventivo y curativo contra ataques de *Rhizoctonia*. El segundo es de movimiento sistémico acropétalo, con efecto protectante y curativo contra dicho patógeno.

Fenilo-benzamidas: su ingrediente activo Flotalonil (Moncut®, Morfy®) es recomendado contra enfermedades causadas por el hongo *Rhizoctonia*, con acción preventiva y curativa, siendo de carácter sistémico con movilidad acropétala.

Benzamida: incluye el producto Fluopyram (Velum®, Verango®), con movilidad translaminar y sistémica vía xilema, con efecto preventivo principalmente contra tizón temprano y cenicilla por hongos, además de un efecto sobre estados juveniles de nematodos.

Estrobirulinas: con translocabilidad translaminar y sistémica, de movimiento lento, siendo el efecto protectante, curativo y erradicante. Útiles en aspersiones foliares contra tizón temprano y cenicilla, además de aplicaciones basales en plantas jóvenes, contra problemas radicales por hongos. Tiene varias moléculas como Azoxystrobin (Amistar®), Kresoxim (Efix®, Strobry®) y Pyraclostrobin (Comet®, Regnum®) entre otras.

Dicarboximidas: contiene productos que actúan contra *Rhizoctonia* y *Rosellinia* en aplicaciones al suelo, además de un buen efecto contra *Alternaria* en aplicaciones foliares. Tiene sistematicidad local como Iprodiones (Rovral®) o sistematicidad acropétala como Procimidona (Sumilex®), ambos buenos protectantes.

Triazoles: se recomiendan aspersiones foliares, con amplio rango de hospederos como roya, cenicilla y tizón temprano, siendo sistémicos con sistematicidad acropétala. Contiene varias moléculas con efecto protectante curativo como Ciproconazol (Alto®), Difenoconazol (Difecol®, Score®, Skel®), Epoxiconazol (Opus®, Sopral®), Hexaconazol (Mildrum®, Skype®), Penconazol (Topas®), Propiconazol (Tilt®, Bumper®, Foster®), Tebuconazol (Fulcir®), Tetraconazol (Domark®).

Imidazoles: sus puntos de actuación para inhibición de la síntesis de ergosterol son distintos a los Triazoles. Se destaca el ingrediente activo Prochloraz (Mirage®, Octave®, Sportak®, Spigar®) con translocabilidad sistémica lenta, de manera acropétala y basipétala, con efecto curativo y erradicante, contra un amplio espectro de afecciones fungosas foliares y del suelo, en aspersiones al follaje y la base de las plantas de manera temprana.

Morfolinas: incluye el ingrediente activo Tridemorph (Calixin®, Ringer®), que se absorbe por hojas y raíces, con movilidad acropétala y su punto de acción para inhibir el ergosterol parece distinto al de los Triazoles. Tiene efecto protectante, curativo y erradicante, con amplio espectro de acción incluyendo la Cenicilla.

Anilino pirimidinas: el grupo tiene el fungicida Pyrimethanil (Scala®, Blumen®, Siyanex®, Compeor®, Pinimus®), con translocabilidad trans laminar y sistemática de manera acropétala, es utilizado contra cenicilla. Espiroketalaminas: su ingrediente activo Spiroxamina (Impulse®, Estelmax®) se emplea contra cenicilla y tizón temprano, siendo sistémico acropétalo, con efecto preventivo, curativo y erradicante.

Benzimidazoles: incluye los fungicidas Benomil (Benlate®, Bezil®, Zellus®) y Carbendazim (Bavistin®, Carboncal®, Helmestin®, Kendazin®, Tecnomyl®), con translocación acropétala, y efecto preventivo como curativo contra tizón temprano y cenilla en aplicaciones foliares, y contra afecciones por *Fusarium*, *Verticillium*, *Rhizoctonia* y aun *Rossellinia* en aplicaciones al suelo. Contra este último hongo se incluye el Metil-Tiofanato (Cercosin®, Sycosin®, Emovit®, Metiofan®, Mystic®, Thiopol®, Tapsin®), en aplicaciones al suelo o vía foliar, controlando además tizón temprano, con sistema por xilema y floema, siendo absorbido por raíces hojas, con efecto protectante y curativo.

Amonios cuaternarios: se aplican al suelo previa la siembra para lograr esterilización parcial y disminuir poblaciones de hongos, bacterias, protozoarios y nematodos.

Contra Bacterias

Aminoglicosidos: contiene el antibiótico Kasugamicina de carácter sistémico vía floema, con efecto protectante y curativo.

Quinolona: su ingrediente activo ácido Oxolínico (Oxolina®, Starner®), actúa por contacto y movimiento tanto translaminar como sistémico vía xilema, con efecto preventivo y curativo.

Yodo: se utilizan en aspersiones al suelo y basales, con sistematicidad acropétala y basipétala, siendo el efecto preventivo y curativo.

Productos Especiales

Actualmente se destaca el empleo de ácidos obtenidos mediante técnicas nanométricas o nanopartículas. Son más recomendados los óxidos de cobre, zinc, titanio y plata, los cuales penetran fácilmente y de manera intacta al interior de la planta, con translocación por los vasos conductores, provocando el proceso metabólico de oxidación de moléculas orgánicas vitales en los patógenos. A la vez, actúan en la inducción de actividades enzimáticas en las plantas para favorecer los tejidos al impacto de los radicales libres de oxígeno generados (Alabdallah et al., 2021; Pratap-Singh et al., 2021).

12.3. Conclusiones

El objetivo de este capítulo es proporcionar conceptos que contribuyen al conocimiento sobre el manejo de plaguicidas contra patógenos que afectan al cultivo de papa. Se aborda de manera general problemas relacionados con el manejo convencional de plaguicidas. Además, se enfatiza en el uso responsable y seguro de estos insumos agrícolas de origen sintético para minimizar los riesgos para la salud humana y el medio ambiente. Se describen las características generales de los principales plaguicidas, describiendo su modo de actuación, movilidad en la planta y los efectos de control. También se incluye información acerca de las principales moléculas o ingredientes activos, así como algunos nombres comerciales

para el control específico de Oomycetes, hongos, bacterias principalmente. Por último, se menciona la posibilidad del uso de productos especiales como las nanopartículas. En general, este capítulo provee información para lograr un control químico de fitopatógenos eficiente, medida estratégica dentro del manejo integrado de enfermedades en las plantas.

REFERENCIAS

- Abbas, M. F., Naz F. & Irshad, G. (2013). Important fungal diseases of potato and their management -a brief review. *Mycopath*, 11(1), 45-50.
- Abd El-Azeim, M. M., Sherif, M. A., Hussien, M. S., Tantawy, I. A. A., & Bashandy, S. O. (2020). Impacts of nano- and non-nanofertilizers on potato quality and productivity. *Acta Ecologica Sinica*, 40(5), 388-397. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2019.12.007>
- Acuña B. I., & Bravo H., R. (Eds.). (2019). *Tizón tardío de la papa: Estrategias de manejo integrado con alertas temprana*. Boletín Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/6777>
- Adolf, B., Andrade-Piedra, J., Bittara Molina, F., Przetakiewicz, J., Hausladen, H., Kromann, P., Lees, A., Lindqvist-Kreuze, H., Perez, W., & Secor, G. A. (2020). Fungal, Oomycete, and Plasmodiophorid Diseases of Potato. En H. Campos & O. Ortiz (Eds.). *The Potato Crop: Its Agricultural, Nutritional and Social Contribution to Humankind* (pp. 307-350). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_9
- Agredo-Berrío, M., Raz, L., & González, O. I. (2018). Conservación in situ de cultivares nativos y el conocimiento tradicional en los huertos

- familiares de Cumbal, Nariño, Colombia. En A. Ramírez, R. Godínez, N. Barbera & D. Rojas (Eds.). *Tendencias en la Investigación Universitaria. Una visión desde Latinoamérica*. (pp. 82-98). Universidad de Guanajuato. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7785854>
- Agrobase. (2022). *Malas hierbas*. Agrobase Colombia. <https://agrobasesa.com/colombia/weed>
- Akhter, Z., Bi, Z., Ali, K., Sun, C., Fiaz, S., Haider, F. U., & Bai, J. (2021). In Response to Abiotic Stress, DNA Methylation Confers Epigenetic Changes in Plants. *Plants*, 10(6), 1096. <https://doi.org/10.3390/plants10061096>
- Alabdallah, N. M., Hasan, M. M., Hammami, I., Alghamdi, A. I., Alshehri, D., & Alatawi, H. A. (2021). Green Synthesized Metal Oxide Nanoparticles Mediate Growth Regulation and Physiology of Crop Plants under Drought Stress. *Plants*, 10(8), 1730. <https://doi.org/10.3390/plants10081730>
- Alcántara, J., Acero, J., Alcántara, J., & Sánchez, R. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *NOVA*, 17(32), 109-129. <https://doi.org/10.25058/24629448.3639>
- Álvarez-Zambrano, L. R., Cerón-Lasso, M. del S., & Moreno-Mendoza, J. D. (1999). *Descripción de variedades de papa*. Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/16246>
- Alves, F. M., Diniz, J. F. S., da Silva, Í. W., Fernandes, F. L., da Silva, P. R., & Gorri, J. E. R. (2014). A Sampling Plan for *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) on a Potato (*Solanum tuberosum*) Plantation. *American Journal of Potato Research*, 91(6), 663-672. <https://doi.org/10.1007/s12230-014-9398-4>
- Alyokhin, A., Rondon, S. I., & Gao, Y. (2022). *Insect Pests of Potato: Global Perspectives on Biology and Management*. Academic Press.
- Amini, R., Dabbagh Mohammadi-Nasab, A., & Ghorbani Faal, S. (2016). Using Physical, Cultural and Chemical Methods in Integrated Weed Management of Potato (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 25(4), 105-118.
- Andrade, N., Contreras, A., & Castro, I. (2008). Evaluación comparativa del efecto en el rendimiento y sanidad en el cultivo de la papa al utilizar semilla certificada y sin certificar. *Agro Sur*, 36(2), 111-114.

- <https://doi.org/10.4206/agrosur.2008.v36n2-07>
- Angers, B., Castonguay, E., & Massicotte, R. (2010). Environmentally induced phenotypes and DNA methylation: How to deal with unpredictable conditions until the next generation and after. *Molecular Ecology*, 19(7), 1283-1295. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2010.04580.x>
- Arcos, J., Mamani, H., Barreda, W., & Holguín, V. (2020). *Manual técnico: manejo integrado del cultivo de papa*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1146>
- Arora, R., Sharma, S., & Singh, B. (2014). Late blight disease of potato and its management. *Potato Journal*, 41, 16-40.
- Asghar, W., & Kataoka, R. (2021). Green manure incorporation accelerates enzyme activity, plant growth, and changes in the fungal community of soil. *Archives of Microbiology*, 204(1), 7. <https://doi.org/10.1007/s00203-021-02614-x>
- Asghar, W., & Kataoka, R. (2022). Green manure incorporation accelerates enzyme activity, plant growth, and changes in the fungal community of soil. *Archives of Microbiology*, 204(7), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s00203-021-02614-x>
- Aulakh, C. S., Sharma, S., Thakur, M., & Kaur, P. (2022). A review of the influences of organic farming on soil quality, crop productivity and produce quality. *Journal of Plant Nutrition*, 45(12), 1884-1905. <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2027976>
- Bagheri, A., & Babaei, G. (2020). Survey of frequency of some pathogens associated with potato purple top disease. *Disease. Iranian Plant Protection Research* (Journal of Plant Protection), 34(2), 169-181. <https://sid.ir/paper/399880/en>
- Barkley, A., & Barkley, P. W. (2016). *Principles of Agricultural Economics* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315691008>
- Barona, D., Rodríguez, J., & Montesdeoca, F. (2015). La planta de papa: ecofisiología y nutrición mineral. En J. Andrade-Piedra, P. Kro mann, & V. Otazú (Eds.). *Manual para la Producción de Semilla de Papa usando Aeroponía: Diez años de Experiencias en Colombia, Ecuador y Perú*. (pp. 109-131). Centro Internacional de la Papa (CIP), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA).

