



Aspectos generales del cultivo de papa en Cundinamarca

Adriana Marcela Santos Díaz

Linda Yhiset Gómez Arias

Rafael Antonio Pedraza Rute

Douglas A. Gómez Latorre

Gilma Lorena Bohórquez Caballero

Diego Fernando Ureña Sosa

Katherine Gómez Rodríguez

Edwin Andrés Villagrán Munar

Stephanie Johana Numa Vergel

Yolanda Gómez Vargas

Colección Alianzas AGROSAVIA

2022



El campo
es de todos

Minagricultura

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

CUNDINAMARCA
iREGIÓN
Que Progresa!
EN AGRICULTURA



Aspectos generales del cultivo de papa en Cundinamarca. / Adriana Marcela Santos Díaz [y otros nueve]. -- Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2022.

32 páginas (Colección Alianzas AGROSAVIA)
Incluye tablas, ilustraciones y referencias bibliográficas
ISBN E-book: 978-958-740-540-8

1. Papa 2. Factores climáticos 3. Manejo del cultivo 4. Muestreo del suelo 5. Plagas de plantas 6. Fertilidad del suelo 7. Cundinamarca (Colombia).

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agrovoc
Catalogación en la publicación - Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA

Centro de Investigación Tibaitatá, kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera.
Código postal 250047, Colombia.

Esta publicación es el resultado del proyecto SADR CDCVI 003-2021 celebrado entre la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Cundinamarca (SADR) y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), con el objetivo de “aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros para la realización de análisis de suelos como estrategia de mitigación a la variabilidad climática e inclusión en el sistema de planificación departamental a los productores agropecuarios rurales del departamento de Cundinamarca”.

Autores

Adriana Marcela Santos Díaz, Linda Yhiset Gómez Díaz, Rafael Antonio Pedraza Rute, Douglas A. Gómez Latorre, Gilma Lorena Bohórquez Caballero, Diego Fernando Ureña Sosa, Katherine Gómez Rodríguez, Edwin Andrés Villagrán Munar, Stephanie Johana Numa Vergel, Yolanda Gómez Vargas

Supervisión del convenio SADR-CDCVI 003-2021

María Angélica Pichimata Sanabria
Jefe Laboratorios de Investigación y Servicios - AGROSAVIA

Gobernación de Cundinamarca

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

Nicolás García Bustos

Gobernador de Cundinamarca

Sandra Liliana Mahecha Herrera

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural

José Gregorio Espejo Jiménez

Jefe de Oficina Asesora - Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

Supervisión del proyecto SADR-CDCVI 003-2021

Eduardo Bohórquez Orrego
Profesional Universitario - Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

Colección Alianzas AGROSAVIA

Tipología: Cartilla

Dirección editorial: Astrid Verónica Bermúdez Díaz

Adecuación editorial: Verónica Barreto Riveros

Diseño y diagramación: Julián Hernández - Taller de diseño

Ilustraciones: Juan Felipe Martínez Tirado

Fotografías de ambientación: Mónica Páramo y Adriana Santos

ISBN-e: 978-958-740-540-8

DOI: <https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7405408>

Publicado en Mosquera, Cundinamarca
Primera edición, junio de 2022

Citación sugerida: Santos Díaz, A., Gómez Arias, L., Pedraza Rute, R., Gómez Latorre, D. A., Bohórquez Caballero, G. L., Ureña Sosa, D. F., Gómez Rodríguez, K., Villagrán, E. A., Numa Vergel, S., & Gómez Vargas, Y. (2022). *Aspectos generales del cultivo de papa en Cundinamarca*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones ni de la información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación. Igualmente, expresan que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros, relativa a los derechos de autor u otros derechos que se vulneren como resultado de su contribución.

Línea de atención al cliente: 018000121515 atencionalcliente@agrosavia.co - www.agrosavia.co



https://co.creativecommons.org/?page_id=13





Los autores



Adriana Marcela Santos Díaz

Investigadora Máster Sénior
Departamento de Laboratorios de Investigación
y Servicios - Sede Central
asantos@agrosavia.co

Linda Yhiset Gómez Arias

Investigador Máster
Departamento de Laboratorios de Investigación
y Servicios - Sede Central
lygomez@agrosavia.co

Rafael Antonio Pedraza Rute

Coordinador de Gestión de Información
Departamento de Laboratorios de Investigación
y Servicios - Sede Central
rpedraza@agrosavia.co

Douglas A. Gómez Latorre

Investigador Máster
Centro de Investigación Tibaitatá
dagomez@agrosavia.co

Gilma Lorena Bohórquez Caballero

Profesional de Apoyo de Laboratorio
Centro de Investigación Tibaitatá
lbohorquez@agrosavia.co

Diego Fernando Ureña Sosa

Profesional de Apoyo a la Investigación
Centro de Investigación Tibaitatá
durena@agrosavia.co

Katherine Gómez Rodríguez

Profesional de Apoyo a la Investigación
Centro de Investigación Tibaitatá
kgomezr@agrosavia.co

Edwin Andrés Villagrán Munar

Investigador Máster Sénior
Departamento de Laboratorios de Investigación
y Servicios - Sede Central
evillagran@agrosavia.co

Stephanie Johana Numa Vergel

Investigadora Máster
Departamento de Laboratorios de Investigación
y Servicios - Sede Central
snuma@agrosavia.co

Yolanda Gómez Vargas

Investigadora Máster
Departamento de Laboratorios de Investigación
y Servicios - Sede Central
ygomez@agrosavia.co



Los autores del presente documento agradecen a la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de la Gobernación de Cundinamarca por la financiación de esta cartilla y al equipo de trabajo de AGROSAVIA que participó en la ejecución del proyecto que permitió fortalecer el sistema de planeación agropecuaria del departamento de Cundinamarca.





Contenido

Variedad Sol Andina, desarrollada por AGROSAVIA.
Foto: Mónica Páramo



Introducción	6	Capítulo III	23
Capítulo I		Principales plagas del cultivo de papa	
Recomendaciones de manejo en el cultivo de papa ante los principales eventos climáticos extremos	7	Capítulo IV	27
Exceso de lluvias	12	Sistema de producción de material de siembra	
Déficit de agua en el suelo	12	Capítulo V	29
Granizadas	13	Productos y servicios de AGROSAVIA disponibles para el sistema productivo de papa	
Heladas	13	Referencias	32
Capítulo II			
Recomendaciones de fertilización	14		
Elementos de especial importancia en el cultivo de papa	20		
Interpretación de los análisis de suelo y de la recomendación de fertilización	20		





Introducción

Variedad Agrosavia Mary, desarrollada por AGROSAVIA.

Foto: Mónica Páramo



El género *Solanum* incluye plantas herbáceas, arbustivas o trepadoras, y comprende más de 2.000 especies que se cultivan alrededor del mundo. La papa (*Solanum tuberosum*) es una especie vegetal del género *Solanum* perteneciente a la familia Solanácea. En Colombia, las variedades de papa más utilizadas son Tuquerreña o Sabanera, Parda Pastusa, Pastusa Suprema, Rubí, Salentuna, Carriza, Diacol Capiro o R12, ICA Única, ICA Nevada, ICA Nariño, Milenio-1, Diacol Monserrate y papa criolla - yema de huevo.

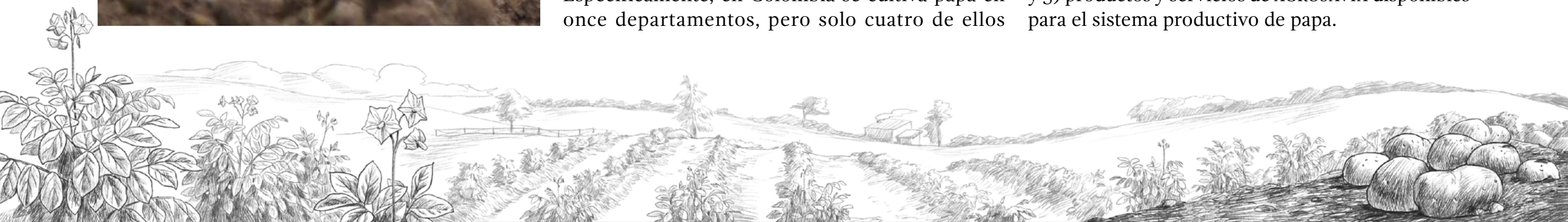
En la actividad agropecuaria nacional, el cultivo de la papa se destaca por los aspectos directamente relacionados con su explotación y por la variada cantidad de actividades que se generan en torno a este producto. Según lo reportado por Agronet (2022), en 2019 se alcanzó un área sembrada de 161.064,35 hectáreas (ha), con una producción aproximada de 2.694.789,02 toneladas (t) y un rendimiento aproximado de 22,81 t/ha.

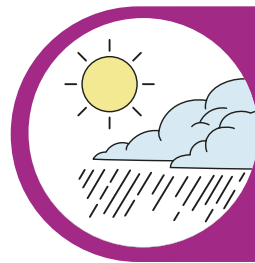
Específicamente, en Colombia se cultiva papa en once departamentos, pero solo cuatro de ellos

concentran alrededor del 90 % del área y de la producción: Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia. Cundinamarca es el mayor productor, con una participación del 39 % en la producción nacional, seguido de Boyacá, con el 24 %, y Nariño, con el 21 %. A nivel de municipios, los principales productores en Cundinamarca son Villapinzón, Chocontá, Tausa, Bogotá, Subachoque, Pasca, Zipaquirá, Carmen de Carupa, Lenguaque y Guasca (Consejo Nacional de la Papa, 2019).

Esta cartilla tiene como propósito dar a conocer algunos aspectos generales del cultivo de papa y enfocar las ofertas tecnológicas disponibles para el cultivo, especialmente en el departamento de Cundinamarca.

La información está enfocada en cinco temáticas: 1) recomendaciones de manejo en el cultivo de la papa ante los principales eventos climáticos extremos, 2) recomendaciones de fertilización, 3) plagas y enfermedades, 4) sistema de producción de semillas, y 5) productos y servicios de AGROSAVIA disponibles para el sistema productivo de papa.





CAPÍTULO I

Recomendaciones de manejo en el cultivo de papa ante los principales eventos climáticos extremos



Las zonas productoras de papa en el departamento de Cundinamarca en general están por encima de los 2.000 m s. n. m., con áreas óptimas entre 2.500 y 3.000 m s. n. m. Según cifras de Agronet (2022), Cundinamarca siembra el 37 % del porcentaje nacional, por lo que es altamente dependiente de la oferta biofísica para la producción constante.

En este capítulo se incluye información de interés enfocada hacia la descripción de las áreas aptas para la producción de papa en Colombia y se muestran en detalle las condiciones agroclimáticas de la zona de producción en el departamento de Cundinamarca. Para finalizar, se presentan de manera breve los principales eventos climáticos extremos que afectan el cultivo y una serie de recomendaciones con énfasis en el uso del recurso hídrico.