- Barragan, C. E., & Guzmán-Barney, M. (2014). Detección molecular de Potato yellow vein virus en el vector natural *Trialeurodes vaporariorum*, Westwood (mosca blanca). *Revista de Protección Vegetal*, 29(3), 168-176.
- Barreto, R. (2020). *Efecto de la aplicación foliar de potasio y boro en el rendimiento del cultivo de papa (Solanum tuberosum l.) Variedad Yungay, en Independencia—Huaraz—Ancash* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Repositorio institucional UNASAM. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4413>
- Barrientos, J. C., & Núñez, C. E. (2014). Difusión de seis nuevas variedades de papa en Boyacá y Cundinamarca (Colombia) entre 2003 y 2010. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(1), 126-141. <https://doi.org/10.17584/rcch.2014v8i1.2806>
- Bastidas, S., Morales, P., Pumisacho, M., Gallegos, P., Heredia, G., & Benítez, J. (2005). *El catzo o adulto del gusano blanco de la papa y alternativas de manejo: Guía de aprendizaje para pequeños agricultores*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina/UTA. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3256>
- Becerra, V., Lombardich, J., & Gonzáles, J. (1999). Scrobipalpula absoluta (Mevrick) Povolny Eficiencia de insecticidas en su control. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 32(2), 1-6.
- Bernstein, E., & Allis, C. D. (2005). RNA meets chromatin. *Genes & Development*, 19(14), 1635-1655. <https://doi.org/10.1101/gad.1324305>
- Betancourth, C. A., Sañudo, B. A., Flórez, C. A., & Salazar, C. E. (2021). Manejo de la costra negra de la papa (*Rhizoctonia solani*) con el establecimiento de abonos verdes. *Información Tecnológica*, 32(2), 165-174. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000200165>
- Betancourth, C., Sañudo, B., Flórez, C., Castro, B., Arteaga, F., Lagos, L., & Salazar, C. (2020). *Vulneración del cultivo de la papa ante problemas sanitarios emergentes en Nariño*. Universidad de Nariño. <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/6844>
- Bhalamurugan, G. L., Valerie, O., & Mark, L. (2018). Valuable bioproducts obtained from microalgal biomass and their commercial applications: A review. *Environmental Engineering Research*, 23(3), 229-FW241. <https://doi.org/10.4491/eer.2017.220>

- Blua, M., Rondon, S., Jensen, A., & Bell, N. (2022). Irish Potato Pests. En N. Kaur, (Ed.). *Pacific Northwest Insect Management Handbook* (pp. 258-283). Oregon State University. <https://pnwhandbooks.org/insect/vegetable/irish-potato>
- Bohórquez Santana, W. (2019). *El proceso de compostaje*. Universidad de La Salle. Ediciones Unisalle. <https://doi.org/10.19052/978-958-5486-67-6>
- Borjas-Ventura, R., Julca-Otiniano, A., & Alvarado-Huamán, L. (2020). The plant hormones, an important component of the agriculture development. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 150-164.
- Bulgari, R., Franzoni, G., & Ferrante, A. (2019). Biostimulants Application in Horticultural Crops under Abiotic Stress Conditions. *Agronomy*, 9(6), 306. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060306>
- Burke, J. (2017). *Growing the Potato Crop*. Vita, Equity House, Upper Ormond Quay.
- Butler, C. D., & Trumble, J. T. (2012). Spatial dispersion and binomial sequential sampling for the potato psyllid (Hemiptera: Triozidae) on potato: Sampling for potato psyllid. *Pest Management Science*, 68(6), 865-869. <https://doi.org/10.1002/ps.3242>
- CABI. (2019). *Premnotrypes vorax (Andean potato weevil)*. Invasive species compendium. CAB International, Wallingford, UK.
- CABI. (2021a). *Aphis gossypii (cotton aphid)*. Invasive species compendium. CAB International, Wallingford, UK. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/6204>
- CABI. (2021b). *Bemisia tabaci (tobacco whitefly)*. Invasive species compendium. CAB International, Wallingford, UK. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/8927>
- CABI. (2021c). *Frankliniella occidentalis (western flower thrips)*. Invasive species compendium. CAB International, Wallingford, UK. <https://www.cabi.org/ISC/datasheet/24426>
- CABI. (2021d). *Liriomyza huidobrensis (Blanchard)*. Invasive species compendium: datasheets, maps, images, abstracts and full text on invasive species of the world. <http://www.cabi.org/isc/datasheet/30956>.
- CABI. (2021e). *Macrosiphum euphorbiae (potato aphid)*. Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/32154>

- CABI. (2021f). *Myzus persicae* (green peach aphid). Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. <http://www.cabi.org/isc/datasheet/35642>.
- CABI. (2021g). *Phthorimaea absoluta* (tomato leafminer). Invasive species compendium. CAB International, Wallingford, UK. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/49260>
- CABI. (2021h). *Phthorimaea operculella* (potato tuber moth). Invasive species compendium. CAB International, Wallingford, UK. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/40686>
- CABI. (2021i). *Tecia solanivora* (potato tuber moth). Invasive species compendium. CAB International, Wallingford, UK. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/52956>
- CABI. (2021j). *Trialeurodes vaporariorum* (whitefly, greenhouse). Invasive species compendium. CAB International, Wallingford, UK.
- CABI. (2021k). *Trips tabaci* (onion thrips). Invasive species compendium. CAB International, Wallingford, UK. <http://www.cabi.org/isc/datasheet/53746>.
- CABI. (2022). *Bactericera cockerelli* (tomato/potato psyllid). Invasive species compendium. CAB International, Wallingford, UK. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/45643>
- Caicedo, J. D., Simbaña, L. L., Calderón, D. A., Lalangui, K. P., & Rivera-Vargas, L. I. (2020). First report of 'Candidatus Liberibacter solanacearum' in Ecuador and in South America. *Australasian Plant Disease Notes*, 15(1), 6. <https://doi.org/10.1007/s13314-020-0375-0>
- Campos-Herrera, R., Blanco-Pérez, R., & Vicente Díez, I. (2020). Nematos entomopatógenos en el control biológico de ácaros e insectos. *Cuaderno de campo*, 34-39.
- Cara, N., Ferrer, M. S., Masuelli, R. W., Camadro, E. L., & Marfil, C. F. (2019). Epigenetic consequences of interploidal hybridisation in synthetic and natural interspecific potato hybrids. *New Phytologist*, 222(4), 1981-1993. <https://doi.org/10.1111/nph.15706>
- Carrillo, D., & Torrado-León, E. (2013). *Tecia solanivora* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae), an invasive pest of potatoes *Solanum tuberosum* L. in the Northern Andes. En J. Peña (Ed.). *Potential Invasive Pests of Agricultural Crops* (pp. 126-136). CABI. <https://doi.org/10.1079/9781845938291.0126>
- Carvalho, N. S., Oliveira, A. B. B., Pessoa, M. M. C., Neto, V. P. C., de Sousa,

- R. S., da Cunha, J. R., Coutinho, A. G., dos Santos, V. M. & de Araujo, A. S. F. (2015). Short-term effect of different green manure on soil chemical and biological properties. *African Journal of Agricultural Research*, 10(43), 4076-4081. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.9885>
- Castellanos González, L., de Mello Prado, R., & Silva Campos, C. N. (2015). El Silicio en la resistencia de los cultivos. *Cultivos Tropicales*, 36, 16-24.
- Castellanos-González, L., Ortiz-Serrano, J., & Becerra-Rozo. (2020). Preferencia por morfoespecies de babosas en diferentes cultivos y ambientes del municipio Pamplona, Norte de Santander. *Revista ambiental agua, aire y suelo*, 11(1), 1-10. <https://doi.org/10.24054/19009178.v1.n1.2020.356>
- Castillo-Carrillo, C. (2019a). Potato purple top disease in Ecuador. *Phytopathogenic Mollicutes*, 9(1), 143-144. <https://doi.org/10.5958/22494677.2019.00072.0>
- Castillo-Carrillo, C. (2019b). First record of the tomato potato psyllid *Bactericera cockerelli* from South America. *Bulletin of Insectology*, 72(1), 85-91.
- Castillo-Carrillo, C., & Llumiquinga-Hormaza, P. (2021). *Manual para reconocer e identificar al psílido de la papa (Bactericera cockerelli Šulc) en campo y laboratorio*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5781>
- Ceballos, D., Hernández, O., & Vélez, J. A. (2010). Efecto de la labranza sobre las propiedades físicas en un andisol del departamento de Nariño. *Revista de Agronomía*, 27(1), 40-48.
- Chandra, S., & Roychoudhury, A. (2020). Penconazole, Paclobutrazol, and Triacantanol in Overcoming Environmental Stress in Plants. En A. Roychoudhury & D. K. Tripathi (Eds.). *Protective Chemical Agents in the Amelioration of Plant Abiotic Stress* (1.a ed., pp. 510-534). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119552154.ch26>
- Charkowski, A., Sharma, K., Parker, M. L., Secor, G. A., & Elphinstone, J. (2020). Bacterial Diseases of Potato. En H. Campos & O. Ortiz (Eds.). *The Potato Crop: Its Agricultural, Nutritional and Social Contribution to Humankind* (pp. 351-388). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_10
- Chasen, E. M., Dietrich, C., Backus, E. A., & Cullen, E. M. (2014). Potato

- Leafhopper (Hemiptera: Cicadellidae) Ecology and Integrated Pest Management Focused on Alfalfa. *Journal of Integrated Pest Management*, 5(1), 1-8. <https://doi.org/10.1603/IPM13014>
- Chaves, S. C., Rodríguez, M. C., Mideros, M. F., Lucca, F., Núñez, C. E., & Restrepo, S. (2019). Determining Whether Geographic Origin and Potato Genotypes Shape the Population Structure of *Phytophthora infestans* in the Central Region of Colombia. *Phytopathology*®, 109(1), 145-154. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-05-18-0157-R>
- Chávez-Arroyo, G. A., & Ramírez-Rodas, A. E. (2013). *Manual para la producción de semilla certificada de papa*. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/20206>
- Chen, M., Lv, S., & Meng, Y. (2010). Epigenetic performers in plants; Review of plant epigenetics. *Development, Growth & Differentiation*, 52(6), 555-566. <https://doi.org/10.1111/j.1440-169X.2010.01192.x>
- Chifetete, V. W., & Dames, J. F. (2020). Mycorrhizal Interventions for Sustainable Potato Production in Africa. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 593053. <https://doi.org/10.3389/fsu>
fs.2020.593053
- Cicatelli, A., Baldantoni, D., Iovieno, P., Carotenuto, M., Alfani, A., De Feis, I., & Castiglione, S. (2014). Genetically biodiverse potato cultivars grown on a suitable agricultural soil under compost amendment or mineral fertilization: Yield, quality, genetic and epigenetic variations, soil properties. *Science of The Total Environment*, 493, 1025-1035. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.05.122>
- Claros-Cuadrado, J. L., Pinillos, E. O., Tito, R., Mirones, C. S., & Gamarra Mendoza, N. N. (2019). Insecticidal Properties of Capsaicinoids and Glucosinolates Extracted from *Capsicum chinense* and *Tropaeolum tuberosum*. *Insects*, 10(5), 132. <https://doi.org/10.3390/insects10050132>
- Contreras M., A., & Castro, I. (2011). *Manejo de plagas y enfermedades en el cultivo de la papa*. Universidad Austral de Chile. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/58205>
- Correia, N. M., & Carvalho, A. D. F. de. (2018). Selectivity of the herbicide metribuzin for pre- and post-emergence applications in potato cultivation. *Semina: Ciências Agrárias*, 39(3), 963-970.
- Cuadros, D. F., Hernandez, A., Torres, M. F., Torres, D. M., Branscum, A. J., & Rincon, D. F. (2017). Vector Transmission Alone Fails to Explain

- the Potato Yellow Vein Virus Epidemic among Potato Crops in Colombia. *Frontiers in Plant Science*, 8. 1654. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01654>
- Czajkowski, R., Pérombelon, M. C. M., van Veen, J. A., & van der Wolf, J. M. (2011). Control of blackleg and tuber soft rot of potato caused by *Pectobacterium* and *Dickeya* species: A review. *Plant Pathology*, 60(6), 999-1013. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2011.02470.x>
- Dahal, K., Li, X.-Q., Tai, H., Creelman, A., & Bizimungu, B. (2019). Improving Potato Stress Tolerance and Tuber Yield Under a Climate Change Scenario – A Current Overview. *Frontiers in Plant Science*, 10. 563. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00563>
- Damian, M., González, F., Quiñones, P., & Terán, J. (2018). Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo. *Arnaldoa*, 25(1), 141-158. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25109>
- De Pascale, S., Roupahel, Y., & Colla, G. (2018). Plant biostimulants: In novative tool for enhancing plant nutrition in organic farming. *European Journal of Horticultural Science*, 82(6), 277-285. <https://doi.org/10.17660/eJHS.2017/82.6.2>
- Del Río, M. G., & Marvaldi, A. E. (2022). On the Andean genus *Leschenius* (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae): Updated phylogeny, with a new species from Ecuador, discovery of males, and larval description of the potato weevil *Leschenius vulcanorum*. *PeerJ*, 10, e12913. <https://doi.org/10.7717/peerj.12913>
- Del Río, M., Malvardi, A., & Lanteri, A. (2012). Systematics and cladistics of a new Naupactini genus (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae) from the Andes of Colombia and Ecuador. *Zoological Journal of the Linnean Society* 166(1), 54-71. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2012.00833.x>
- DeLay, B., Mamidala, P., Wijeratne, A., Wijeratne, S., Mittapalli, O., Wang, J., & Lamp, W. (2012). Transcriptome analysis of the salivary glands of potato leafhopper, *Empoasca fabae*. *Journal of Insect Physiology*, 58(12), 1626-1634. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2012.10.002>
- Díaz, J. (2019). *Manejo y evaluaciones de control de malezas en el cultivo de papa*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)-Cari llanca. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/4987>

- Dikilitas, M., Simsek, E., & Roychoudhury, A. (2020). Role of Proline and Glycine Betaine in Overcoming Abiotic Stresses. En A. Roychoudhury & D. K. Tripathi (Eds.). *Protective Chemical Agents in the Amelioration of Plant Abiotic Stress* (pp. 1-23). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119552154.ch1>
- Djaman, K., Koudahe, K., Koubodana, H. D., Saibou, A., & Essah, S. (2022). Tillage Practices in Potato (*Solanum tuberosum* L.) Production: A Review. *American Journal of Potato Research*, 99(1), 1-12. <https://doi.org/10.1007/s12230-021-09860-1>
- Douthwaite, B. (2020). *Control of potato purple top in Ecuador: Evaluation of CGIAR contributions to a policy outcome trajectory*. International Potato Center. <https://doi.org/10.4160/9789290605553>
- Driver, J. G., Owen, R. E., Makanyire, T., Lake, J. A., McGregor, J., & Styring, P. (2019). Blue Urea: Fertilizer With Reduced Environmental Impact. *Frontiers in Energy Research*, 7, 88. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2019.00088>
- EFSA Panel on Plant Health (PLH), Jeger, M., Bragard, C., Caffier, D., Candresse, T., Chatzivassiliou, E., Dehnen-Schmutz, K., Gilioli, G., Gregoire, J.-C., Jaques Miret, J. A., MacLeod, A., Navajas Navarro, M., Niere, B., Parnell, S., Potting, R., Rafoss, T., Urek, G., Van Bruggen, A., Van der Werf, W., ... Rossi, V. (2017). Pest categorisation of *Puccinia pittieriana*. *EFSA Journal*, 15(11), e05036. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.5036>
- Eichert, T., & Fernández, V. (2012). Uptake and Release of Elements by Leaves and Other Aerial Plant Parts. En P. Marschner (Ed.). *Mineral Nutrition of Higher Plants* (pp. 71-84). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00004-2>
- El-Ghamry, A., Abd, K., & Ghoneem, K. (2009). Amino and humic acids promote growth, yield and disease resistance of Faba bean cultivated in clayey soil. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3, 731-739.
- El-Sayed, S. F., Hassan, H. A., & El-Mogy, M. M. (2015). Impact of Bio- and Organic Fertilizers on Potato Yield, Quality and Tuber Weight Loss After Harvest. *Potato Research*, 58(1), 67-81. <https://doi.org/10.1007/s11540-014-9272-2>
- Espinosa-Antón, A. A., Hernández-Herrera, R. M., & González-González, M. (2020). Extractos bioactivos de algas marinas como bioes

- estimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. *Biotecnología Vegetal*, 20(4), 257-282.
- Esprella, R., Flores, P., & García, J. (2012). *Guía práctica para producir nuestra semilla de papa de calidad: Guía para agricultores/agricultoras y técnicos*. Fundación PROINPA. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria y Forestal (INIAF). Centro Internacional de la Papa (CIP). Fundación McKnight. <https://doi.org/10.4160/978-92-9060-424-2>
- Etter, A., McAlpine, C., Wilson, K., Phinn, S., & Possingham, H. (2006). Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 114(2-4), 369-386. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.11.013>
- Evans, K., & Stone, A. R. (1977). A Review of the Distribution and Biology of the Potato Cyst-Nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *PANS*, 23(2), 178-189. <https://doi.org/10.1080/09670877709412426>
- Fahad, S., Nie, L., Chen, Y., Wu, C., Xiong, D., Saud, S., Hongyan, L., Cui, K., & Huang, J. (2015). Crop Plant Hormones and Environmental Stress. En E. Lichtfouse (Ed.). *Sustainable Agriculture Reviews* (pp. 371-400). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09132-7_10
- Farfán, M. A., Forero, S. M., & Avellaneda-Torres, L. M. (2020). Evaluation of impacts of potato crops and livestock farming in Neotropical high Andean Páramo soils, Colombia. *Acta Agronómica*, 69(2), 106-116. <https://doi.org/10.15446/acag.v69n2.82206>
- Farooq, M. A., & Dietz, K.-J. (2015). Silicon as Versatile Player in Plant and Human Biology: Overlooked and Poorly Understood. *Frontiers in Plant Science*, 6, 994. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00994>
- Fernández, V., Bahamonde, H. A., Javier Peguero-Pina, J., Gil-Pelegrín, E., Sancho-Knapik, D., Gil, L., Goldbach, H. E., & Eichert, T. (2017). Physico-chemical properties of plant cuticles and their functional and ecological significance. *Journal of Experimental Botany*, 68(19), 5293-5306. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx302>
- Fernández, V., Gil Pelegrín, E., & Eichert, T. (2021). Foliar water and solute absorption: An update. *The Plant Journal*, 105(4), 870-883. <https://doi.org/10.1111/tpj.15090>
- Fiers, M., Edel-Hermann, V., Chatot, C., Le Hingrat, Y., Alabouvette, C., & Steinberg, C. (2012). Potato soil-borne diseases. A review. *Agro*

- nomy for Sustainable Development, 32(1), 93-132.
<https://doi.org/10.1007/s13593-011-0035-z>
- Franco-Ponce, J., & González-Verástegui, A. (2011). Pérdidas causadas por el nematodo Quiste de la papa (*Globodera* sp.) en Bolivia y Perú. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 16(2), 233-249.
<https://doi.org/10.37066/ralap.v16i2.180>
- Frost, C. (2018). *Fungicides: Risks and Management in Crop Production*. Forest Hills, NY Callisto Reference.
- Fu, Z., Castillo Carrillo, C., Rashed, A., Asaquibay, C., Aucancela, R., Camacho, J., López, V., Quimbiamba, V., Yumisaca Jimenez, F., Panchi, N., & Velasco, C. (2020). Assessing Genetic Diversity of Three Species of Potato Tuber Moths (Gelechiidae, Lepidoptera) in the Ecuadorian Highlands. *Florida Entomologist*, 103(3), 329-336. <https://doi.org/10.1653/024.103.0304>
- Fungicide Resistance Action Committee (FRAC). (2021). FRAC Classification of Fungicides. (Fungal control agents by cross resistance pattern and mode of action 2021). <https://www.frac.info/>
- Fungicide Resistance Action Committee (FRAC). (2022). *FRAC Code List ©*2022: Fungal control agents sorted by cross-resistance pattern and mode of action (including coding for FRAC Groups on product labels)*. Fungicide Resistance Action Committee (FRAC). <https://www.frac.info/>
- Gallegos, P., Asaquibay, C., & Castillo C., C. (2012). *Manejo integrado del gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* H. en el Ecuador*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina, Departamento Nacional de Protección Vegetal. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5136>
- García, F. (1986). *Manejo del cogollero del tomate, *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick), en el Valle del Cauca*. Sociedad Colombiana de Entomología. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/889>.
- García-Hernández, J. L., Murillo-Amador, B., Nieto-Garibay, A., Fortis-Hernández, M., Márquez-Hernández, C., Castellanos-Pérez, E., Quiñones-Vera, J. de J., & Avila-Serrano, N. Y. (2010). Avances en investigación y perspectivas del aprovechamiento de los abonos verdes en la agricultura. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 391-399.