Áreas de aptitud para el cultivo de papa

Se entiende por aptitud de uso de la tierra la clasificación de un lugar específico de acuerdo con condiciones biofísicas, ambientales y socioeconómicas. Para el cultivo de papa (parda pastusa), se presentan dos periodos usuales de siembra, cuyas áreas de aptitud para el primer semestre del año son: 279.815 ha en aptitud alta (A1), 144.065 ha en aptitud media (A2) y 20.143 ha aptitud baja (A3), para un total de 444.023 ha. Para el segundo semestre son: 247.171 ha en aptitud alta (A1), 208.407 ha en aptitud media (A2) y 181.140 ha en aptitud baja (A3), para un total de 636.718 ha (figura 1). Las áreas productivas de papa se localizan en los lugares de altiplanicie, principalmente en la Sabana de Bogotá, el valle de Ubaté y las zonas altas de las provincias de Almeidas, Guavio, Sumapaz, Tequendama, Soacha y Oriente.



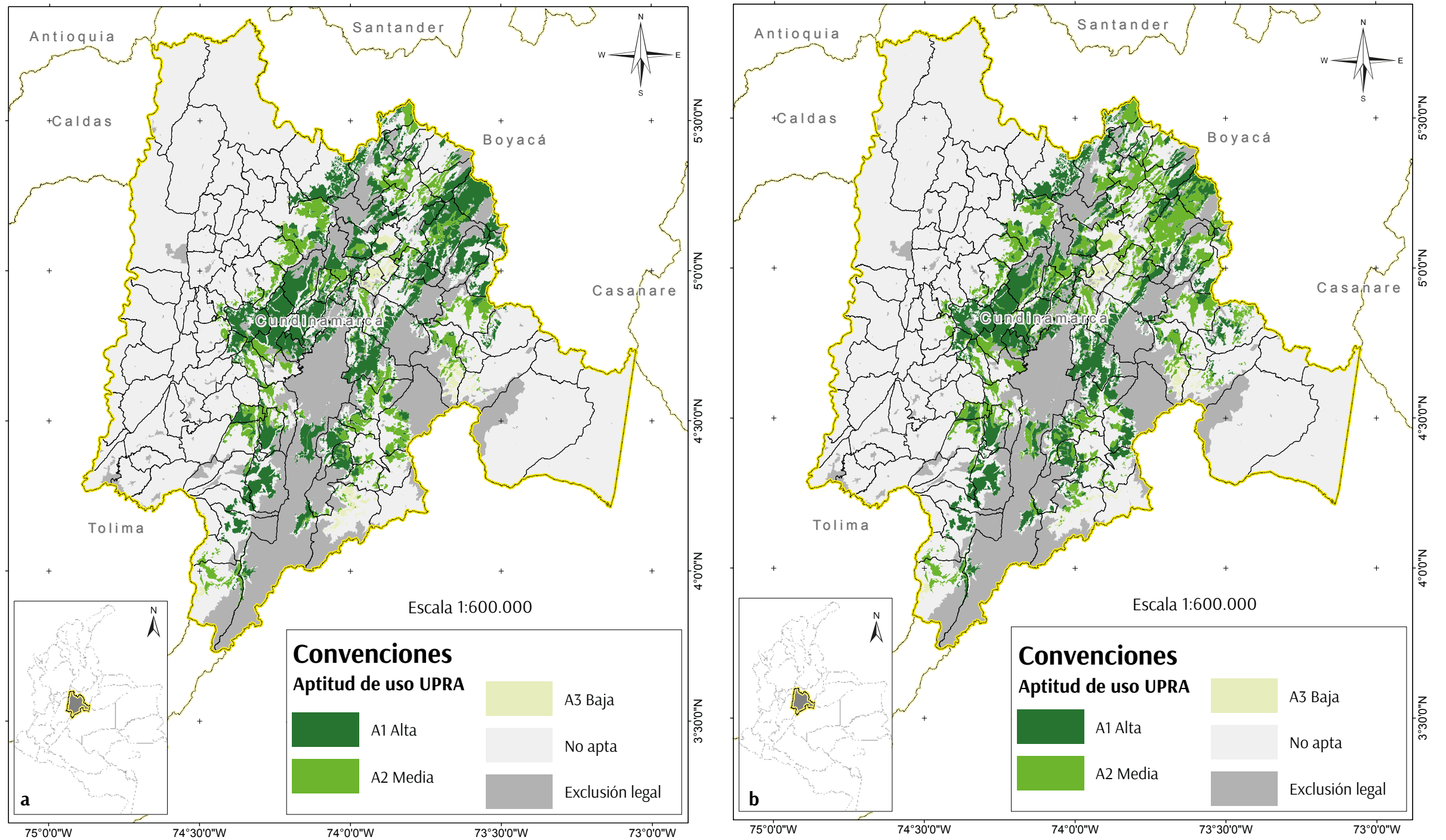


Figura 1. Mapa de aptitud de uso para el cultivo de papa en el departamento de Cundinamarca. a. Primer semestre; b. Segundo semestre.

Fuente: Gobernación de Cundinamarca (2018)





La siembra de papa depende de la distribución de las lluvias y en Cundinamarca la mayoría de las áreas de cultivo se ubican en la altiplanicie.



Clima en las áreas de papa

Según Porras et al. (2020), las zonas productoras de papa hacen parte de un segmento de economía campesina, con baja escolaridad, compuesto principalmente de pequeñas parcelas, cuya producción principalmente es para el autoconsumo, mientras el restante corresponde a la comercialización. Las siembras del tubérculo dependen de la distribución de la precipitación. En el caso de Cundinamarca, la mayoría de las áreas de cultivo se ubican en la altiplanicie, con un régimen de lluvias de tipo bimodal, lo que se traduce en que existen épocas alternas en el año con abundantes y escasas tasas de precipitación (PPT). Los valores máximos de precipitación mensual ocurren en abril (114 mm) y octubre (119 mm), mientras que los valores mínimos ocurren en enero (45 mm) y agosto (53 mm) (figura 2).

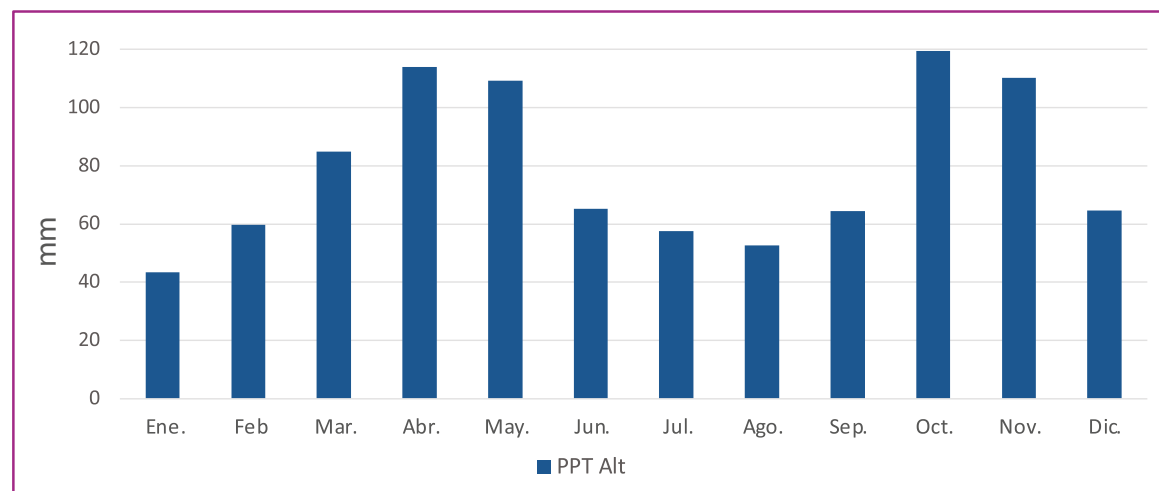


Figura 2. Distribución de la precipitación (PPT) en las zonas aptas para el cultivo de papa.

Fuente: Corpoica (2015)



La temperatura media para un crecimiento óptimo de la papa está en el rango de 12 y 14 °C, además es muy susceptible a las heladas, sobre todo en el periodo de floración. La figura 3 presenta el comportamiento anual de la temperatura del aire en las zonas aptas para el cultivo de papa. En general, la temperatura máxima oscila entre 20,5 °C en julio y 21,5 °C en febrero, la temperatura media oscila entre 15,1 °C en julio y 15,6 °C en mayo y la temperatura mínima puede variar entre 8,0 °C en enero y 10,6 °C en mayo. Estos valores de temperatura media son un poco más altos que los recomendados para el cultivo; sin embargo, debido a que puede estar entre los 2.000 y 3.500 m s. n. m., son rangos adecuados para el desarrollo fisiológico de las plantas.

Otra variable ambiental de importancia es el porcentaje de humedad relativa, cuyo comportamiento puede incidir sobre la aparición de enfermedades como el tizón tardío o gota. La distribución anual de la humedad relativa coincide con los periodos máximos de lluvias (mayo y noviembre), cuando los valores de humedad son cercanos al 82 %, mientras que en los periodos de bajas lluvias el promedio de la humedad varía entre el 77 % y el 79 %. Además, el brillo solar (radiación global directa desde el sol) puede alcanzar valores máximos mensuales de hasta de 190 horas en enero y valores mensuales mínimos de hasta 115 horas en abril (figura 4).

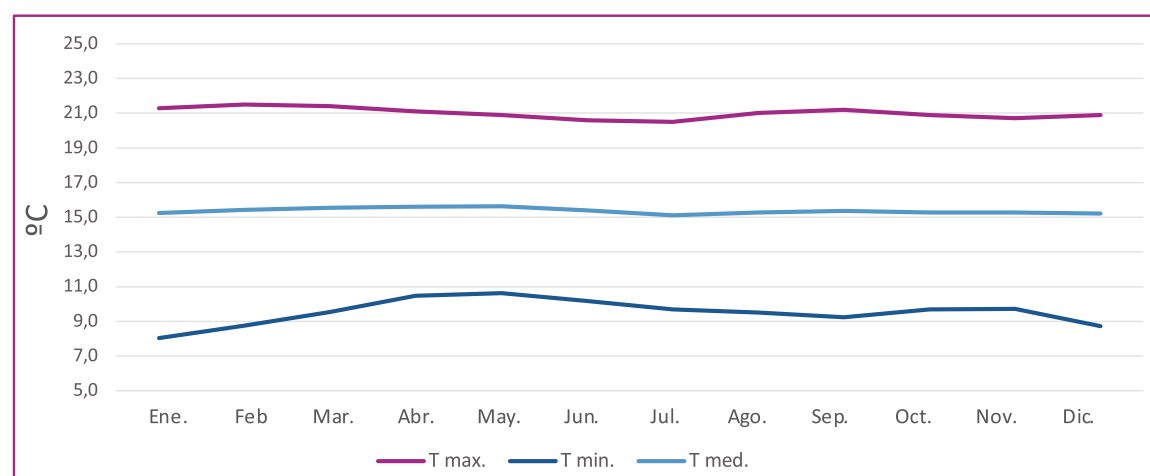


Figura 3. Distribución de la temperatura (máxima, media y mínima) en las zonas aptas para el cultivo de papa.

Fuente: Corpoica (2015)



Aunque la temperatura promedio de la región supera los valores recomendados para el cultivo de papa, la altura de la zona permite un adecuado desarrollo fisiológico de las plantas.