- Gaspard, T., Jaffee, B. A., & Ferris, H. (1990). Association of *Verticillium chlamydosporium* and *Paecilomyces lilacinus* with Root-knot Nematode Infested Soil. *Journal of Nematology*, 22(2), 207-213.
- GBIF, B. T. (2021a). *Liriomyza braziliensis* (Frost, 1939) in GBIF Secretariat [Checklist dataset]. En GBIF Backbone Taxonomy. <https://doi.org/10.15468/39OMEI>
- GBIF, B. T. (2021b). *Liriomyza quadrata* (Malloch, 1934) in GBIF Secretariat [Checklist dataset]. En *GBIF Backbone Taxonomy*. <https://doi.org/10.15468/39omei>
- Gerke, J. (2021). Review Article: The effect of humic substances on phosphate and iron acquisition by higher plants: Qualitative and quantitative aspects. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 184(3), 329-338. <https://doi.org/10.1002/jpln.202000525>
- Gil, J. F., Adams, I., Boonham, N., Nielsen, S. L., & Nicolaisen, M. (2016). Molecular and biological characterisation of two novel pomovirus-like viruses associated with potato (*Solanum tuberosum*) fields in Colombia. *Archives of Virology*, 161(6), 1601-1610. <https://doi.org/10.1007/s00705-016-2839-2>
- Gildemacher, P., Demo, P., Kinyae, P., Wakahiu, M., Nyongesa, M., & Zschocke, T. (2007). *Select the best. Positive selection to improve farm saved seed potatoes*. Trainers manual. International Potato Center. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/108069>
- Girón, J. C. (2020). Status of knowledge of the broad-nosed weevils of Colombia (Coleoptera, Curculionidae, Entiminae). *Neotropical Biology and Conservation*, 15(4), 583-674. <https://doi.org/10.3897/neotropical.15.e59713>
- Gómez Jiménez, M. I., & Poveda, K. (2009). Synergistic effects of repellents and attractants in potato tuber moth control. *Basic and Applied Ecology*, 10(8), 763-769. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2009.06.009>
- Gómez-Calderón, N., Estrada-León, R. J., Gómez-Calderón, N., & Estrada-León, R. J. (2020). Conservación de suelos mediante la modificación de la frecuencia de labranza: Un caso en Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 54(1), 123-139. <https://doi.org/10.15359/rca.54-1.7>
- Gómez-Calderón, N., Villagra-Mendoza, K., & Solórzano-Quintana, M. (2018). La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria). *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1),

170. <https://doi.org/10.18845/tm.v3i1i.3506>
- González, C. S., García, C. B., & Ibarra, T. B. (2003). Evaluación de extractos vegetales sobre mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) en frijol en condiciones de laboratorio. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 20(1-2), 50-61.
- Grzywacz, D. (2017). Basic and Applied Research. En L. Lawrence (Ed.). *Microbial Control of Insect and Mite Pests* (pp. 27-46). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803527-6.00003-2>
- Guerrero Guerrero, O. A. (1982). Nematodos que afectan el cultivo de la papa. *Federación Colombiana de Productores de Papa - FE DEPAPA*, 123-128. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/22899>
- Guerrero Guerrero, O. A., Mulder, A., & Dees, J. E. (1980). *Algunas observaciones de la biología y dinámica de poblaciones de Globodera pallida en Nariño*. [Informe]. Instituto Colombiano Agropecuario. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/20837>
- Guiliano, M., Bonilla, D., Ligarreto, G., & Fajardo, D. (2000). Identificación y análisis de la variabilidad morfológica de 59 cultivares de papa criolla (*Solanum phureja* Juz. Et Buk.). *Agronomía Colombiana*, 17, 49-60
- Gunadi, N., Pronk, A. A., Karjadi, A. K., Prabaningrum, L., & Moekasan, T. K. (2017). Effect of selection methods on seed potato quality. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 922 012015. DOI: 10.1088/1755-1315/922/1/012015
- Gupta, V. K., & Sharma, R. C. (2012). *Integrated Disease Management and Plant Health*. Scientific Publishers.
- Hajji, L., Hlaoua, W., Regaieg, H., & Horrigue-Raouani, N. (2017). Biocontrol Potential of *Vorticillium leptobactrum* and *Purpureocillium lilacinum* Against *Meloidogyne javanica* and *Globodera pallida* on Potato (*Solanum tuberosum*). *American Journal of Potato Research*, 94(2), 178-183. <https://doi.org/10.1007/s12230-016-9554-0>
- Hao, J., & Ashley, K. (2021). Irreplaceable Role of Amendment-Based Strategies to Enhance Soil Health and Disease Suppression in Potato Production. *Microorganisms*, 9(8), 1660. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9081660>
- Haq, I. U., & Ijaz, S. (2020). *Plant Disease Management Strategies for Sustainable Agriculture through Traditional and Modern Approaches*. Springer Nature.

- Hassan, S. Z., Jajja, M. S. S., Asif, M., & Foster, G. (2021). Bringing more value to small farmers: A study of potato farmers in Pakistan. *Management Decision*, 59(4), 829-857. <https://doi.org/10.1108/MD-12-2018-1392>
- Hayyawi, W. A. A., & Estabraq, H. O. A.-M. (2020). Effect of Urea and Nano-Nitrogen Fertigation and Foliar Application of Nano-Boron and Molybdenum on some Growth and Yield Parameters of Potato. *Al-Qadisiyah Journal For Agriculture Sciences*, 10(1), 253-263. <https://doi.org/10.33794/qjas.2020.167074>
- He, Z., Guo, J., Reitz, S. R., Lei, Z., & Wu, S. (2020). A global invasion by the thrip, *Frankliniella occidentalis*: Current virus vector status and its management. *Insect Science*, 27(4), 626-645. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12721>
- Hemkemeyer, M., Schwalb, S. A., Heinze, S., Joergensen, R. G., & Wichern, F. (2021). Functions of elements in soil microorganisms. *Microbiological Research*, 252, 126832. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2021.126832>
- Hernández Rodríguez, O. A., Rivera Figueroa, C. H., Díaz Ávila, E. E., Ojeda Barrios, D. L., Guerrero Prieto, V. M., Hernández Rodríguez, O. A., Rivera Figueroa, C. H., Díaz Ávila, E. E., Ojeda Barrios, D. L., & Guerrero Prieto, V. M. (2017). Plant and livestock waste compost compared with inorganic fertilizer: Nutrient contribution to soil. *Terra Latinoamericana*, 35(4), 321-328.
- Hildebrandt, T. M., Nunes Nesi, A., Araújo, W. L., & Braun, H.-P. (2015). Amino Acid Catabolism in Plants. *Molecular Plant*, 8(11), 1563-1579. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2015.09.005>
- Hill, D., Nelson, D., Hammond, J., & Bell, L. (2021). Morphophysiology of Potato (*Solanum tuberosum*) in Response to Drought Stress: Paving the Way Forward. *Frontiers in Plant Science*, 11, 597554. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.597554>
- Hills, K., Collins, H., Yorgey, G., McGuire, A., & Kruger, C. (2020). Improving Soil Health in Pacific Northwest Potato Production: A Review. *American Journal of Potato Research*, 97(1), 1-22. <https://doi.org/10.1007/s12230-019-09742-7>
- Holman, J. (2008). Blackman R.L. & Eastop V.F.: Aphids on the World's Herbaceous Plants and Shrubs. *European Journal of Entomology*, 105, 164-164. <https://doi.org/10.14411/eje.2008.024>

- Hopkins, B. G., Rosen, C. J., Shiffler, A. K., & Taysom, T. W. (2008). Enhanced Efficiency Fertilizers for Improved Nutrient Management: Potato (*Solanum tuberosum*). *Crop Management*, 7(1), 1-16. <https://doi.org/10.1094/CM-2008-0317-01-RV>
- Hopkins, B. G., Stark, J. C., & Kelling, K. A. (2020). Nutrient Management. En J. C. Stark, M. Thornton, & P. Nolte (Eds.). *Potato Production Systems* (pp. 155-202). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39157-7_8
- Horváth, D., Fazekas, I., & Keszthelyi, S. (2017). *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873), first record of an invasive pest in Hungary (Lepidoptera, Gelechiidae). *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 52(1), 117-122. <https://doi.org/10.1556/038.52.2017.006>
- Hossain, M. A., Kumar, V., Burrett, D. J., Fujita, M., & Mäkelä, P. S. A. (Eds.). (2019). *Osmoprotectant-Mediated Abiotic Stress Tolerance in Plants: Recent Advances and Future Perspectives*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-27423-8>
- Huaraca, H., Montesdeoca, F., & Pumisacho, M. (2009). *Guía para facilitar el aprendizaje sobre el manejo del tubérculo-semilla de papa*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina, Núcleo de Transferencia y Comunicación. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/845>
- ICA. (2011). *Manejo fitosanitario del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* subsp. andigena y *S. phureja*): medidas para la temporada invernal*. ICA. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/2281>
- ICA. (2021). *Reporte de *Bactericera cockerelli* (Šulc) (Hemiptera: Triozidae) en el departamento de Nariño*. Subgerencia de Protección Vegetal. <https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/epidemiologia-agricola/saf/notificacion-oficial/detalle-notificacion-oficial/reporte-de-bactericera-cockerelli-sulc-hemipter>
- Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). (2022a). *Clasificación de Modos de Acción de Insecticidas y Acaricidas/IRAC*. Insecticide Resistance Action Committee. <https://irac-online.org/mode-of-action/>
- Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). (2022b). *Folleto de Clasificación del modo de acción de insecticidas y acaricidas de IRAC*.

- Insecticide Resistance Action Committee. <https://irac-online.org/mode-of-action/>
- Jácome-Mogro, E. J., Auz-Carvajal, D., Marín-Quevedo, K., Mogro-Cepeda, Y., & Jimenez-Jácome, C. (2022). Ciclo biológico de *Bactericera cockerelli*, vector de la enfermedad de punta morada (*Candidatus liberobacter*) en solanáceas, en los andes centrales ecuatorianos. *Revista Investigación Agraria*, 4(1), 26-37. <https://doi.org/10.47840/ReInA.4.1.1386>
- Jansky, S. H., Dawson, J., Spooner D.M. (2015). How do we address the disconnect between genetic and morphological diversity in germ plasm collections? *Am. J. Bot.*, 102(8), 1213-1215. <https://doi.org/10.3732/ajb.1500203>
- Johnson, D. A., Inglis, D. A., & Miller, J. S. (2004). Control of Potato Tuber Rots Caused by Oomycetes with Foliar Applications of Phosphorous Acid. *Plant Disease*, 88(10), 1153-1159. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.10.1153>
- Johnson, D. A., & Powelson, M. L. (2008). *Potato Health Management*. APS Press.
- Juárez, P., Palafox, M. P., Yáñez, R. M., Terrazas, M. I., & Morales, H. A. (2021). Preparación de bioles orgánicos. *Revista Biológico Agro pecuaria Tuxpan*, 9(2), 124-136. https://doi.org/10.47808/revista_bioagro.v9i2.369
- Junge, S. M., Leisch-Waskönig, S., Winkler, J., Kirchner, S. M., Saucke, H., & Finckh, M. R. (2022). Late to the Party—Transferred Mulch from Green Manures Delays Colorado Potato Beetle Infestation in Regenerative Potato Cropping Systems. *Agriculture*, 12(12), 2130. <https://doi.org/10.3390/agriculture12122130>
- Kaeppler, S. M., Kaeppler, H. F., & Rhee, Y. (2000). Epigenetic aspects of somaclonal variation in plants. En M. A. Matzke & A. J. M. Matzke (Eds.). *Plant Gene Silencing* (pp. 59-68). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4183-3_4
- Kakuhenzire, R., Lemaga, B., Tibanyendera, D., Borus, D., Kashaija, I., Namugga, P., & Schulte-Geldermann, E. (2013). Positive selection: A simple technique for improving seed potato quality and potato productivity among smallholder farmers. *Acta Horticulturae*, 1007, 225-233. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.1007.22>
- Kalimullin, M., Abdrakhmanov, R., Andreev, R., Semenov, A., Vasilyev, O.,