Un mal drenaje puede encharcar los suelos y favorecer la aparición de enfermedades como el tizón tardío o gota. En suelos húmedos también son usuales enfermedades como la mortaja blanca, la roya y la pata negra.



De acuerdo con estas características climáticas, en Cundinamarca pueden presentarse los eventos climáticos descritos en la tabla 1, los cuales podrían generar algún tipo de afectación sobre el cultivo de papa.

A continuación, se describen algunas recomendaciones recopiladas de diversas fuentes bibliográficas para el manejo del cultivo en situaciones climáticas extremas.

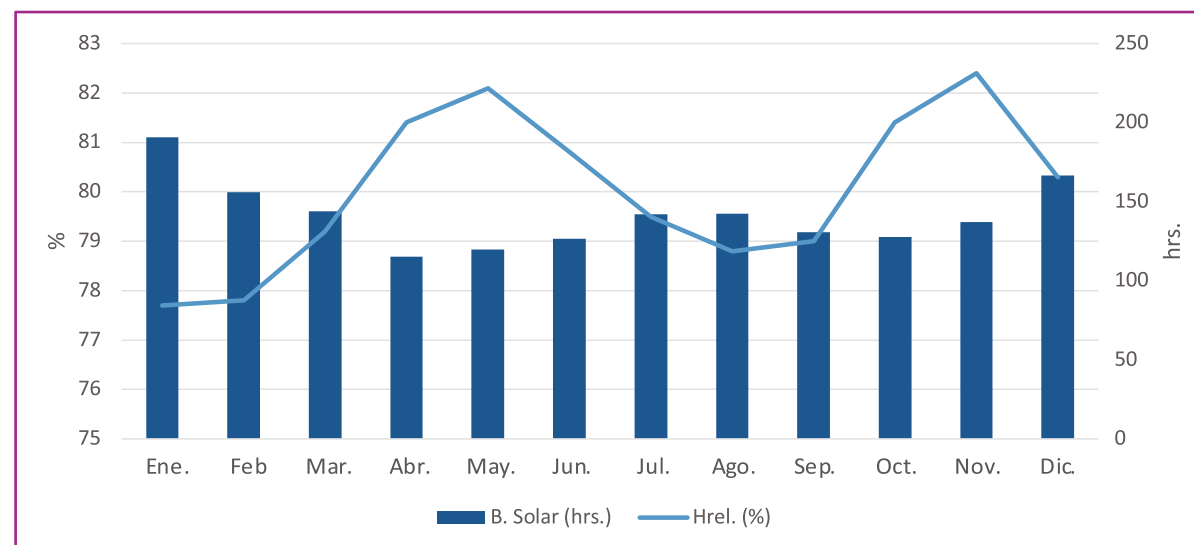


Figura 4. Distribución de la humedad relativa vs. brillo solar en las zonas aptas para el cultivo de papa.

Fuente: Corpoica (2015)

Tabla 1. Eventos climáticos adversos para el cultivo de papa

Evento	Afectación
Exceso de lluvias	Un mal drenaje puede encharcar los suelos en época de intensas lluvias, lo que aumenta significativamente la humedad relativa a nivel de la planta y favorece la aparición de enfermedades como el tizón tardío o gota. Asimismo, en suelos húmedos de cultivos de papa son usuales enfermedades como la mortaja blanca, la roya (en condiciones de baja nubosidad) y la pata negra.
Déficit de agua en el suelo	En los periodos de emergencia y tuberización (formación del tubérculo), la ausencia de agua puede generar estrés en la planta, lo que ocasiona pobre desarrollo foliar y afecta el proceso de fotosíntesis. También pueden aparecer plagas como la polilla guatemalteca, la pulguilla, el tostón, trozadores, tiroteadores y la mosca blanca (vector del prvv).
Heladas	Daños en las hojas y en la formación de tubérculos, debido al rompimiento y muerte celular de los tejidos foliares, lo que afecta de forma directa el rendimiento del cultivo.
Granizadas	Dependiendo de la intensidad, perjudican el tejido foliar y lo dejan expuesto a enfermedades y lesiones que facilitan la entrada de patógenos.

Fuente: Elaboración propia



Exceso de lluvias

Una de las consecuencias más notorias sobre el terreno en periodos de alta precipitación es el aumento de la humedad, que conlleva el anegamiento o inundación. Esto afecta los procesos fisiológicos de la planta debido a la falta de oxígeno y a la baja temperatura en la zona radicular, lo que en últimas disminuye la producción y la calidad de los tubérculos. Del mismo modo, en terrenos de mayor humedad se requiere de un mayor gasto energético para realizar labores de aporque, fumigación o control de malezas. Para no limitar el rendimiento del cultivo, tenga en cuenta las prácticas de manejo en épocas de alta pluviosidad descritas en la tabla 2.

Déficit de agua en el suelo

La intensidad y duración de esta condición, sumada al estado fenológico del cultivo de papa, puede generar pérdidas productivas y económicas bastante relevantes. Por lo tanto, es recomendable realizar prácticas de manejo para limitar los efectos del déficit de agua sobre el cultivo (tabla 3), siendo la aplicación de riego una de las más comunes.

Tabla 2. Recomendaciones para mejorar el drenaje de áreas dedicadas al cultivo de papa

Práctica	Descripción
Realizar una adecuada preparación del terreno	En la etapa de presiembra se sugiere realizar una adecuada labranza del terreno, buscando aumentar la porosidad y mejorar el movimiento del agua en el suelo.
Construir drenajes superficiales	Se aconseja construir sistemas de drenaje superficial o subterráneo sobre los perímetros o en el interior del terreno. En pendientes pronunciadas es conveniente contar con sistemas que no generen movimiento de suelo por erosión hídrica. Si los problemas de drenaje son constantes, realice un análisis hidráulico del movimiento del agua y plantee diseños de drenaje parcelario con base en los resultados.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Prácticas de manejo del cultivo de papa en periodos de baja precipitación

Práctica	Descripción
Disponer de agua en cantidad y calidad	Se recomienda contar con reservorios de agua, ya sea de fuentes superficiales o subterráneas, para garantizar además la cantidad y calidad del agua para riego.
Definir un sistema de riego adecuado	Se debe seleccionar un sistema de riego que sea versátil en su operación y que garantice una alta eficiencia y uniformidad de aplicación de agua. Para este cultivo se suelen emplear sistemas de riego por aspersión o riegos localizados por goteo o cinta de goteo. Es necesario construir un diseño hidráulico y agronómico ajustado a las características del suelo y el clima de la región.
Calcular los requerimientos hídricos del cultivo	Para determinar la lámina de riego en aplicaciones por aspersión, se requiere tener presente la capacidad de almacenamiento del suelo, el coeficiente de agotamiento y la profundidad de las raíces del cultivo. Para riegos localizados se deben calcular los requerimientos hídricos diarios en función de la evapotranspiración potencial de la región, el coeficiente del cultivo, la densidad de siembra de las plantas y la eficiencia de aplicación del sistema de riego.
Determinar las frecuencias y momentos de aplicación de riego	Sin importar el sistema de riego utilizado, siempre es necesario monitorear la humedad presente en el suelo, ya sea con el uso de tensiómetros o métodos organolépticos. Una vez verificada la necesidad de riego, si la metodología empleada es riego por aspersión, esta labor debe realizarse en horas de la mañana o al final de la tarde para limitar la pérdida de agua por evaporación. Por el contrario, si es riego localizado, se recomienda dividir la aplicación de agua en 3 o 4 pulsos de riego en las horas del día, con el fin de aumentar la eficiencia de uso del recurso hídrico.
Establecer las labores de fertilización del cultivo	Recurra a fertilizantes fácilmente disponibles para las plantas en condiciones de baja humedad. Por ejemplo, fertilizantes edáficos y foliares.

Fuente: Elaboración propia



Granizadas

La precipitación en forma sólida, conocida como granizo, genera una serie de daños principalmente sobre el tallo y el follaje de la planta de la papa, cuya severidad sobre el cultivo depende de la magnitud e intensidad de la granizada, mientras que las pérdidas económicas dependen del estado fenológico del cultivo. Existen prácticas de manejo que pueden atenuar los daños o promover una rápida recuperación de la planta después del evento meteorológico (tabla 4).

Heladas

Este evento meteorológico suele causar desde daños leves con retrasos de crecimiento del cultivo de papa hasta daños severos con pérdidas totales de la planta. Se pueden aplicar prácticas de manejo que mitigan las afectaciones causadas por las bajas temperaturas, dependiendo de la severidad y duración de la helada (tabla 5).

Tabla 4. Recomendaciones para el manejo del cultivo de papa en periodos de baja precipitación

Práctica	Descripción
Realizar una adecuada fertilización del cultivo	Esto hará que la planta se recupere más rápido ante los daños causados por las granizadas. Después del evento meteorológico, la planta usará bastante energía a través de procesos físicos y fisiológicos, intentando sanar las heridas causadas en el follaje y los tallos.
Mantener un correcto estado hídrico	Si la planta está libre de estrés hídrico antes de la granizada, tendrá mayor posibilidad de recuperarse después de que ocurra.
Aplicar productos sobre el follaje de la planta	Los productos estimulantes, antifúngicos y aminoácidos promoverán la activación energética de la planta con fines de cicatrización y evitarán el retraso en el crecimiento y desarrollo del cultivo. La eficacia de esta práctica dependerá de la intensidad y magnitud de las heridas y daños causados en la planta.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Prácticas de manejo en cultivos de papa durante épocas de heladas

Práctica	Descripción
Reducir el laboreo en el cultivo	En épocas en que históricamente se han producido heladas, es recomendable reducir el laboreo del terreno, con el fin de mantener niveles adecuados de humedad en el suelo.
Realizar aplicación de riego	Se sugiere aplicar riegos por aspersión o goteo en las últimas horas de la tarde para aumentar el nivel de humedad del suelo y restringir su capacidad de aporte energético al ambiente. También se recomienda aplicar riegos por aspersión en el momento del evento de helada, con el propósito de aumentar la humedad relativa y limitar el daño por baja temperatura.
Mantener una adecuada fertilización del cultivo	Una buena fertilidad disminuirá la susceptibilidad al daño por frío o congelamiento.
Mantener cobertura de suelo	Se aconseja usar algún tipo de cobertura de suelo para limitar la transferencia de calor desde el suelo hacia al ambiente durante las horas de la noche.
Usar mantas térmicas	Aunque es un método dispendioso, se pueden construir tunelillos de manta térmica construida en materiales suaves y de baja densidad, a fin de crear un microclima con temperaturas superiores de hasta 2°C respecto a la temperatura ambiental.

Fuente: Elaboración propia



Mantener un correcto estado hídrico de las plantas facilitará su recuperación después de las granizadas.





CAPÍTULO II

Recomendaciones de fertilización

Figura 5. Proceso de análisis de suelo en AGROSAVIA.

Fuente: Elaboración propia

Fotos: Mónica Páramo

En la actualidad, el análisis de suelo (figura 5) es una herramienta que permite la formulación de cantidades y fuentes de fertilización necesarias en los cultivos. Otra herramienta es el análisis de hojas en plantas, con el cual se puede conocer directamente la deficiencia en nutrientes. El uso de un sistema integrado de diagnóstico y de recomendación se traducirá en una planeación adecuada de fertilización para los cultivos.

1

Secado

Temperatura no mayor
a 40 °C



2

Molienda y tamizaje

Molino de martillos
y tamizaje a 2 mm



3

Extracción

Adición de solución extractora
para cada parámetro químico



4

Cuantificación

Potenciómetro, conducímetro,
absorción atómica,
espectrofotómetro



Figura 6. Absorción de nutrientes por la planta de papa.

Fuente: Elaboración propia

Ilustración: Juan Felipe Martínez Tirado

La fertilización es necesaria en las plantas, ya que estas requieren de nutrientes esenciales como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), zinc (Zn) y boro (B), entre otros, que benefician su desarrollo. Cuando estos elementos no se encuentran en el suelo de manera óptima, se hace necesario aplicar fertilizantes para suplir las necesidades nutricionales de las plantas, así como enmiendas que permitan corregir condiciones poco propicias para el desarrollo adecuado del cultivo.

Además de los nutrientes disponibles, las plantas requieren adecuadas condiciones para un desarrollo óptimo. Por ejemplo, la oxigenación favorece el crecimiento, ya que permite la respiración de las raicillas. De igual modo, los microorganismos propician la liberación de nutrientes y facilitan su absorción por parte de las plantas, que los toman de la solución de suelo, como se muestra en la figura 6. Cuando no se cuenta con las condiciones anteriormente nombradas, la fertilización no tiene una respuesta favorable para el desarrollo del cultivo, pues se puede presentar una alta compactación y esto afecta la disponibilidad de agua y oxígeno, y ello impide el desarrollo óptimo de las plantas.



Con base en lo anterior, también se puede complementar la adecuada absorción de nutrientes por parte de la planta teniendo en cuenta factores químicos, físicos y biológicos del suelo que permiten un desarrollo óptimo. A nivel químico, la medición del pH clasifica el suelo en términos de acidez y alcalinidad: si es muy ácido limita la toma de calcio, magnesio y fósforo, principalmente, y si es muy alcalino se reduce sobre todo la absorción de hierro, manganeso, zinc y fósforo (figura 7).

Otro indicador de fertilidad es la materia orgánica, que proporciona información según el color del suelo: suelos oscuros se consideran de alta fertilidad y suelos claros, de baja fertilidad (figura 7), pero existen excepciones como los suelos negros con climas muy fríos, que pueden presentar baja disponibilidad de nutrientes por una baja actividad biológica, lo cual afecta la disponibilidad de agua en el suelo. De otra parte, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), como su nombre lo indica, permite conocer la capacidad del suelo para retener cationes: si está en niveles bajos, el suelo no podrá sostener una gran cantidad de nutrientes y ello facilitará su lavado superficialmente; en términos agronómicos, la CIC indica cómo se debe fraccionar la fertilización para mejorar la eficiencia del abonado y evitar pérdidas económicas de los fertilizantes.

Las propiedades como textura, densidad aparente y densidad real a nivel físico permiten identificar la capacidad de un suelo para retener agua disponible para las plantas (figura 7). Los suelos arenosos generalmente presentan una alta capacidad de oxigenación y, a su vez, una baja retención de agua, por lo cual se recomienda la incorporación de materiales orgánicos como abonos verdes y compost, que promueven la retención de agua en el suelo. Los suelos arcillosos, por su parte, retienen alta cantidad de agua, pero no siempre está disponible para la planta; en esos casos, la incorporación de residuos de cosecha favorece la oxigenación del suelo. La densidad aparente y real da a conocer, por un lado, el porcentaje de espacio poroso del suelo, el cual puede contener agua disponible para las plantas, y, por otro, su estado de compactación. El aumento de la densidad aparente indica problemas de compactación, frente a lo cual se requiere tomar acciones como el uso de tractor con cinceles.



La incorporación de residuos de cosecha en suelos arcillosos favorece la oxigenación del suelo.

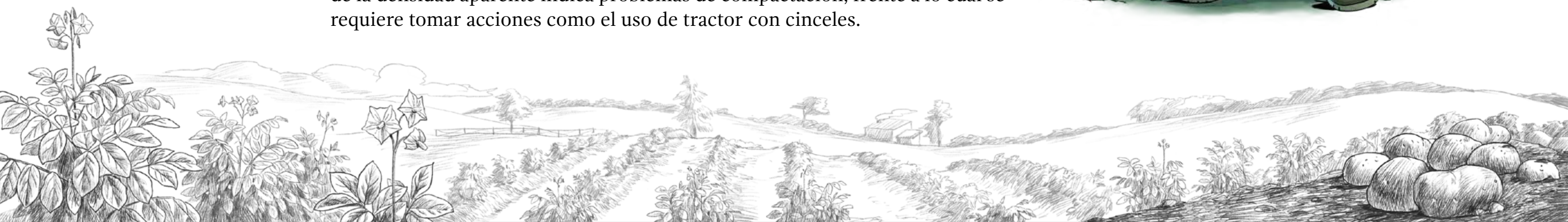
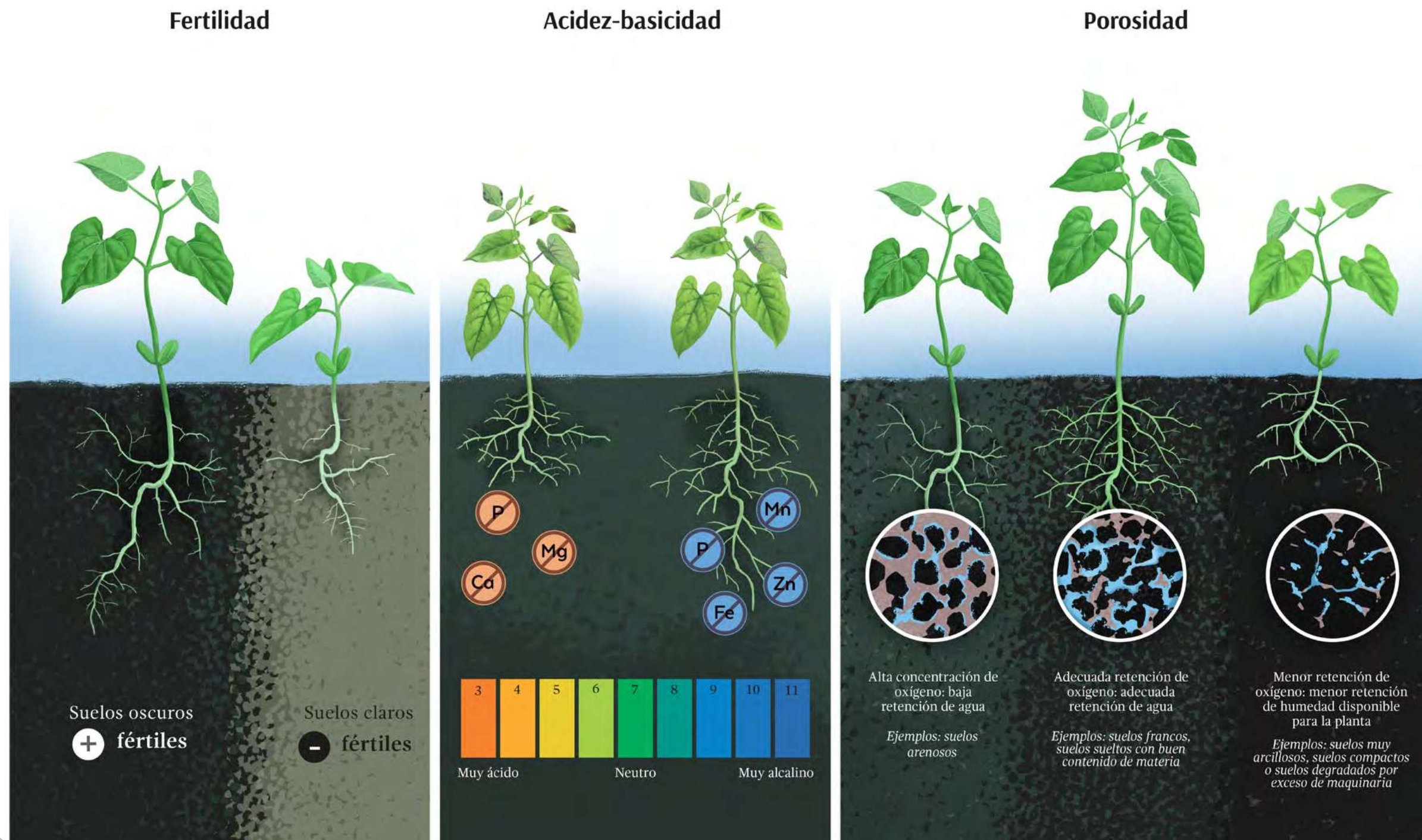


Figura 7. Efecto de algunas características físicas y químicas del suelo en un cultivo.

Fuente: Elaboración propia **Ilustración:** Juan Felipe Martínez Tirado



A nivel biológico encontramos los microorganismos del suelo, que facilitan la disponibilidad de nutrientes a la planta y favorecen la conversión de nitrógeno en nitratos y amonio, la solubilización del fósforo y la promoción del crecimiento, entre otros. Actualmente se ofrecen productos en el mercado a base de microorganismos (figura 8), que disminuyen el uso de fertilizantes fosfóricos o nitrogenados.

El análisis de la fertilidad química o física de suelos y su interpretación, realizados de la manera adecuada, desde la toma de muestra en campo, permite evaluar químicamente la disponibilidad de nutrientes del suelo para el cultivo y conocer las posibles deficiencias o toxicidades. A nivel físico, este análisis identifica las propiedades estructurales e hidrodinámicas del suelo para determinar la eficacia y respuesta del fertilizante, definir necesidades de riego, planear momentos óptimos para realizar la labranza y solucionar problemas por compactación o daño estructural. Entre otros beneficios, contar con un diagnóstico del estado físico y químico del suelo permite planear el manejo del cultivo, con el fin de mejorar la producción y disminuir costos en los fertilizantes.

En ocasiones se cometen errores en el establecimiento o mantenimiento de un cultivo al aplicar indiscriminadamente fertilizantes sin conocer si los nutrientes en el suelo se encuentran en niveles altos o bajos. Por ejemplo, la aplicación de fertilizantes en suelos compactos dificulta la absorción de nutrientes por parte de la planta. En ese sentido, lo primero que debe hacerse es solucionar el problema de compactación para permitir un desarrollo óptimo de las raíces y brindar una condición favorable en la absorción de nutrientes por parte del cultivo, lo cual favorecerá la producción.