- Zaitsev, P., & Arkhipov, S. (2019). Improvement of potato cultivation technology. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 346(1), 012017. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/346/1/012017>
- Kannan, S. (2010). Foliar Fertilization for Sustainable Crop Production. En E. Lichtfouse (Ed.). *Genetic Engineering, Biofertilisation, Soil Quality and Organic Farming* (pp. 371-402). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-90-481-8741-6_13
- Kaps, J. S. (2008). Important Threats in Potato Production and Integrated Pathogen/Pest Management. *Potato Research*, 51(3), 385. <https://doi.org/10.1007/s11540-008-9114-1>
- Kemmitt, G. (2002). Early Blight of Potato and Tomato. *The Plant Health Instructor*. <https://doi.org/10.1094/PHI-I-2002-0809-01>
- Kenney, J. (2022). Bactericera cockerelli [Fotografía]. iNaturalist. <https://www.inaturalist.org/photos/191918613>
- Kenyon, D., Hight, F., Cairns, R., Nicolaisen, M., Mouttet, R., Loomans, A., Boavida, C., de Andrade, E., Douglas, H., & Deczynski, A. (2021). *Epitrix (flea beetle) species, life cycles and detection methods (Epitrix II)*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.5668350>
- Kerstiens, G. (2006). Water transport in plant cuticles: *An update*. *Journal of Experimental Botany*, 57(11), 2493-2499. <https://doi.org/10.1093/jxb/erl017>
- Khan-Qadri, R., Khan, I., Jahangir, M., Ashraf, U., Samin, G., Anwer, A., Adnan, M., & Bashir, M. (2015). *Phosphorous and Foliar Applied Nitrogen Improved Productivity and Quality of Potato*. *American Journal of Plant Sciences*, 06(01), 144-149. <https://doi.org/10.4236/ajps.2015.61016>
- Klikocka, H. (2009). Influence of NPK fertilization enriched with S, Mg, and micronutrients contained in liquid fertilizer Insol 7 on potato tubers yield [*Solanum tuberosum* L.] and infestation of tubers with *Streptomyces scabies* and *Rhizoctonia solani*. *Journal of Elementology*, 14(2), 271-288.
- Koch, M., Naumann, M., Pawelzik, E., Gransee, A., & Thiel, H. (2020). The Importance of Nutrient Management for Potato Production Part I: Plant Nutrition and Yield. *Potato Research*, 63(1), 97-119. <https://doi.org/10.1007/s11540-019-09431-2>

- Kozłowski, J., Jaskulska, M., & Kozłowska, M. (2019). Grazing Behaviour of Slugs (Gastropoda: Arionidae, Agriolimacidae) on the Aboveground and Underground Organs of Potato Plants. *Potato Research*, 62(3), 239-251. <https://doi.org/10.1007/s11540-018-9409-9>
- Kreitinger, M. (2019). *Management of Potato Tuber Necrotic Viruses*. Cornell University College of Agriculture & Life Sciences.
- Kreuze, J. F., Souza-Dias, J. A. C., Jeevalatha, A., Figueira, A. R., Valkonen, J. P. T., & Jones, R. A. C. (2020). Viral Diseases in Potato. En H. Campos & O. Ortiz (Eds.). *The Potato Crop* (pp. 389-430). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_11
- Krishnasree, R., Raj, S. K., & Chacko, S. R. (2021). Foliar nutrition in vegetables: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 10(1), 2393-2398. <https://doi.org/10.22271/phyto.2021.v10.i1ah.13716>
- Kroschel, J., Canedo, V., Alcázar, J., & Miethbauer, T. (2017). *Manejo de plagas de la papa en la region andina del Peru*. Guia de capa citacion. International Potato Center. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/96080>
- Kroschel, J., Mujica, N., Okonya, J., & Alyokhin, A. (2020). Insect Pests Affecting Potatoes in Tropical, Subtropical, and Temperate Regions. En H. Campos & O. Ortiz (Eds.). *The Potato Crop: Its Agricultural, Nutritional and Social Contribution to Human kind* (pp. 251-306). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_8
- Kroschel, J., & Schaub, B. (2013). Biology and ecology of potato tuber moths as major pests of potato. En A. Alyokhin, C. Vincent & P. Giordanengo (Eds.). *Insect Pests of Potato*, (pp. 165-192). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386895-4.00006-5>
- Kulshrestha, S., Seth, C., Sharma, M., Sharma, A., Mahajan, R., & Chauhan, A. (2014). Biology and control of *Rosellinia necatrix* causing white root rot disease: A review. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 8, 1803-1814.
- Kumari, S., Nagendran, K., Rai, A. B., Singh, B., Rao, G. P., & Bertaccini, A. (2019). Global Status of Phytoplasma Diseases in Vegetable

- Crops. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1349.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01349>
- Kuznetsova, M., Rogozhin, A., Smetanina, T., Demidova, V., Denisenkov, I., & Statsyuk, N. (2018). Pythium-Induced Root Rot of Potato and Its Control. *Entomology and Applied Science Letters* 5(2), 55-61.
- Kwon, M., Kim, J., & Maharjan, R. (2018). Effect of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) density on foliar leaf damage and yield loss in potato. *Applied Entomology and Zoology*, 53(3), 411-418. <https://doi.org/10.1007/s13355-018-0572-x>
- Lagos-Burbano, T. C., Mejía-España, D. F., Martínez-Moncayo, C., Andra de-Díaz, D., Latorre-Vásquez, L. I., Trejo-Escobar, D. M., & Valencia-Flórez, L. F. (2021). *Avances en el Mejoramiento Genético de la Papa* (*Solanum tuberosum* L.) para el Sur de Colombia. Editorial Universidad de Nariño. <https://sired.udenar.edu.co/7327/>
- Lamp, W. O., Nielsen, G. R., & Danielson, S. D. (1994). Patterns among Host Plants of Potato Leafhopper, *Empoasca fabae* (Homoptera: Cicadellidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 67(4), 354-368.
- Larkin, R. P., Griffin, T. S., & Honeycutt, C. W. (2010). Rotation and Cover Crop Effects on Soilborne Potato Diseases, Tuber Yield, and Soil Microbial Communities. *Plant Disease*, 94(12), 1491-1502. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-10-0172>
- Latorre, B. (2018). *Compendio de las enfermedades de las plantas*. Ediciones UC. <https://doi.org/10.2307/j.ctvkjb460>
- Latorre-Vásquez, L., Martín-Trejo, D., Valencia-Flórez, L., & Mejía-España, D. (2021). Caracterización morfológica de tubérculos de 60 genotipos de *Solanum tuberosum* grupo Phureja del departamento de Nariño. En T. Lagos (Ed.). *Avances en el mejoramiento genético de la papa (Solanum tuberosum L.) para el sur de Colombia* (pp. 61-84). Editorial Universidad de Nariño.
- Latutrie, M., Gourcilleau, D., & Pujol, B. (2019). Epigenetic variation for agronomic improvement: An opportunity for vegetatively propagated crops. *American Journal of Botany*, 106(10), 1281-1284. <https://doi.org/10.1002/ajb2.1357>
- Leadbeater, A. J. (2014). Plant Health Management: Fungicides and Antibiotics. En N. Van Alfen (Ed.). *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems* (pp. 408-424). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/WWB978-0-444-52512-3.00179-0>

- Madroñero, I. C., Rosero, J. E., Rodríguez, L. E., Navia, J. F., & Benavides, C. A. (2013). Caracterización morfoagronómica de genotipos promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum* L. grupo andigenum) en nariño. *Revista Temas Agrarios*, 18(2), 2013. <https://doi.org/10.21897/rta.v18i2.716>
- Mahmood, A. M., & Dunwell, J. M. (2019). Evidence for novel epigenetic marks within plants. *AIMS Genetics*, 6(4), 70-87. <https://doi.org/10.3934/genet.2019.4.70>
- Malumphy, C., Everatt, M., Giltrap, N., & Eyre, D. (2016). *Potato flea beetles Epitrix species*. Department for Environment, Food and Rural Affairs.
- Mansfield, J., Genin, S., Magori, S., Citovsky, V., Sriariyanum, M., Ronald, P., Dow, M., Verdier, V., Beer, S. V., Machado, M. A., Toth, I., Salmond, G., & Foster, G. D. (2012). Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13(6), 614-629. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2012.00804.x>
- Marcalla-González, F. L. (2020). *Distribución de Solanáceas Cultivables en el Ecuador para mejorar la Vigilancia Fitosanitaria de Plagas y Enfermedades*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Digital UTC. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7058>
- Mazuera, E. (2015). *Informe papa Superior en Programa 8 Treinta* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=XzR43SP7kp4>.
- Mendoza, M. A. (2021). *Efectos de la labranza convencional y labranza de conservación en la producción agrícola: Revisión de literatura*. [Tesis de pregrado, Escuela Agrícola Panamericana]. Biblioteca Wilson Popenoe. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/7109>
- Mendoza, Sanabria-Quispe, S., Pérez-Porras, W., & Cosme-DeLaCruz, R. (2021). Organic amendments and their effect on the properties of high Andean soils cultivated with native potato (*Solanum gnincalix* Juz. et Buk.). *Agroindustrial Science*, 11(2), 221-229. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.02.12>
- Mesa-Salgado, V. M., Mideros, M. F., Jaramillo-Villegas, S., Cotes-Torres, J. M., Lagos-Mora, L. E., Pineda, R. P., & Marín-Montoya, M. (2008). Variabilidad genética de aislamientos de *Phytophthora infestans* procedentes del suroeste de Colombia. *Revista Iberoamericana de Micología*, 25(3), 167-172. [https://doi.org/10.1016/S1130-1406\(08\)70039-1](https://doi.org/10.1016/S1130-1406(08)70039-1)