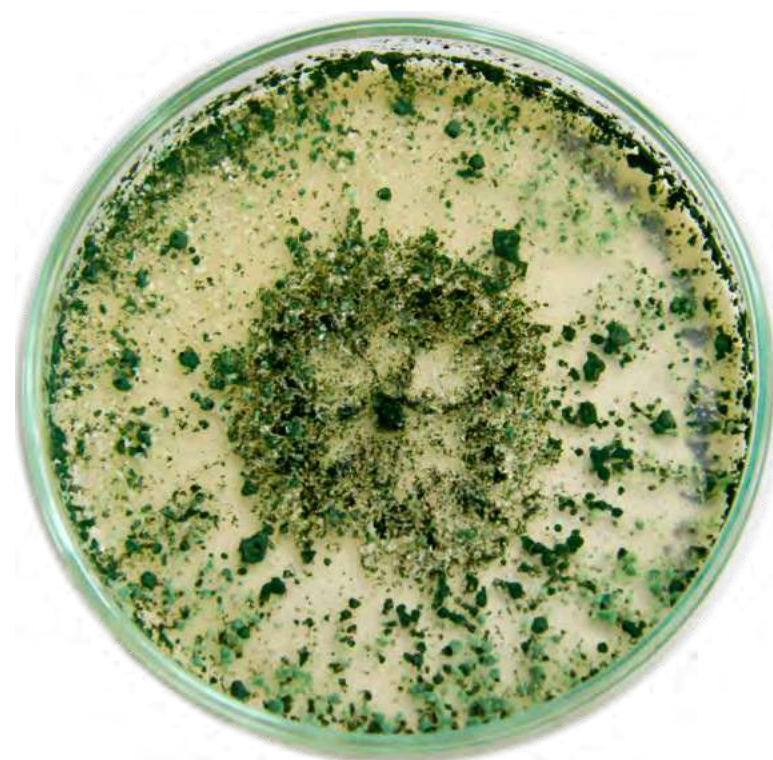
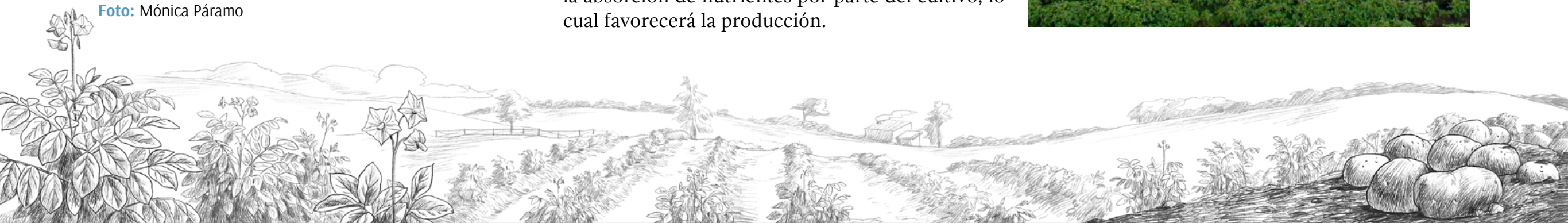


Figura 8. Microorganismo *Trichoderma koningiopsis*, principio activo del producto Tricotec desarrollado por AGROSAVIA.

Foto: Mónica Páramo



El aspecto más importante para el éxito de la evaluación de las propiedades químicas y físicas de un suelo es la adecuada toma de la muestra en campo, ya que al laboratorio se lleva una porción (normalmente 1 kg) de suelo representativo. En otras palabras, un error cometido en la toma de muestra puede multiplicarse en cientos o en miles de hectáreas. Por ejemplo, usar una pala sin lavar que ha sido utilizada para mezclar fertilizantes, cemento u otros materiales puede contaminar la muestra y aumentar el contenido de calcio en el suelo de 1 a 2 $\text{cmol}_{(\text{c})}/\text{kg}$, lo que significa un error de 8.000 kilogramos en una hectárea de suelo con densidad aparente de 1 g/cm^3 a una profundidad de 30 cm.

Para la toma adecuada de la muestra, defina el área de interés a muestrear, identifique dentro de esta los lugares no aptos para muestrear (como los linderos del lote, saladeros, estercoleros, caminos, orillas de lagos o fuentes de agua y todos aquellos sitios que puedan contener características diferentes) y tenga en cuenta que la muestra debe estar compuesta por varias submuestras. Siga las instrucciones de la figura 9.



No tome muestras de suelo en los linderos del lote, saladeros, estercoleros, caminos, orillas de lagos o fuentes de agua.



Figura 9. Proceso de toma de muestras de suelo.

Fuente: Elaboración propia **Fotos:** Rafael Antonio Pedraza y Mario Pedraza

1

Defina los puntos de las submuestras, ya sea en equis, zigzag o zeta.



2

Con una pala o un palín, raspe la superficie sin retirar suelo, pero sí la vegetación.



3

Cave un hoyo en V de 30 cm de profundidad.



4

Tome la muestra de la pared del hoyo.



5

Elimine los bordes.



6

Introduzca la muestra en un balde.



Elementos de especial importancia en el cultivo de papa

El cultivo de papa tiene como característica la demanda de grandes cantidades de nutrientes, principalmente nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) durante todo el ciclo de cultivo.

El nitrógeno es utilizado principalmente ya que condiciona el crecimiento y rendimiento del cultivo, se consume durante la formación de follaje y luego durante el crecimiento de los tubérculos. Sin embargo, su aplicación excesiva ocasiona un retraso en la tuberización y un desarrollo excesivo de la parte aérea. El fósforo mantiene la productividad y promueve el uso eficiente de nitrógeno, permite la formación rápida de tubérculos, promueve el crecimiento de las raíces y contribuye a la resistencia de enfermedades; la etapa de mayor demanda de este elemento por parte del cultivo es en el inicio de la tuberización. Debido a la inmovilidad del fósforo en el suelo, es importante tener en cuenta el tipo de fertilizante y la forma de aplicación: las fuentes solubles y relativamente solubles se utilizan en cultivos de ciclo corto y deben ser aplicadas, en lo posible, en forma localizada para lograr en menor tiempo el contacto del elemento con el suelo y contrarrestar la fijación de la fuente aplicada. El potasio aumenta la eficacia y calidad en la producción, interviene en la movilización de azúcares y almidones en el tubérculo, ayuda a la planta en la resistencia a las sequías, participa activamente en el vigor y la eficiencia de la planta y mantiene su color verde.

El cultivo de papa también demanda nutrientes secundarios importantes para su desarrollo como el calcio, el cual mejora la estructura de la planta,

disminuye la incidencia de enfermedades como el tizón, aporta resistencia a la deshidratación de los tubérculos, mejora el vigor y aumenta la tolerancia al estrés. Otro de ellos es el azufre, esencial durante el crecimiento, desarrollo y producción de la papa, porque además promueve la floración y la fructificación. Por último está el boro, que participa en el crecimiento y la división celular.

A pesar de que el cultivo de papa requiere grandes cantidades de nutrientes durante todo el ciclo, la fertilización excesiva puede llegar a afectar la rentabilidad, ya que se aplica más de lo que el cultivo necesita. Para un mayor rendimiento, tenga en cuenta los factores biológicos químicos y físicos.

Interpretación de los análisis de suelo y de la recomendación de fertilización

Para la interpretación correcta de los análisis de suelos se aconseja poner atención a los niveles críticos de interpretación y requerimientos del cultivo. En general, se utilizan denominaciones como bajo, medio o alto para indicar los niveles de los elementos en el suelo. Por ejemplo, un nivel bajo del elemento en el suelo indica una alta respuesta a la aplicación, y un nivel alto del elemento indica una baja probabilidad de respuesta a la aplicación del nutriente. Para este último caso, se debe tener en cuenta qué elemento presenta este nivel y su importancia específica para el cultivo a fertilizar, lo cual permite determinar una aplicación de mantenimiento (se refiere a la aplicación de cantidades bajas que mantengan los niveles del elemento en el suelo), la no aplicación o una aplicación moderada (buscando asegurar la productividad del cultivo).



La fertilización excesiva puede llegar a afectar la rentabilidad, ya que se aplica más de lo que el cultivo necesita.





Procure interpretar los resultados del análisis de fertilidad de suelos con ayuda de personal técnico especializado.

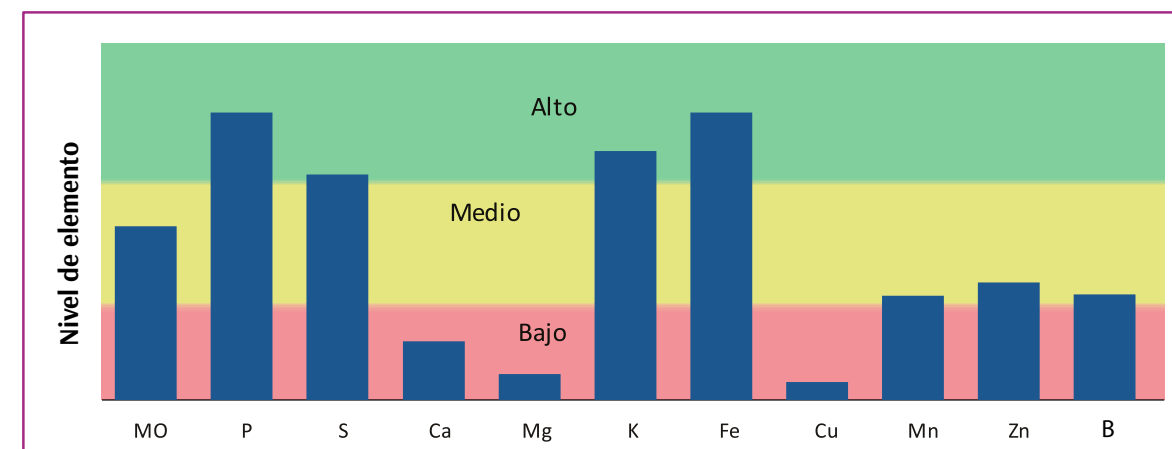


Figura 10. Gráfica de interpretación del análisis presentado en el informe de resultados de fertilidad de suelos entregado por AGROSAVIA.

Fuente: Elaboración propia

DIAGNÓSTICO DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELO

Suelo con reacción muy fuertemente ácida, con saturación muy alta de Aluminio; por lo tanto, se recomienda la aplicación de enmiendas calcáreas para manejar acidez y mejorar la disponibilidad de nutrientes. Disponibilidad moderada de Nitrógeno considerando el porcentaje medio de materia orgánica, se recomienda la aplicación de Nitrógeno. Para el Fósforo y el Azufre se recomienda su aplicación moderadamente debido a sus elevados contenidos en el suelo. Para las bases de cambio Calcio y Magnesio se recomienda su aplicación debido a sus bajos niveles edáficos, para Potasio se recomienda su aplicación moderadamente. En cuanto a los micronutrientes se aconseja aportar Zinc y Boro dadas sus moderadas concentraciones nativas, para Hierro y Manganeseo no se sugiere añadirlos.

Figura 11. Ejemplo de diagnóstico de análisis de suelo en el plan de fertilización entregado por AGROSAVIA.

Fuente: Elaboración propia

El análisis de fertilidad de suelos le permite identificar los elementos en los que se debe enfocar el plan de fertilización, aunque siempre se recomienda la interpretación de los resultados por personal técnico especializado (figura 10).

Junto al análisis de suelo se entrega un plan de fertilización como recomendación útil para productores con bajo nivel técnico en sus cultivos. No obstante, contar con la asesoría técnica o profesional de un ingeniero agrónomo le permitirá aumentar la producción y disminuir los costos.

El diagnóstico de los resultados indica el estado del suelo en términos de fertilidad, se enfoca en los elementos a aportar y determina si es necesario realizar algún acondicionamiento al suelo para que la nutrición del cultivo sea la mejor (figura 11).





Se recomienda realizar el análisis de suelo de manera frecuente para mejorar diagnósticos.

El informe también presenta los nutrientes a aportar y sus cantidades para una hectárea, lo cual es importante porque con estos datos se pueden modificar las fuentes fertilizantes de acuerdo con la disponibilidad de los productos en el municipio (figura 12). Con respecto a la cantidad de dosis de fertilizantes y la época de aplicación, según la edad del cultivo, el informe indica fuentes genéricas para aplicar, con el fin de evitar compromisos comerciales con alguna marca comercial (figura 13).

Para tener en cuenta: el análisis de suelo es una herramienta de suma importancia para su cultivo porque le permite conocer las necesidades de nutrientes del suelo, detectar posibles enmiendas, ajustar su plan de fertilización para favorecer un buen manejo agronómico, evitar los sobrecostos de fertilización y optimizar recursos. La veracidad de un análisis de suelo radica en un buen muestreo; se recomienda realizar el análisis de suelo de manera frecuente para mejorar diagnósticos.

CANTIDAD DE NUTRIENTES APORTADOS EN EL PLAN DE FERTILIZACIÓN

NITRÓGENO	FÓSFORO	POTASIO	CALCIO	MAGNESIO	AZUFRE	HIERRO	MANGANESO	ZINC	BORO
Kg/ha									
150.0	147.0	172.0	58.0	29.0	20.0	0.0	0.0	2.5	0.5

Figura 12. Ejemplo de cantidad de nutrientes calculados mediante el plan de fertilización.

Fuente: Elaboración propia

DOSIS DE FERTILIZANTE Y ÉPOCA DE APLICACIÓN

Aplicar en el surco al momento de la siembra las siguientes fuentes fertilizantes

- Sulfato de Zinc 9.0 kg/ha
- 10-30-10 400.0 kg/ha
- Nitrato de Calcio 175.0 kg/ha
- Bórax 5.0 kg/ha

Aplicar al momento del reabone las siguientes fuentes fertilizantes

- 17-6-18-2 450.0 kg/ha
- Sulfato de Magnesio 125.0 kg/ha
- Nitrato de Calcio 50.0 kg/ha
- KCl 85.0 kg/ha

Figura 13. Ejemplo de dosis y épocas de aplicación en una muestra de suelo para el cultivo de papa.

Fuente: Elaboración propia





CAPÍTULO III

Principales plagas del cultivo de papa

A continuación, se presentan las principales plagas (tabla 6) y los principales microorganismos patógenos (tabla 7) que tienen un impacto económico en el sistema productivo de papa (figura 14):



Larva de *Tecia solanivora*, Polilla guatemalteca de la papa

Foto: Stephanie Numa

Figura 14. Principales plagas y microorganismos que afectan el cultivo de papa.

Fuente: Elaboración propia

Ilustración: Juan Felipe Martínez Tirado

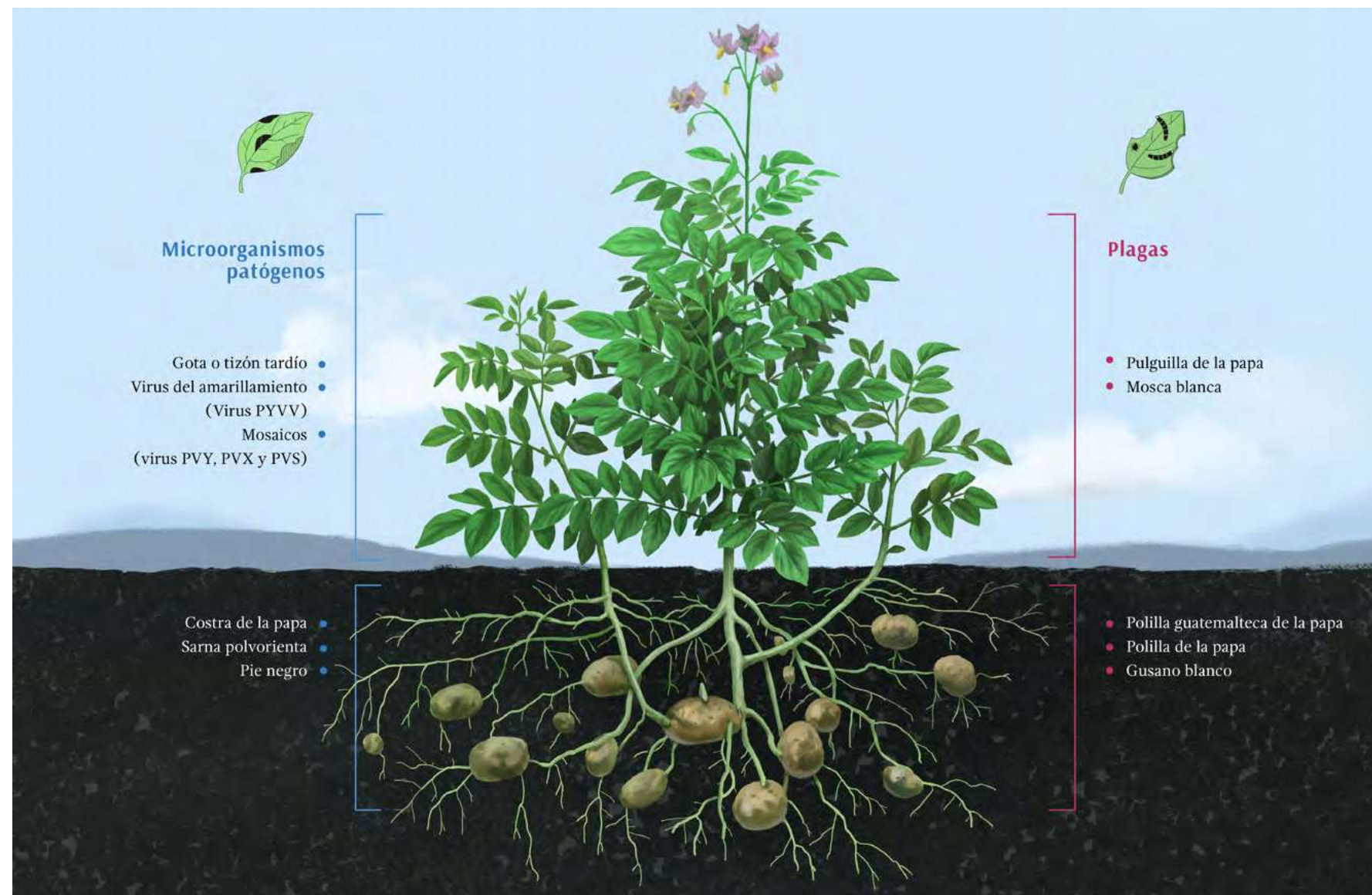


Tabla 6. Insectos plaga limitantes en el cultivo de papa

Nombre común	Nombre científico (Orden: Familia)	Síntomas	Tipos de manejo
Pulguilla de la papa	<i>Epitrix</i> spp. (Foudras, 1860) (Coleoptera: Chrysomelidae)	Galerías superficiales en tubérculos causadas por las larvas, que facilitan el ingreso de patógenos que causan enfermedades. Orificios en hojas por alimentación de adultos y posterior descomposición de hojas (podredumbre bacteriana), a causa de bacterias que tienen los insectos en sus mandíbulas. Debilitamiento de la planta por alimentación de adultos en cogollos y hojas, y posterior pérdida en producción.	Control cultural: barbecho, riegos pesados por gravedad, fertilización foliar, aporque alto. Control químico: aplicación de plaguicidas de síntesis química.
Mosca blanca	<i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Westwood, 1856) (Homoptera: Aleyrodidae)	Amarillamiento de hojas, debilitamiento de la planta y posterior defoliación a causa de alimentación por parte de ninfas y adultos. Vector de virus como el amarillamiento de las nervaduras en papa (<i>potato yellow vein virus</i> [PVV]).	Control cultural: control de arvenses, planes de fertilización de acuerdo con análisis de suelo, eliminación de residuos de cosecha, entre otros. Control químico: aplicaciones foliares de plaguicidas. Control biológico: liberación de parasitoides como <i>Encarsia formosa</i> y <i>Amitus</i> sp.
Polilla guatemalteca de la papa	<i>Tecia solanivora</i> (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae)	Presencia de galerías de extremo a extremo del tubérculo y excrementos de larvas. Las galerías favorecen el ingreso de microorganismos y posterior pudrición del tubérculo.	Control cultural: cosecha oportuna, evitar dejar residuos de cosecha afectada por este insecto y enterrar los restos de cosecha sana. Control químico: aplicación de insecticidas de síntesis química registrados ante el ICA. Control biológico: bioinsumos como el baculovirus, que se aplica a la semilla de papa. Control etológico: feromonas sexuales para la atracción, captura y muerte del macho.

Nombre común	Nombre científico (Orden: Familia)	Síntomas	Tipos de manejo
Gusano blanco	<i>Premnotrypes vorax</i> (Pierce) (Coleoptera: Curculionidae)	Presencia de galerías en el tubérculo en las que se encuentran excrementos de larvas.	Control cultural: aporque, eliminación de residuos de cosechas anteriores, cosecha oportuna, control de arvenses, uso de semilla sana o certificada. Control químico: uso selectivo de insecticidas y aplicaciones dirigidas. Control físico: manejo de los bordes del cultivo y control de focos. Control biológico: uso de hongos y nematodos entomopatógenos.
Polilla de la papa	<i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae)	Galerías en hojas causadas por larvas y debilitamiento de hojas, observándose hojas de color café. Galerías en tubérculos que permiten el ingreso de patógenos como hongos y bacterias del suelo, y causan pudrición de los tubérculos.	Control cultural: descartar residuos de cosechas anteriores. Control químico: aplicación de insecticidas de síntesis química registrados ante el ICA. Control biológico: uso de bioinsumos como baculovirus en semilla. Control etológico: uso de feromonas sexuales para captura de machos.

Fuente: Elaboración propia



Tabla 7. Enfermedades limitantes en el cultivo de papa

Nombre común	Nombre científico	Síntomas	Tipos de manejo
Gota, tizón tardío o añublo de la papa	<i>Phytophthora infestans</i> (Mont de Bary)	Los síntomas varían según el órgano de la planta, la variedad y el clima.	Control genético, químico, cultural y biológico.
		En hojas, las manchas son de color café claro a oscuro y de forma irregular, las cuales crecen rápidamente y presentan halos cloróticos.	Control químico: plaguicidas de síntesis química con efecto contra los Oomicetes. Entre los más utilizados se encuentran los plaguicidas sistémicos del grupo de Acetamidas, Fosfonatos y Fenilamidas.
Sarna polvorienta o roñosa polvosa	<i>Spongospora subterranea</i> (Wallroth) <i>Lagerheim f. sp. subterranea</i> Tomlinson	Las plantas severamente afectadas emiten un olor característico, debido a la rápida descomposición del tejido foliar. En tallo las lesiones se ubican en el tercio medio, por lo que se parten o quiebran fácilmente.	Se recomienda sembrar semilla certificada o variedades tolerantes a la enfermedad.
		En los tubérculos se presentan áreas irregulares de color oscuro; estas lesiones se desarrollan en condiciones de almacenamiento y son una fuente de inoculación del patógeno.	
Sarna polvorienta o roñosa polvosa	<i>Spongospora subterranea</i> (Wallroth) <i>Lagerheim f. sp. subterranea</i> Tomlinson	Esta enfermedad afecta de forma exclusiva tubérculos y raíces.	El manejo de esta enfermedad es difícil de lograr debido a la inexistencia de métodos efectivos de control.
		En los tubérculos se presentan pústulas de forma irregular en la superficie, cuyo diámetro varía entre 0,5 mm y 2,0 mm, las cuales se incrementan y extienden formando ampollas en la epidermis del tubérculo. Este tipo de lesión tiene forma de “cráter pulverulento”, lo que da el nombre a la enfermedad.	Se recomienda sembrar semilla certificada, evitar la siembra en lotes contaminados y realizar un control etiológico del patógeno.
Sarna polvorienta o roñosa polvosa	<i>Spongospora subterranea</i> (Wallroth) <i>Lagerheim f. sp. subterranea</i> Tomlinson	En la raíz se presenta en forma de verruga o tumores, los cuales llegan a formar agallas que se organizan en forma de “rosario” en todo su largo.	