- Mikkelsen, R. L. (2007). *Biuret en fertilizantes de urea*. IPNI, Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica.
- Montesdeoca, F. (2005). *Guía para la producción, comercialización y uso de semilla de papa de calidad*. PNTR- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias -Proyecto Fortipapa.
- Montoya, F. C., & Yepes, F. (2018). Evaluación de daños en papa causados por especies de chisas (Coleoptera: Melolontidae) en la Unión, Antioquia. *Metroflor*. <https://cutt.ly/k4R68dN>
- Morales-Morales, E. J., Rubí-Arriaga, M., López-Sandoval, J. A., Martínez-Campos, Á. R., Morales-Rosales, E. J., Morales-Morales, E. J., Rubí-Arriaga, M., López-Sandoval, J. A., Martínez-Campos, Á. R., & Morales-Rosales, E. J. (2019). Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(8), 1875-1886. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i8.1732>
- Moreno-Mendoza, J. D., & Cerón-Lasso, M. del S. (2007). *Corpoica Mary: nueva variedad mejorada de papa para hojuelas y consumo en fresco*. Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/17459>
- Mossa, A.-T. (2016). *Green Pesticides: Essential Oils as Biopesticides in Insect-pest Management*. *Journal of Environmental Science and Technology*, 9(5), 354-378. <https://doi.org/10.3923/jest.2016.354.378>
- Munyanza, J. E. (2010). Emerging Leafhopper-Transmitted Phytoplasma Diseases of Potato. *Southwestern Entomologist*, 35(3), 451-456. <https://doi.org/10.3958/059.035.0331>
- Munyanza, J. E. (2012). Zebra Chip Disease of Potato: Biology, Epidemiology, and Management. *American Journal of Potato Research*, 89(5), 329-350. <https://doi.org/10.1007/s12230-012-9262-3>
- Navarro, P. (2017). *Entomología—Plagas en papas: Pulgón de la papa*. Ficha Técnica Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) - Programa Sanidad Vegetal. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/66982>
- Nicholls, C. I., & Altieri, M. A. (2018). Pathways for the amplification of agroecology. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 42(10), 1170-1193. <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1499578>

- Ninh, H. T., Grandy, A. S., Wickings, K., Snapp, S. S., Kirk, W., & Hao, J. (2015). Organic amendment effects on potato productivity and quality are related to soil microbial activity. *Plant and Soil*, 386(1-2), 223-236. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2223-5>
- Niu, J., Liu, C., Huang, M., Liu, K., & Yan, D. (2021). Effects of Foliar Fertilization: A Review of Current Status and Future Perspectives. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(1), 104-118. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00346-3>
- Notz, A. P. (1992). Distribution of eggs and larvae of *Scrobipalpus absoluta* in potato plants, *Revista de la Facultad de Agronomía*, 18, 425-432.
- Nyawade, S. O., Karanja, N. N., Gachene, C. K. K., Schulte-Geldermann, E., & Parker, M. (2018). Effect of potato hilling on soil temperature, soil moisture distribution and sediment yield on a sloping terrain. *Soil and Tillage Research*, 184, 24-36. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.06.008>
- Ñústez-López, C. E. (2011). *Varietades colombianas de papa*. Universidad Nacional de Colombia.
- O'Brien, P. A., & Milroy, S. P. (2017). Towards biological control of *Spongopora subterranea* f. Sp. Subterranea, the causal agent of powdery scab in potato. *Australasian Plant Pathology*, 46(1), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s13313-017-0466-3>
- Olivares P., N., Moran V., A., & Guzmán L., A. (Eds.). (2017). *Manejo de plagas en repollo, tomate y lechuga*. Boletín Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6632>
- Oppedisano, T., Shrestha, G., & Rondon, S. I. (2022). Hemipterans, other than aphids and psyllids affecting potatoes worldwide. En A. Alyokhin, S. I. Rondon, & Y. Gao (Eds.). *Insect Pests of Potato* (2.a ed., pp. 167-187). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821237-0.00010-X>
- Oyesola, O., Aworunse, O., Oniha, M., Obiazikwor, O., Bello, O., Atolagbe, O., Sobowale, A., Popoola, J., & O. Obembe, O. (2021). Impact and Management of Diseases of *Solanum tuberosum*. En M. Yildiz & Y. Ozgen (Eds.). *Solanum tuberosum—A Promising Crop for Starvation Problem* (Ch.11). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.98899>
- Palacio-Villa, M. M. (2010). Determinación de las especies de *Astaena* (Coleoptera: Melolonthidae) asociadas a culti

- vos en dos altiplanos colombianos. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional UN. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/70360>
- Pathak, D., Lone, R., & Koul, K. K. (2017). Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) and Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) Association in Potato (*Solanum tuberosum* L.): A Brief Review. En V. Kumar, M. Kumar, S. Sharma, & R. Prasad (Eds.). *Probiotics and Plant Health* (pp. 401-420). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-103473-2_18
- Paucar-Cabrera, A., & Ratcliffe, B. C. (2018). The Ancognatha Erichson (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae: Cyclocephalini) of Ecuador, with Description of a New Species. *The Coleopterists Bulletin*, 72(4), 665. <https://doi.org/10.1649/0010-065X-72.4.665>
- Peloquin, S. J., Boiteux, L. S., & Carputo, D. (1999). Meiotic Mutants in Potato: *Valuable Variants*. *Genetics*, 153(4), 1493-1499. <https://doi.org/10.1093/genetics/153.4.1493>
- Peña, C., Restrepo-Sánchez, L.-P., Kushalappa, A., Rodríguez-Molano, L.-E., Mosquera, T., & Narváez-Cuenca, C.-E. (2015). Nutritional contents of advanced breeding clones of *Solanum tuberosum* group Phureja. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 76-82. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.038>
- Pérez, W., & Forbes, G. (2011). *Guía de identificación de plagas que afectan a la papa en la zona andina*. International Potato Center.
- Perveen, F. K. (Ed). (2012). *Insecticides: Pest Engineering*. *IntechOpen*. DOI: 10.5772/1354
- Powell, S. M., McPhee, J. E., Dean, G., Hinton, S., Sparrow, L. A., Wilson, C. R., & Tegg, R. S. (2020). Managing soil health and crop productivity in potato: A challenging test system. *Soil Research*, 58(8), 697. <https://doi.org/10.1071/SR20032>
- Prager, S. M., Vindiola, B., Kund, G. S., Byrne, F. J., & Trumble, J. T. (2013). Considerations for the use of neonicotinoid pesticides in management of *Bactericera cockerelli* (Šulk) (Hemiptera: Triozidae). *Crop Protection*, 54, 84-91. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.08.001>
- Pratap-Singh, R., Handa, R., & Manchanda, G. (2021). Nanoparticles in sustainable agriculture: An emerging opportunity. *Journal of Controlled Release*, 329, 1234-1248. <https://doi.org/10.1016/j.jcon>

rel.2020.10.051

- Radcliffe, E. B., & Lagnaoui, A. (2007). Insect Pests in Potato. En D. Vreugdenhil, J. Bradshaw, C. Gebhardt, F. Govers, D.L. Mackerron, M. A. Taylor & H.A. Ross. *Potato Biology and Biotechnology* (pp. 543-567). Elsevier Science B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-044451018-1/50067-1>
- Radcliffe, E. B., & Ragsdale, D. W. (2002). Aphid-transmitted potato viruses: The importance of understanding vector biology. *American Journal of Potato Research*, 79(5), 353-386. <https://doi.org/10.1007/BF02870173>
- Rafiee Dastjerdi, H., Khorrarni, F., Razmjou, J., Esmailpour, B., Golizadeh, A., & Hassanpour, M. (2013). The efficacy of some medicinal plant extracts and essential oils against potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Crop Protection*, 2(1), 93-99.
- Raygoza, F., & Rodríguez, E. (2014). Diseño para la elaboración del lombri compostaje. *Juyyaania*, 2(1), 87-96.
- Reitz, S. R., Gao, Y., Kirk, W. D. J., Hoddle, M. S., Leiss, K. A., & Funderburk, J. E. (2020). Invasion Biology, Ecology, and Management of Western Flower Thrips. *Annual Review of Entomology*, 65(1), 17-37. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-024947>
- Rendon-Ocampo, C. P., Wagner-Medina, E. V., Romero-Ávila, J. F., & Santacruz-Castro, A. M. (2021). Reflexiones sobre el fortalecimiento del sistema nacional de semilla en Colombia: Plan semilla 2013-2018. *Textual*, 77, 143-172. <https://doi.org/10.5154/r.textual.2020.77.08>
- Restrepo-Giraldo, H., & López-Ávila, A. (2000). *Especies de chisas (Coleoptera: Melolonthidae) de importancia agrícola en Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/17757>
- Ríos, D., & Estigarribia, A. (2018). Descompactación biológica, una alternativa de solución a la compactación del suelo. *Revista de Investigación Científica y Tecnológica*, 2(2), 73-83. [https://doi.org/10.36003/Rev.investig.cient.tecnol.V2N2\(2018\)8](https://doi.org/10.36003/Rev.investig.cient.tecnol.V2N2(2018)8)
- Rocha de Souza, M., Silva, N., Sa, V., Leite, G., Zanuncio, J., & Soares, M. (2019). *First Record of Empoasca kraemeri* (Hemiptera: Cicadelli

- dae) Attacking Sweet Potato in Brazil. *Florida Entomologist*, 102, 627-629. <https://doi.org/10.1653/024.102.0340>
- Rodríguez, L. E., Ñustez, C. E., & Estrada, N. (2009). Criolla Latina, Criolla Paisa y Criolla Colombia, nuevos cultivares de papa criolla para el departamento de Antioquia (Colombia). *Agronomía Colombiana*, 27(3), 289-303.
- Rodríguez-Soto, G., Pinedo-Taco, R. E., & Sulca-Salazar, F. (2020). Efecto del aporque en el rendimiento y la rentabilidad en cultivares nativos de papa. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 1-14. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1798
- Rodríguez-Molano, L. E., & Tinjacá-Ruíz, S. (2015). *Catálogo de papas nativas de Nariño, Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Romero, F. (2004). *Manejo Integrado de Plagas: Las bases, Los conceptos, Su mercantilización*. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Rondon, S. I. (2020). Decoding Phthorimaea operculella (Lepidoptera: Gelechiidae) in the new age of change. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(2), 316-324. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62740-1](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62740-1)
- Rondon, S. I., Carrillo, C. C., Cuesta, H. X., Navarro, P. D., & Acuña, I. (2022). Latin America potato production: Pests and foes. En A. Alyokhin, S. I. Rondon, & Y. Gao (Eds.). *Insect Pests of Potato* (2.a ed., pp. 317-330). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821237-0.00019-6>
- Rondon, S., & Oppedisano, T. (2020). *Biology and Management of the Beet Leafhopper and Purple Top Phytoplasma Affecting Potatoes in the Pacific Northwest*. Oregon State University Extension Service.
- Rosero-Alpala, M. G., Tapie, W. A., & Rosero-Alpala, D. A. (2020). Diversidad fenotípica de papas nativas en las comunidades indígenas de la etnia de los Pastos (Nariño, Colombia): Agricultura ecológica para la seguridad alimentaria y el desarrollo rural. *Revista Peruana de Biología*, 27(4), 509-516. <https://doi.org/10.15381/rpb.v27i4.18020>
- Saguez, J., Giordanengo, P., & Vincent, C. (2013). Aphids as major potato pests. In P. Giordanengo, C. Vincent & A. Alyokhin (Eds.). *Insect Pests of Potato: Global Perspectives on Biology and Management*, (pp. 31- 63). Elsevier.
- Saini, P. K., Yadav, R. K., & Yadav, G. C. (2019). Green manures in agricultu

- re: A review. *Bhartiya Krishi Anusandhan Patrika*, 34(1), 1-10.
<https://doi.org/10.18805/BKAP142>
- San Blas, G., & Barrionuevo, M. J. (2013). Status and redescription of the South American pest species *Agrotis robusta* (Lepidoptera, Noctuidae), a history of misidentifications. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(4), 1153-1158. <https://doi.org/10.7550/rmb.36317>
- Sanchez, P., Lutz, A. L., Magliano, M. F., Menapace, P., & Scotta, R. R. (2018). Eficacia de haloxifop-r-metil con distintos coadyuvantes. *Fave. Sección ciencias agrarias*, 17(2), 63-69.
- Sanchez, P., & Perez, J. (2018). *Evaluación de combinaciones de herbicidas pre y post emergentes para el control de malezas en el cultivo de papa en el valle bonaerense del río Colorado*. EEA Hilario Ascasubi, INTA. <http://repositorio.inta.gob.ar:80/handle/20.500.12123/8187>
- Sarkar, A., Saha, M., & Meena, V. S. (2017). Plant Beneficial Rhizospheric Microbes (PBRMs): Prospects for Increasing Productivity and Sustaining the Resilience of Soil Fertility. En V. S. Meena, P. K. Mishra, J. K. Bisht, & A. Pattanayak (Eds.). *Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture: Volume I: Plant-soil-micro be nexus* (pp. 3-29). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5589-8_1
- Schneider, S. L., & Lim, H. W. (2019). A review of inorganic UV filters zinc oxide and titanium dioxide. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*, 35(6), 442-446. <https://doi.org/10.1111/phpp.12439>
- Šebesta, M., Kolenčík, M., Sunil, B. R., Illa, R., Mosnáček, J., Ingle, A. P., & Urík, M. (2021). Field Application of ZnO and TiO₂ Nanoparticles on Agricultural Plants. *Agronomy*, 11(11), 2281. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112281>
- Seminario, J. F., Seminario, A., Domínguez, A., & Escalante, B. (2017). Harvest performance of seventeen potato cultivar (*Solanum tuberosum* L.) from the Phureja group. *Scientia Agropecuaria*, 8(3), 181-191. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.03.01>
- Sengoda, V. G., Cooper, W. R., Swisher, K. D., Henne, D. C., & Munyaneza, J. E. (2014). Latent Period and Transmission of “*Candidatus Liberibacter solanacearum*” by the Potato Psyllid *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae). *PLoS ONE*, 9(3), e93475. [Whhttps://doi.org/10.1371/journal.pone.0093475](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093475)

- Shah, M. A., Subhash, S., Ellango, R., Asokan, R., Sharma, S., & Chakrabarti, S. K. (2022). Biology and Management of Whiteflies in Potato Crops. En S. K. Chakrabarti, S. Sharma, & M. A. Shah (Eds.). **Sustainable Management of Potato Pests and Diseases** (pp. 247-279). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7695-6_10
- Shahrajabian, M. H., Chaski, C., Polyzos, N., & Petropoulos, S. A. (2021). Biostimulants Application: A Low Input Cropping Management Tool for Sustainable Farming of *Vegetables*. *Biomolecules*, 11(5), 698. <https://doi.org/10.3390/biom11050698>
- Simbaqueba, R., & Cardona, F. J. S. (2021). Áfidos (Hemiptera: Aphididae) de Colombia, con nuevos registros para el norte de Sudamérica. *Caldasia*, 43(1), 1-27. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v43n1.77979>
- Singh, J., Singh, M., Jain, A., Bhardwaj, S., Singh, A., Singh, D., Bhushan, B., & Dubey, S. (2014). An Introduction of Plant Nutrients and Foliar Fertilization: A Review. En R. Tulsa, S. Kumar, R. Singh, & P. Singh (Eds.). *Precision farming: A New Approach* (pp. 258-320). Daya Publishing Company. 10.13140/RG.2.1.1629.3844
- Singh, S., Singh, S., Kumar, R., & Kumar, R. (2018). *Plant Mineral Nutrition: Functions, Deficiency and Toxicity Symptoms and Correcting Deficiency with Foliar Application of Nutrients. A Technique Achieving Maximum Economic Return—Review Paper*. 5(4), 363-370.
- Smulders, M. J. M., & de Klerk, G. J. (2011). Epigenetics in plant tissue culture. *Plant Growth Regulation*, 63(2), 137-146. <https://doi.org/10.1007/s10725-010-9531-4>
- Soratto, R. P., Fernandes, A. M., Pilon, C., & Souza, M. R. (2019). Phosphorus and silicon effects on growth, yield, and phosphorus forms in potato plants. *Journal of Plant Nutrition*, 42(3), 218-233. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1554072>
- Stark, J. C., & Thornton, M. (2020). Field Selection, Crop Rotations, and Soil Management. En J. C. Stark, M. Thornton, & P. Nolte (Eds.). *Potato Production Systems* (pp. 87-100). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39157-7_5
- Stefańczyk, E., & Sobkowiak, S. (2017). Isolation, Identification and Preservation of *Fusarium* spp. Causing Dry Rot of Potato Tubers. *Plant Breeding and Seed Science*, 76, 45-51. <https://doi.org/10.1515/plass-2017-0020>
- Swisher-Grimm, K. D., Mustafa, T., Cooper, W. R., & Munyaneza, J. E.

- (2020). Growth and Yield Performance of *Solanum tuberosum* Grown from Seed Potatoes Infected with 'Candidatus Liberibacter solanacearum' Haplotypes A and B. *Plant Disease*, 104(3), 688-693. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-19-1125-RE>
- Swoboda, P., Döring, T. F., & Hamer, M. (2022). Remineralizing soils? The agricultural usage of silicate rock powders: A review. *Science of The Total Environment*, 807, 150976. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150976>
- Syed, R. N., Lodhi, A. M., & Shahzad, S. (2020). Management of Pythium Diseases. In M. Rai, K.A. Abd-Elsalam, & A.P. Ingle (Eds.). *Pythium* (pp. 314-343). CRC Press.
- Taylor, R. a. J., & Shields, E. J. (2018). Revisiting potato leafhopper, *Empoasca fabae* (Harris), migration implications in a world where invasive insects are all too common. *American Entomologist*, 64(1), 44-51.
- Teresani, G., Hernández, E., Bertolini, E., Siverio, F., Marroquín, C., Molina, J., Hermoso de Mendoza, A., & Cambra, M. (2015). Search for potential vectors of 'Candidatus Liberibacter solanacearum': Population dynamics in host crops. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 13(1), e1002. <https://doi.org/10.5424/sjar/2015131-6551>
- Termorshuizen, A. J. (2007). Chapter 29—Fungal and Fungus-Like Pathogens of Potato. En D. Vreugdenhil, J. Bradshaw, C. Gebhardt, F. Govers, D. K. L. Mackerron, M. A. Taylor, & H. A. Ross(Eds.). *Potato Biology and Biotechnology* (pp. 643-665). Else vier Science B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-044451018-1/50071-3>
- Thakur, A., Kumar, A., Chava, V., Kumar, B., Kiran, S., Kumar, V., & Athokpam. (2021). A review on vermicomposting: by-products and its importance. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 22, 156-164.
- Thind, T. S. (2017). Role of Fungicides in Crop Health Management: Pros pects and Challenges. En T. Satyanarayana, S. K. Deshmukh, & B. N. Johri (Eds.). *Developments in Fungal Biology and Applied Mycology* (pp. 433-447). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-4768-8_22
- Thomas-Sharma, S., Abdurahman, A., Ali, S., Andrade-Piedra, J. L., Bao, S., Charkowski, A. O., Crook, D., Kadian, M., Kromann, P., Struik, P. C., Torrance, L., Garrett, K. A., & Forbes, G. A. (2016). Seed dege

- neration in potato: The need for an integrated seed health strategy to mitigate the problem in developing countries. *Plant Pathology*, 65(1), 3-16. <https://doi.org/10.1111/ppa.12439>
- Thomas-Sharma, S., Andrade-Piedra, J., Carvajal Yepes, M., Hernandez Nopsa, J. F., Jeger, M. J., Jones, R. A. C., Kromann, P., Legg, J. P., Yuen, J., Forbes, G. A., & Garrett, K. A. (2017). A Risk assessment framework for seed degeneration: Informing an integrated seed health strategy for vegetatively propagated crops. *Phytopathology*, 107(10), 1123-1135. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-09-16-0340-R>
- Torres, L., Gallegos, P., Castillo, C., & Asaquibay, C. (2011). *Manejo de gusano blanco – Inventario de Tecnologías e Información para el Cultivo de Papa en Ecuador*. Centro Internacional de la Papa (CIP). <https://cipotato.org/papaenecuador/manejo-de-gusano-blanco/>
- Trivedi, T. P., & Rajagopal, D. (1992). Distribution, biology, ecology and management of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae): A review. *Tropical Pest Management*, 38(3), 279-285. <https://doi.org/10.1080/09670879209371709>
- Trujillo, E., & Perera, S. (2009). *Plagas y enfermedades de la papa: Identificación y control*. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural. Información técnica. Cabildo Insular de Tenerife-Servicio técnico de agricultura y desarrollo rural área de aguas y agricultura.
- Trujillo, E., & Perera, S. (2019). *Manejo integrado de plagas y enfermedades en cultivos de papas*. Cabildo Insular de Tenerife-Servicio técnico de agricultura y desarrollo rural área de aguas y agricultura.
- Tsedaley, B. (2014). Review On Early Blight (*Alternaria* spp.) of Potato Disease and its Management Options. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 4(27), 191.
- Tsrer, L. (2010). Biology, Epidemiology and Management of *Rhizoctonia solani* on Potato. *Journal of Phytopathology*, 158(10), 649-658. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2010.01671.x>
- Udhaya, D., Suganthi, S., & Rajasekar, M. (2017). Supplementation of Mineral Nutrients through Foliar Spray-A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(3), 2504-2513. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.603.283>
- Vallejo, D., Rojas, D. A., Martinez, J. A., Marchant, S., Holguin, C. M., & Pérez,

- O. Y. (2021). Occurrence and molecular characterization of cyst nematode species (*Globodera* spp.) associated with potato crops in Colombia. *PLoS ONE* 16(7), e0241256. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241256>
- Vallejo, L., & Alvarado, S. (2011). *Rol del silicio en la fertilidad de los suelos y la nutrición vegetal*. Revista Rumipamba, 1-14.
- Vargas, H. A. (2019). A new species of *Scrobipalpula* Povolný (Lepidoptera: Gelechiidae) associated with *Baccharis salicifolia* (Asteraceae) in the Atacama Desert of northern Chile. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 54(3), 217-224. <https://doi.org/10.1080/01650521.2019.1663588>
- Vélez-Betancourt, A. F. (2021). *Cadenas sostenibles ante un clima cambiante- La papa en Colombia*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/114743>
- Vereijssen, J. (2020). Ecology and management of *Bactericera cockerelli* and *Candidatus Liberibacter solanacearum* in New Zealand. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(2), 333-337. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62641-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62641-9)
- Vignola, R., Watler, W., Vargas Céspedes, A., & Morales, M. (2017). *Ficha técnica-cultivo de papa. Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de papa en costa rica*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria -INTA, CATIE.
- Vincini, A. M., Jacobsen, B., Tulli, M. C., Carmona, D. M., & López, R. (2014). Population dynamics of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) and *Thrips tabaci* Lindeman, in cultures of potato (*Solanum tuberosum*). *Entomotropica*, 29(1), 17-27.
- Volverás-Mambuscay, B., Amézquita-Collazos, É., & Campo-Quesada, J. M. (2016). Indicadores de calidad física del suelo de la zona cerealera andina del departamento de Nariño, Colombia. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 17(3), 361-377. https://doi.org/10.21930/rcta.vol17_num3_art:513
- Volverás-Mambuscay, B., Campo-Quesada, J. M., Merchancano-Rosero, J. D., & López-Rendón, J. F. (2020). Propiedades físicas del suelo en el sistema de siembra en wachado en Nariño, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 743-760. <https://doi.org/10.15517/am.v31i3.39233>

- Wainer, J., & Dinh, Q. (2021). Taxonomy, Morphological and Molecular Identification of the Potato Cyst Nematodes, *Globodera pallida* and *G. rostochiensis*. *Plants*, 10(1), 184. <https://doi.org/10.3390/plants10010184>
- Wan, J., Wang, R., Ren, Y., & McKirdy, S. (2020). Potential Distribution and the Risks of *Bactericera cockerelli* and Its Associated Plant Pathogen *Candidatus Liberibacter Solanacearum* for Global Potato Production. *Insects*, 11(5), 298. <https://doi.org/10.3390/insects11050298>
- Wenninger, E. J., Rashed, A., Rondon, S. I., Alyokhin, A., & Alvarez, J. M. (2020). Insect Pests and Their Management. En J. C. Stark, M. Thornton, & P. Nolte (Eds.). *Potato Production Systems* (pp. 283- 345). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39157-7_11
- Westermann, D. T. (2005). Nutritional requirements of potatoes. *American Journal of Potato Research*, 82(4), 301-307. <https://doi.org/10.1007/BF02871960>
- Wheeler, M. N., & Johnston, B. R. (2013). *Fungicides: Classification, Role in Disease Management and Toxicity Effects*. Nova Science Publishers, Incorporated.
- Wintermantel, W. M. (2009). Transmission Efficiency and Epidemiology of Criniviruses. En P. A. Stansly & S. E. Naranjo (Eds.). *Bemisia: Bionomics and Management of a Global Pest* (pp. 319-331). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2460-2_10
- Wohleb, C. H., Waters, T. D., & Crowder, D. W. (2021). Decision Support for Potato Growers using a Pest Monitoring Network. *American Journal of Potato Research*, 98(1), 5-11. <https://doi.org/10.1007/s12230-020-09813-0>
- Xu, Y., & Gray, S. M. (2020). Aphids and their transmitted potato viruses: A continuous challenges in potato crops. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(2), 367-375. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62842-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62842-X)
- Zulfiqar, F., Casadesús, A., Brockman, H., & Munné-Bosch, S. (2020). An overview of plant-based natural biostimulants for sustainable horticulture with a particular focus on moringa leaf extracts. *Plant Science*, 295, 110194. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110194>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Genotipos de papa tipo guata.....	15
Figura 2. Genotipos de papa tipo chaucha o criolla.....	18
Figura 3. Genotipos de papa procedentes de programas de fitomejoramiento.....	22
Figura 4. Cultivo de genotipo de papa con tolerancia a <i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary, obtenido a través de un proceso de selección de plantas con mayor tolerancia....	25
Figura 5. Semilla de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) con buena calidad física, genética, fisiológica y sanitaria.....	29
Figura 6. Fases para el manejo de la semilla certificada.....	31
Figura 7. Fases para el manejo de semilla de lotes comerciales de buena procedente.....	33
Figura 8. Cultivo de papa en ecosistemas de páramo complejo Chiles-Cumbal.....	36
Figura 9. Suelos en proceso de degradación al ser sometidos a una preparación mecanizada intensiva para la siembra de papa.....	38
Figura 10. Proceso de establecimiento e incorporación de abonos verdes.....	39
Figura 11. Esquema del proceso para la obtención de compost.....	41
Figura 12. Esquema del proceso de lombricompostaje.....	42
Figura 13. Preparación de suelo para la siembra de papa.....	44
Figura 14. Cultivo de papa con manejo inadecuado de arvenses de hoja ancha y gramíneas.....	45

Figura 15. Producción de tubérculos por planta de papa Diacol Capiro en suelo micorrizado.....	51
Figura 16. Fertilización y aplicación de plaguicidas en la etapa de brotación o emergencia.....	54
Figura 17. Síntomas de deficiencia nutricionales.....	61
Figura 18. Insectos plaga con aparato bucal masticador.....	74
Figura 19. Ninfas y adultos de Trips (<i>Trips tabaci</i>).....	76
Figura 20. Insectos plaga con aparato bucal chupador.....	77
Figura 21. Síntomas de infecciones virales transmitidas por áfidos..	78
Figura 22. Diferentes niveles de severidad del Virus del amarillamiento de venas PYVV transmitido por las moscas blancas (<i>Trialeurodes vaporariorum</i> y <i>Bemisia tabaci</i>).....	80
Figura 23. Ninfas y adultos del saltahojas o psílido de la papa <i>Bactericera cockerelli</i> , vector de las patologías denominadas punta morada y zebra chip.....	86
Figura 24. Ciclo de vida del psílido de la papa <i>Bactericera cockerelli</i> .	88
Figura 25. Plagas del suelo.....	98
Figura 26. Enfermedades de la parte foliar.....	115
Figura 27. Cultivo de papa Diacol Capiro en estado de madurez temprana causada por Oomycete <i>Pythium</i> sp.....	117
Figura 28. Síntomas de la enfermedad costra negra de la papa causada por <i>Rhizoctonia solani</i>	119
Figura 29. Síntomas de la enfermedad mortaja o lana blanca de la papa causada por <i>Rosellinia</i>	120
Figura 30. Marchitez por <i>Verticillium</i> sp.....	121
Figura 31. Pudrición seca causada por <i>Fusarium</i> sp.....	121
Figura 32. Síntomas de la enfermedad sarna o roña polvosa de la papa causada por <i>Spongospora subterranea</i>	124
Figura 33. Síntomas de la enfermedad pata negra causada por <i>Pectobacterium atrosepticum</i>	125
Figura 34. Síntomas en tubérculos de la enfermedad sarna común causada por <i>Streptomyces</i> spp.....	126

AUTORES

Carlos Arturo Betancourth García

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Nariño, Magister en Fitopatología de la Universidad de Caldas y Doctor en Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia, ejerce como docente tiempo completo de la Facultad de Ciencias Agrícolas, de la Universidad de Nariño, perteneciente al Grupo de Investigación de Sanidad Vegetal, con enfoque en las líneas de investigación de Sanidad Vegetal, Virología, Fitopatología, y Epidemiología.

Claudia Elizabeth Salazar González

Directora del Departamento Producción y Sanidad Vegetal, y docente tiempo completo de la Facultad de Ciencias Agrícolas, de la Universidad de Nariño. Es ingeniera agrónoma de la Universidad de Nariño, Magister en Ciencias Agrarias con énfasis en Fitoprotección Integrada de la Universidad Nacional de Colombia y Doctora en Ciencias Agrarias con énfasis en Protección de Cultivos de la Universidad Nacional De Colombia. Líder del Grupo de Investigación de Sanidad Vegetal, con líneas de investigación en caracterización de poblaciones de plagas y enfermedades, epidemiología, manejo integrado de plagas y enfermedades en los sistemas de cultivo.

Benjamín Alfredo Sañudo Sotelo

Ingeniero agrónomo y docente jubilado de la Universidad de Nariño, experto en Sanidad vegetal, manejo integrado de plagas y enfermedades, fitomejoramiento, nutrición vegetal, así como en otras áreas de las ciencias agrícolas. A contribuido al conocimiento de la agricultura Nariñense toda su vida profesional, siendo autor de una amplia lista de libros, artículos científicos, manuales de laboratorio, así como asesor de innumerables tesis y proyectos tanto productivos como de investigación.

Carlos Arturo Flórez Casanova

Ingeniero agrónomo y candidato a Magister en Ciencias Agrarias de la Universidad de Nariño, integrante del Grupo de Investigación de Sanidad Vegetal. Con líneas de Investigación en Microbiología, manejo integrado de plagas y enfermedades, control biológico, y fundamentos de biología molecular. Docente hora cátedra por prestación de servicios.

Carlos Alberto Salomón Solarte

Ingeniero agrónomo y candidato a Magister en Ciencias Agrarias de la Universidad de Nariño, integrante del Grupo de Investigación de Sanidad Vegetal. Integrante del Grupo de Investigación de Sanidad Vegetal. Profesional científico en el proyecto “Manejo integrado de la costra negra de la papa (*Rhizoctonia solani* Kuhn) en el departamento de Nariño”.



Editorial
Universidad de **Nariño**

Las posibilidades competitivas de la papa para
la producción en pequeña escala en nariño

Fecha de publicación: 2023
San Juan de Pasto-Nariño Colombia

Tradicionalmente la papa es una opción alimentaria y laboral, importante para la región andina de Nariño en altitudes entre 2.600 y 3.300 metros, con un área cultivada que se estima en más de 24 mil hectáreas, distribuidas en 18 municipios y producción anual que sobrepasa las 540 mil toneladas; siendo mayor la proporción del cultivo de papa tipo guatas con respecto a las criollas o chauchas. Sin embargo, su expansión progresiva desde la década de 1960, ha conllevado a dos situaciones medioambientales negativas. Primero con la ampliación de la frontera agrícola, interviniendo ecosistemas de subpáramo y páramo, para incorporar suelos frágiles a la producción. Luego con un laboreo inadecuado de los terrenos, mediante el empleo del arado de discos a tracción mecanizada y del arado de vertedera a tracción animal, que, con el paso del tiempo, han desencadenado un deterioro acentuando del horizonte fértil de suelos, principalmente en sus condiciones físicas, por la pérdida de la capa arable desde las cimas de lotes con pendiente; afloramiento de calvas de material parental; inversión de capas; compactaciones internas y endurecimiento superficial.

Por otra parte, a pesar de la importancia del cultivo de la papa, el aporte investigativo desde nuestro departamento ha sido escaso, principalmente en el conocimiento y aprovechamiento de su variabilidad genética, que puede ser un valioso recurso hacia la sostenibilidad de la tuberosa en el tiempo, ya que en esta genética se puede encontrar posibilidades para enfrentar los desafíos actuales de la agricultura. En ese mismo sentido, es el papiclor quien puede buscar un mejoramiento de la capacidad productiva del tubérculo, cuando se decida a conocer y aplicar estrategias tecnológicas para un manejo más eficiente de factores agronómicos de producción, en lo que respecta a semilla, laboreo del suelo y siembra, nutrición y control de problemas relacionados con la sanidad y vigor del cultivo, realizando un manejo acertado de las malezas, las plagas y los patógenos.



9 786287 679047



Universidad de Nariño
FUNDADA EN 1904

ai

Universidad de Nariño
ACREDITADA EN ALTA CALIDAD
RESOLUCIÓN MEN 000022 - ENERO 11 DE 2023

Editorial
Universidad de Nariño