Nombre común	Nombre científico	Síntomas	Tipos de manejo
Costra negra de la papa	<i>Rhizoctonia solani</i> Kühn	Esta enfermedad afecta solo los tejidos jóvenes de los brotes, tallos y estolones.	Utilización de semilla certificada, rotación de cultivos, control de malezas y control mediante microorganismos biocontroladores como <i>Trichoderma</i> sp.
		Afecta los brotes del tubérculo semilla en los estados de pre y posemergencia. Los brotes afectados presentan lesiones de color marrón y llegan a estrangularse cuando la lesión es profunda.	
Tizón temprano	<i>Alternaria solani</i>	En los tubérculos se observa la presencia de los esclerocios, similares a unas costras negras. Estas estructuran afectan el aspecto y la calidad de los tubérculos, razón por la que son rechazados.	Siembra de semilla certificada, manejo adecuado de fertilización y control de problemas fitosanitarios.
		Esta enfermedad se presenta en la segunda mitad del ciclo del cultivo, en plantas atacadas por otras enfermedades y plagas o con menor vigor, por lo que el patógeno se considera “oportunista”.	
Marchitez bacteriana	<i>Ralstonia solanacearum</i>	El hongo ataca las hojas y los tallos aéreos. En las hojas se presentan pequeñas manchas circulares de color café, frecuentemente rodeadas de un halo amarillo. La característica de la enfermedad son los anillos concéntricos de color oscuro que se forman en las manchas.	Destrucción de residuos de cosecha y eliminación de plantas con síntomas de la enfermedad.
		La temperatura y la humedad favorecen la dispersión del patógeno.	
Marchitez bacteriana	<i>Ralstonia solanacearum</i>	Esta es una enfermedad bacteriana que se da en zonas de baja altitud.	Siembra de semilla sana y en suelo sin antecedentes de la enfermedad.
		Los síntomas de la enfermedad se evidencian en hojas, tallos y tubérculos. Las hojas y los tallos se marchitan y, al cortar los tubérculos enfermos, se observa un exudado blanquecino y oscurecimiento en el anillo vascular.	
Marchitez bacteriana	<i>Ralstonia solanacearum</i>	El principal medio de transmisión de la enfermedad son tubérculos-semilla infectados, que en condiciones adecuadas se pudren durante el almacenamiento.	Uso de agua apta para riego y buen drenaje del terreno.
Marchitez bacteriana	<i>Ralstonia solanacearum</i>		Control de plagas de suelo que contribuyen a la diseminación e infección.
Marchitez bacteriana	<i>Ralstonia solanacearum</i>		Lavado y desinfección del equipo agrícola utilizado.



Nombre común	Nombre científico	Síntomas	Tipos de manejo
Virus S de la papa	PVS Carlavirus	El virus es transmitido por áfidos o pulgones (principal vector de transmisión), maquinaria o herramienta contaminada. Los síntomas se presentan teniendo en cuenta la variedad de la papa, el tipo de infección y las condiciones ambientales. En la mayoría de las variedades contaminadas no se presentan síntomas, pero en las que lo expresan se ve una leve profundización de las venas, crecimiento más abierto, hojas ásperas, moteado muy leve y pequeñas manchas negras (necrosis) en las hojas en la fase inicial de desarrollo de la planta. Las plantas tienden a volverse resistentes al finalizar la temporada.	El control se basa en métodos orgánicos para combatir la presencia de pulgones y se deben promover las buenas prácticas de campo (viveros libres de insectos vectores). Tratamiento químico para combatir la población de áfidos y pulgones, ya que contra los virus no es eficiente un control químico. Uso de variedades resistentes a virus y evitar el transporte de material contaminado entre viveros.
Virus X de la papa	PVX	Los síntomas se evidencian en ambientes con temperaturas de 16 a 22 °C; a temperaturas más altas los síntomas no son claros. Los síntomas principales son hojas tipo mosaico de color claro verdoso o tipo moteadas de color café. En ocasiones se presentan infecciones con otros tipos de virus, lo cual empeora el cuadro. La gravedad de los síntomas se presenta teniendo en cuenta la variedad del cultivo, el desarrollo de la planta y las condiciones ambientales del cultivo. La infección se presenta por contacto directo de una planta infectada, por malas prácticas en el cultivo o por saltamontes.	No se conoce claramente un tratamiento efectivo para este virus. El control se basa en métodos orgánicos para combatir la presencia de la población de saltamontes. De igual forma se encuentra disponible un control químico. Se recomienda el uso de semillas sanas o certificadas libres de virus; de igual forma se recomienda el uso de variedades resistentes a virus. Desinfección frecuente de equipos y herramientas de trabajo.

Nombre común	Nombre científico	Síntomas	Tipos de manejo
Virus del enrollamiento de la hoja de la papa	PLRV	El virus es transmitido por áfidos y pulgones. Las lesiones son más visibles en las hojas jóvenes. La gravedad de los síntomas se presenta teniendo en cuenta la variedad de la papa, el tipo de infección y las condiciones ambientales. En las plantas con infecciones secundarias se enrollan las hojas, tienen apariencia quebradiza y la parte inferior se torna roja. Las infecciones más severas disminuyen la producción y por ende afectan la comercialización del producto.	El control se basa en métodos orgánicos para combatir la presencia de la población de áfidos en el cultivo. De igual forma se encuentra disponible un control químico para combatir la población de áfidos, ya que contra los virus no es eficiente un control químico. Uso de semillas sanas o certificadas y uso de variedades resistentes a virus. Se deben desechar las plantas enfermas y se debe tratar de eliminar las malas hierbas que pueden hospedar el virus.

Fuente: Elaboración propia

Gota: *Phytophthora infestans*.

Foto: Mario Pedraza





CAPÍTULO IV

Sistema de producción de material de siembra

Como se comentó anteriormente, en 2019 se sembraron 161.064,35 hectáreas de papa, de las cuales el 10 % fueron para industria y el 90 % para el consumo en estado fresco. Esta producción utiliza “semilla informal o tradicional”, que se caracteriza por su deficiente calidad sanitaria y bajo rendimiento productivo, con un promedio que no supera las 25 toneladas por hectárea, siendo las enfermedades virales el factor más limitante en la cadena, debido a que afecta directamente la productividad del cultivo. Para el año 2019, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR, 2019) estimó que tan solo un 5 % del total del área sembrada en el país usa semilla certificada.

Se presume que el escaso uso de semilla certificada está asociado principalmente a la creencia del alto costo del insumo. Cuando el precio de la papa comercial se encuentra alto, el agricultor vende toda su cosecha y busca comprar semilla certificada; por el contrario, cuando el precio de la papa de consumo baja, la adquisición de semilla certificada disminuye, lo que desestimula su cadena de producción y su crecimiento. Ello genera inestabilidad de los sistemas de producción de semillas certificadas.

Gracias a la implementación de los Planes Nacionales de Semillas, el uso de semilla certificada pasó de un

1 % en el año 2000 a un 5 % en el año 2018, aunque esto no es suficiente para solucionar la problemática de la cadena de producción del tubérculo, por lo que es necesario continuar con los planes de producción y adopción del uso de este insumo.

La normativa vigente para la producción de semilla de papa está enmarcada en la Resolución 3168 de 2015 del ICA. El programa de producción de semilla certificada admite las siguientes categorías: Súper Élite, Élite, Básica, Registrada y Certificada. La Súper Élite proviene de minitubérculos o esquejes obtenidos a partir de plantas producidas por tecnología *in vitro* (figura 15), libre de virus PLRV, PVY, PVS y PVX, por medio de la prueba de laboratorio Elisa cualitativa en material foliar. Para la confirmación de resultados positivos se realiza la prueba de Elisa en tubérculos brotados (tubérculo índice), lo cual requiere de mucho tiempo y pone en riesgo su mercado, pues al estar infectada por agentes virales no podría ser utilizada como semilla certificada, pero su uso podría ser cambiado a consumo si se hace un diagnóstico rápido, disminuyendo las pérdidas que implicaría esperar un largo periodo de tiempo para tener un resultado de laboratorio.



Figura 15. Proceso de siembra de planta de papa producida por cultivo *in vitro* de meristemos.

Foto: Mónica Páramo



Actualmente, la producción de papa en condiciones *in vitro* depende de la disponibilidad de material inicial libre de patógenos. La limpieza de material se realiza a través de la metodología clásica de siembra por meristemos, aunque esta no siempre garantiza la eliminación del 100 % de los virus. Por ello, se sugiere combinar técnicas de termoterapia y siembra de meristemos, que juntas resultan más eficientes en la limpieza de material contaminado con la presencia de virus.

La producción de semilla certificada consta de dos etapas. En la fase I, que involucra invernadero, casa de malla o invernadero, se produce categoría Súper Élite y Élite. En la primera se obtienen minitubérculos o esquejes a partir de plantas *in vitro* provenientes de laboratorio a partir de plantas madre sanas, las cuales cuentan con diagnóstico fitosanitario e identidad genética conocida. Estas plántulas son aclimatadas en invernadero y crecen en ausencia de un sustrato, tomando los nutrientes de soluciones nutritivas que son asperjadas al sistema radical, donde se producen los minitubérculos (figura 16). En la categoría Élite se obtienen tubérculos en invernadero o casa de malla, por medio de la multiplicación de esquejes o minitubérculos de la categoría Súper Élite. Es posible realizar generación 1 y generación 2 en las dos categorías.

La fase II se adelanta en campo y las categorías que se producen son: 1) categoría Básica: descendencia de la semilla categoría Élite, que corresponde al

primer ciclo que se hace en campo en el proceso de producción de semilla y se puede realizar generación 1 y generación 2; 2) categoría Registrada: descendencia de la semilla categoría básica y se puede realizar generación 1 y generación 2, y 3) categoría Certificada: descendencia de semilla básica o registrada en una sola generación. Esta categoría es la que se comercializa con los agricultores.

Actualmente, AGROSAVIA cuenta con la oferta tecnológica de micropropagación de variedades de papa y producción de minitubérculos de diferentes variedades comerciales, lo que permite al semillero y agricultor contar con material de siembra de calidad sanitaria, física, fisiológica y genética. En la siguiente sección se ampliará la información para poder acceder a esta oferta tecnológica.



Figura 16. Proceso de producción de semilla Super Élite. a. Tubérculos seleccionados en campo. b. Diagnóstico fitosanitario del material vegetal. c. Plantas indexadas, producidas *in vitro* libre de virus. d. Plantas de papa creciendo en el sistema de aeroponía. e. Crecimiento de minitubérculos. f. Minitubérculos Super Élite.

Fotos: Mónica Páramo, Linda Gómez y Adriana Santos





CAPÍTULO V Productos y servicios de AGROSAVIA disponibles para el sistema productivo de papa

Servicio	Descripción	
Minitubérculos (minis) de papa		Los minitubérculos son semillas de papa de alta calidad genética, fitosanitaria, fisiológica y física, obtenida bajo condiciones protegidas en aeroponía o camas convencionales, pertenecientes a las categorías Súper Élite y Élite. A partir de los minitubérculos de papa se produce semilla básica, registrada y finalmente certificada; son materiales de pureza genética, alto rendimiento y sanas con respecto al manejo tradicional de semillas que se usa en el cultivo comercial de papa. Los minitubérculos se producen bajo la tecnología de aeroponía, que permite suministrar la cantidad de agua y requisitos requeridos por las plantas y tener buenas características morfológicas, listos para la propagación de la especie. Las variedades que se ofrecen son: Perla Negra, Agrosavia Mary, Diacol Capiro (R12), Parda Pastusa, Tuquerreña, ICA Única, ICA Puracé, Roja Nariño, Rubí, Criolla Sol Andina, Criolla Colombia y Superior.
Variedad de papa Perla Negra		Perla Negra es una variedad de papa tolerante a gota (<i>Phytophthora infestans</i>) en índices superiores a las variedades actualmente ofertadas en el mercado. El periodo desde siembra hasta cosecha es de 168 días y tiene un rendimiento comercial de 32,16 t/ha. La planta puede alcanzar una altura de 88 cm y entre algunas características del tubérculo se destaca su forma redonda, color primario de la piel negruzco y textura lisa, diámetro promedio de 6,73 cm y un peso seco de tubérculo de 188,59 g. Esta variedad puede ser sembrada en el altiplano cundiboyacense; si la producción está orientada al consumo en fresco, el mejor desempeño se logra entre 2.500 y 3.000 m s. n. m.; para uso industrial se recomienda sembrarla a una altitud entre 2.500 y 2.700 m s. n. m.
Variedad mejorada de papa Agrosavia Mary		Agrosavia Mary es una variedad de papa mejorada que puede ser empleada para el consumo en fresco y con aptitud para el procesamiento de hojuelas y papa a la francesa. Es precoz, pues solo hay que esperar 145 días para madurez fisiológica. Tiene características de tolerancia estable a la gota (<i>Phytophthora infestans</i>) y bajos porcentajes de incidencia de dormidera (<i>Ralstonia solanacearum</i>) y sarna polvosa o roña (<i>Spongospora subterranea</i>). Su rendimiento es de 33 a 41 t/ha. Se adapta muy bien a las zonas de producción de los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Nariño entre los 2.400 y 3.200 m s. n. m. El 40 % de sus tubérculos en los tamaños cero y primera tienen un contenido de materia seca del 21,9 % (19,8-24,2 %). Entre algunas características se destacan la altura de la planta de 90 cm, la forma redonda y aplanada del tubérculo, el color de piel rosado oscuro, el color crema de la pulpa y textura reticulada (casposa) de la piel.

La oferta tecnológica de AGROSAVIA está compuesta por los productos o procesos generados a partir de los resultados de I+D+i validados que tienen utilidad y valor para de los sistemas agropecuarios colombianos. Esta oferta tecnológica se clasifica en productos y servicios disponibles para el agro.

A continuación, se describen específicamente las OT disponibles y de interés para el sistema productivo de papa.



Servicio		Descripción
Variedad seleccionada de papa criolla Corpoica Sol Andina		Criolla Corpoica Sol Andina es una variedad seleccionada de papa criolla amarilla con rendimiento de 29,4 t/ha y un ciclo de vida de 120 días. Se adapta muy bien a las zonas de producción de los departamentos de Boyacá y Cundinamarca, entre los 2.400 y 3.000 m s. n. m. El 60 % de su producción son tubérculos correspondientes a los tamaños primera (40-49 mm), con aptitud para el consumo en fresco e industrial (chips y harinas). Entre las características se destaca una altura de la planta de 86 cm, la forma redonda del tubérculo, el color primario de piel amarillo y su textura lisa. El diámetro del tubérculo está entre 25 y 50 cm y contiene un porcentaje de materia seca del 23 %.
Fertilidad completa		Análisis de suelo que se usa como herramienta para diagnosticar el estado del suelo, posibles deficiencias de nutrientes o necesidades de encalado que sirvan en la toma de decisión en los requerimientos de abonado del cultivo. El análisis denominado “Fertilidad completo de suelo” que oferta AGROSAVIA presenta los siguientes parámetros: pH, materia orgánica, fósforo disponible, azufre disponible, conductividad eléctrica, calcio, magnesio, potasio y sodio intercambiables, micronutrientes hierro, manganeso, zinc y boro, aluminio y acidez intercambiable y los cálculos derivados de saturación de bases de cambio.
Completo en material vegetal		Análisis de la planta que permite conocer su estado nutricional con miras a la toma de decisiones de abonado o complementos al plan de abonado. Este análisis comprende el análisis de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, hierro, manganeso, zinc y boro.
Análisis de agua de riego		Análisis que permite conocer las características del agua para definir medidas correctivas como el pH o la dureza para las aplicaciones de agroquímicos o para el balance nutricional en cultivos en sistemas de fertirriego. Dentro de este paquete de servicio se encuentra la determinación de pH, conductividad eléctrica, los cationes calcio, magnesio, potasio, sodio, los aniones carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y los elementos hierro y boro.
Análisis de indicadores biológicos de suelos		Análisis microbiológico que permite estimar la concentración de grupos funcionales de microorganismos en el suelo. Dentro de los microorganismos a evaluar se encuentran: bacterias, mohos, levaduras, actinomicetos, bacterias presuntivas solubilizadoras de fósforo, bacterias presuntivas fijadoras de nitrógeno y hongos formadores de micorrizas arbusculares.
Baculovirus		Baculovirus Corpoica es un bioplaguicida para el control de la polilla guatemalteca de la papa (<i>Tecia solanivora</i>) bajo condiciones de almacenamiento (para semilla o para alimentación). Su formulación es un polvo para espolvoreo de color blanco, a base de una cepa nativa de Granulovirus de <i>Phthorimaea operculella</i> (PhopGV). Tiene una concentración mínima de 0,05 %, correspondiente a 0,02 equivalentes larvales por gramo de producto.

Fuente: Elaboración propia **Fotos:** Mónica Páramo y Adriana Santos



	Consulte el portafolio de servicios para el agro colombiano en: https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/servicios-de-laboratorio
	Adquiera los productos y servicios de AGROSAVIA ingresando directamente a la tienda virtual en: https://agrosavia.vendty.com
	En la comunidad de extensionistas y asistentes técnicos de Colombia de AGROSAVIA, Linkata (https://www.linkata.co/), se pueden intercambiar experiencias, conocimientos y establecer diálogos en los foros y blogs con temáticas especializadas y estratégicas para el agro.



AGROSAVIA facilita el acceso al servicio de análisis de suelos a los productores del país mediante la alianza con Efecty - Servientrega. Acérquese a un punto y realice el proceso logístico de compra y envío de las muestras a AGROSAVIA (figura 17). El plegable que se entrega con la bolsa presenta la guía de toma de muestras para que esta parte tan fundamental se realice de la mejor manera.

Conozca los puntos autorizados ingresando a https://www.agrosavia.co/media/3799/puntos-agrosavia-efecty-servientrega_2019.pdf

Para más información, escríbanos a atencionalcliente@agrosavia.co

Figura 17. Proceso para realizar el análisis de suelo en AGROSAVIA vía Efecty.

Fuente: Elaboración propia



Corporación colombiana de investigación agropecuaria

Realice su Análisis de suelos

Paso 1

Acérquese a un centro de soluciones Servientrega-Efecty habilitado y realice el pago por concepto de análisis de fertilidad de suelos AGROSAVIA



Paso 2

Una vez cancelado el análisis de suelos recibirá un instructivo y bolsa de seguridad para recolectar la muestra



Paso 3

Tome la muestra en terreno y diligencie el formato de la bolsa de acuerdo con las recomendaciones del instructivo



Paso 4

Diríjase al Centro de Soluciones Servientrega más cercano, realice el envío al Centro de Investigación Tibaitatá, Km 14 vía Mosquera y cancele el valor del envío



Paso 5

15 días hábiles después, se enviará el resultado del análisis al correo electrónico indicado por el solicitante. Si requiere el reporte de resultados en físico, enviar solicitud con la dirección de residencia para el envío



Recuerde conservar su **tirilla de pago** de Efecty y Servientrega para cualquier solicitud o reclamo

Recuerde que los puntos habilitados los encuentra en nuestra página web www.agrosavia.co

IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS DEL SUELO:

El análisis de suelo es una herramienta de decisión que establece los niveles de nutrientes del suelo de su finca, y teniendo en cuenta los requerimientos y respuesta del cultivo a la fertilización, permite generar planes balanceados de fertilización en busca de una mayor producción de su cultivo.

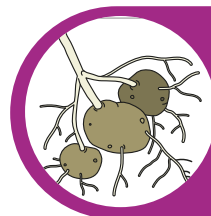
Más información:
Página Web: www.agrosavia.co
Correo electrónico: suelos@agrosavia.co
Línea de atención: (1) 4227300 Extensión 1369



El campo es de todos

Minagricultura





Referencias

- Agronet. (2022). Consulta 2022. <https://www.agronet.gov.co/Paginas/inicio.aspx>
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Corpoica]. (2015). Sistema de apoyo para la toma de decisiones agroclimáticamente inteligente SE-MAPA. <http://www.corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/SEMapa/>
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2015, 7 de septiembre). Resolución 3168, “Por medio de la cual se reglamenta y controla la producción, importación y exportación de semillas producto del mejoramiento genético para la comercialización y siembra en el país, así como el registro de las unidades de evaluación agronómica y/o unidades de investigación en fitomejoramiento y se dictan otras disposiciones”. ICA. <http://www.ica.gov.co/getattachment/4e8c3698-8fcb-4e42-80e7-a6c7acdegbf8/2015R3168.aspx>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2019). *Cadena de la papa, indicadores e instrumentos*. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Papa/Documentos/2019-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Porras, P., Espitia, E., Rodríguez, G., Polo, S., & Vásquez, Á. (2020). *Modelo productivo de la papa (Solanum tuberosum L.) de la variedad Parda Pastusa para el altiplano cundiboyacense*. Repositorio Agrosavia. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7403510>



Distribución gratuita
Prohibida su venta

Esta cartilla hace parte de una colección de cinco sistemas productivos presentes en el trópico alto colombiano con recomendaciones generales para el manejo del cultivo. Acceda a las demás cartillas de pastos, caña de azúcar para la producción panelera, frijol y café:

