La enfermedad cuero de sapo en yuca: diagnóstico, **prevención y control**



Universidad del Cauca
Ciencias
AGROSAVIA EDITORIAL

La enfermedad cuero de sapo en yuca: diagnóstico, prevención y control

Eberto Rodríguez Henao | Laura Paola López Romero
Buenaventura Monje Andrade | Lina Vanessa Garavito Morales
Édgar Mauricio Rico Sierra | Elvia Amparo Rosero Alpala
Wílmer J. Cuéllar | Jaime Alberto Marín Colorado
María Camila Sierra González | Lilibet Tordecilla Zumaqué
Jenyfer Jiménez Polo
Autoría

Universidad del Cauca
Ciencias
AGROSAVIA EDITORIAL

AGROSAVIA
Corporación colombiana de investigación agropecuaria

La enfermedad de cuero de sapo en yuca: diagnóstico, prevención y control. / Eberto Rodríguez Henao [y otros diez] – Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2025.

80 páginas (Colección Alianzas AGROSAVIA)
Incluye referencias bibliográficas, ilustraciones y gráficos.
ISBN e-Book: 978-958-740-869-0

1. *Mandioca* 2. Cultivo 3. Control de enfermedades 4. Medida fitosanitaria
5. Caracterización molecular de Resistencia a la enfermedad 6. Tratamiento de semillas.

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

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA
Centro de Investigación Obonuco. kilómetro 5, vía Pasto-Obonuco, Nariño. Código postal 520038, Colombia.

Esta publicación se deriva del proyecto "Sistema productivo de yuca sostenible y competitivo con enfoque de desarrollo territorial", en el marco del programa liderado por la Universidad del Cauca "Fortalecimiento de la red de valor de la yuca mediante co-innovación en producción primaria, transformación y acceso a mercados con criterios de sostenibilidad, competitividad y circularidad", código 110390385717 CT 80740 444 2021, financiado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias).

Colección Alianzas AGROSAVIA
Tipología: Manual
Fecha de recepción: 17 de julio de 2025
Fecha de evaluación: 4 de agosto de 2025
Fecha de aceptación: 15 de agosto de 2025
Primera edición: diciembre 2025

editorial@agrosavia.co
Líder editorial:
Astrid Verónica Bermúdez Díaz
Edición: Jorge Enrique Beltrán
Corrección de estilo:
Andrés Castillo Brieva
Diseño y diagramación:
Mónica Cabiativa Daza

Citación sugerida: Rodríguez Henao, E., López Romero, L. P., Monje Andrade, B., Garavito Morales, L. V., Rico Sierra, É., M., Rosero Alpala, E. A., Cuéllar, W. J., Marín Colorado, J. A., Sierra González, M. C., Tordecilla Zumaqué, L., & Jiménez Polo, J. (2025). *La enfermedad cuero de sapo en yuca: diagnóstico, prevención y control*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7408690

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones y 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://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/

Contenido

Agradecimientos 5
Presentación 7
Introducción 9

Capítulo 1. Generalidades del cultivo de yuca en Colombia 10

Importancia del cultivo de yuca en Colombia 11
Principales problemas fitosanitarios en el cultivo de yuca 16

Capítulo 2. Generalidades de la enfermedad cuero de sapo 18

Agente causal 21

Capítulo 3. Sintomatología y escala de afectación 25

Sintomatología 25
Escala de afectación 27

Capítulo 4. Propagación de la enfermedad 34

Factores asociados a la propagación del cuero de sapo 34
Avances en el estudio de vectores 37

Capítulo 5. Diagnóstico molecular para la enfermedad cuero de sapo 40

Proceso de colecta de muestras 44

Capítulo 6. Recomendaciones de manejo integrado de la enfermedad cuero de sapo 48

Resistencia varietal 48
Uso de semilla con calidad sanitaria garantizada 49
Verificación del origen y calidad de la semilla 49
Selección positiva de la semilla 51
Nutrición del cultivo 58
Renovación periódica del material de siembra 59

Conclusiones 60
Referencias 61
Autoría 69

Agradecimientos

Los autores manifiestan su agradecimiento a la Universidad del Cauca por el trabajo interinstitucional realizado en el marco del programa "Fortalecimiento de la red de valor de la yuca en Colombia mediante co-innovación en producción primaria, transformación y acceso a mercados con criterios de sostenibilidad, competitividad y circularidad". Este trabajo permitió avanzar en la compilación de información clave para que los productores de yuca adquieran conocimiento sobre los últimos avances de investigación sobre la enfermedad de cuero de sapo, estrategias de monitoreo, prevención y control.

Un agradecimiento especial a los productores de yuca, quienes, a pesar de los desafíos que enfrentan en el campo, se esfuerzan por mejorar la productividad de sus cultivos, y que con esta información promoverán estrategias de manejo integral del cultivo con mayor sostenibilidad.

Un agradecimiento a las empresas, agremiaciones, organizaciones, instituciones y aquellas estructuras organizativas que permiten difundir el conocimiento con mayor impacto, y que, con insumos como este manual, promoverán un manejo sostenible de los cultivos de yuca.



Presentación

El siguiente documento fue desarrollado en el marco del proyecto "Sistema productivo de yuca sostenible y competitivo con enfoque de desarrollo territorial", como parte del programa liderado por la Universidad del Cauca "Fortalecimiento de la red de valor de la yuca en Colombia mediante co-innovación en producción primaria, transformación y acceso a mercados con criterios de sostenibilidad, competitividad y circularidad", financiado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias). Los equipos técnicos de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), a través del Programa de Investigación en Agricultura Sostenible, se unieron para consolidar información actualizada y relevante en el presente manual, que busca llegar con conocimiento técnico a productores, asistentes técnicos y demás actores de esta importante cadena de valor en Colombia.

Este manual empieza con una descripción general del cultivo de yuca en Colombia, en donde se abordan temáticas de taxonomía, usos y áreas de producción. El capítulo 2 se enfoca en el cuero de sapo en yuca. Se abordan generalidades de la enfermedad (desde el primer reporte hasta las investigaciones y resultados registrados), agentes causales y posibles vectores. El capítulo 3 muestra el modo de reconocer la enfermedad en campo. La sintomatología es descrita e ilustrada con imágenes que permiten definir la escala de afectación. En el capítulo 4 se explican los factores asociados a su

propagación, así como los avances en el estudio de vectores relacionados con la enfermedad.

El capítulo 5 presenta los avances en el diagnóstico, incluido el protocolo de toma de muestras para análisis. Finalmente, el capítulo 6 presenta todas las recomendaciones de manejo integrado: el uso de variedades resistentes (con énfasis en la semilla de origen y calidad conocidos), un paso a paso del proceso de selección positiva para obtener la semilla del siguiente ciclo de cultivo comercial, la importancia del manejo nutricional del cultivo y la renovación periódica del material de siembra.

Con este contenido sobre la enfermedad de cuero de sapo se genera un documento actualizado, con lenguaje apropiado para diferentes usuarios, como productores, investigadores, asistentes técnicos y demás actores de la cadena de valor de la yuca.

Introducción

El cultivo de la yuca forma parte de la base alimentaria y socioeconómica de Colombia, donde se destaca la región Caribe con las áreas más predominantes de este cultivo en el país. Dada su importancia, el fortalecimiento de los actores del eslabón primario a través de tecnología y conocimiento posibilitará construir indicadores positivos en rendimiento y manejo sostenible de los cultivos. Sin embargo, existen limitantes fitosanitarias que pueden convertirse en causas de pérdidas de entre el 20 y el 100 %. Por lo tanto, el conocimiento de los productores y asistentes técnicos permite generar esquemas de manejo enfocados en el monitoreo permanente, el desarrollo de acciones integrales de prevención y la aplicación de técnicas de manejo y control que reduzcan la afectación y eviten la diseminación en la zona de cultivo.

El presente manual describe de forma detallada una de las principales enfermedades en yuca, conocida como "cuero de sapo". A partir de literatura, observaciones y la experiencia de los investigadores, se presenta un documento con recomendaciones claras para reconocer la afectación, junto con una descripción del agente causal y artrópodos asociados, que ayudan a explicar la forma de monitorear, prevenir o controlar el impacto económico.

Capítulo 1.
Generalidades del cultivo de yuca en Colombia

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) pertenece a la familia Euphorbiaceae. Este cultivo es de gran importancia para la economía en diferentes regiones del mundo, especialmente por su contenido de almidón, que a nivel de consumo humano constituye una fuente de energía en la dieta y, a nivel industrial, una materia prima útil para la producción de bioetanol, bioquímicos y bioplásticos, con aplicaciones en diversas industrias (Gao et al., 2020).

La ventaja competitiva de la yuca frente a otros cultivos amiláceos radica en su capacidad de crecer en una amplia gama de condiciones climáticas y tipos de suelo, a diferencia de otros cultivos tropicales amiláceos. Tolera mejor los suelos de baja fertilidad y la sequía, con un alto potencial de producir y almacenar más carbohidratos que otros cultivos de granos (trigo, maíz, etc.) o raíces (papa) (Amelework, et al., 2021; El-Sharkawy & De Tafur, 2010).

A nivel mundial, se cultivan más de 32 millones de hectáreas, ubicadas principalmente en Nigeria, República Democrática del Congo, Tailandia, Brasil, Ghana y Angola. Todos estos países reportaron más de un millón de hectáreas, y Nigeria, el mayor productor, supera las diez millones de hectáreas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2024).

Importancia del cultivo de yuca en Colombia

La importancia se reconoce en su amplia distribución, con presencia en los 32 departamentos, incluida la zona insular. La yuca de mesa o de consumo fresco ocupa más del 90 % del área cosechada y, en 2023, superó las 190.000 hectáreas (Agronet, 2024). En la región Caribe se concentra uno de los principales núcleos de producción, especialmente en los departamentos de Bolívar, Córdoba, Magdalena y Sucre, con áreas superiores a 10.000 hectáreas (figura 1).

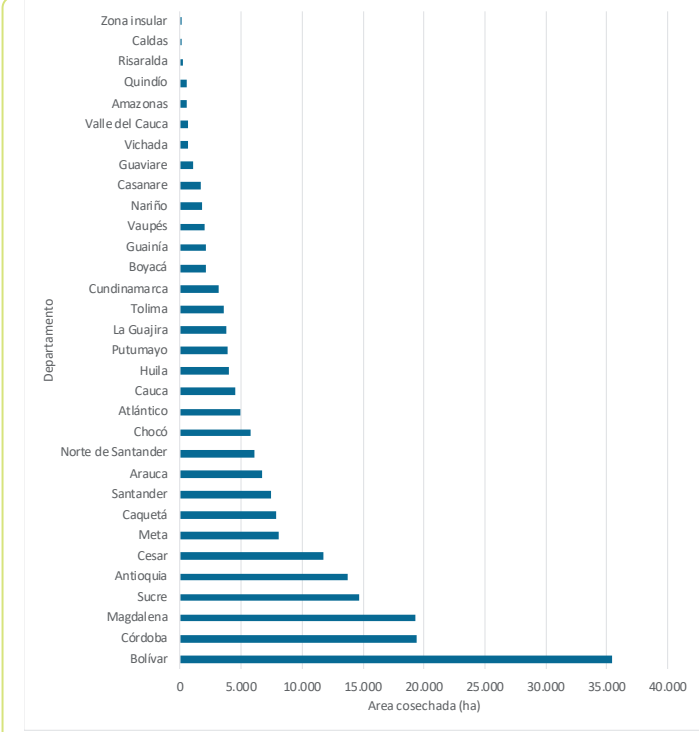


Figura 1. Distribución del área cosechada en el cultivo de yuca en el 2023, en los diferentes departamentos de Colombia.

Fuente: Elaboración propia

Otros núcleos representativos en términos de áreas se encuentran en los Santanderes y la Orinoquía. Sin embargo, se resalta la importancia de este cultivo en todos los departamentos del país, como parte de la dieta de millones de colombianos. La cosecha de estas áreas genera una producción superior a 2,2 millones de toneladas (figura 2), destinada principalmente al consumo local, regional y nacional, y en menor escala, al mercado internacional.

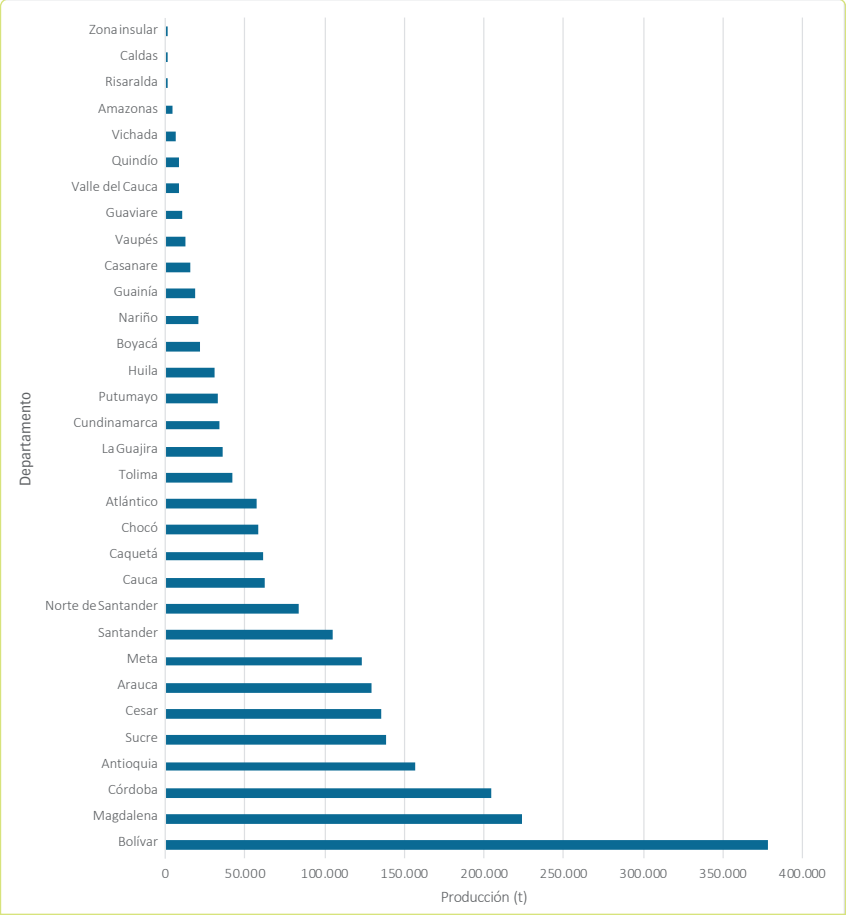


Figura 2. Producción de raíces frescas en los diferentes departamentos de Colombia en 2023.

Fuente: Elaboración propia

Consistente con el área de cultivo, grandes cantidades de raíces frescas de yuca se producen en Bolívar, Magdalena, Córdoba y Sucre, aunque también se resalta Antioquia (Agronet, 2024). Los núcleos de los Santanderes y Orinoquía mantienen su importancia por sus altos volúmenes de producción. Sin embargo, a pesar de la relevancia del cultivo en Colombia, los promedios de rendimiento son bajos en comparación con la capacidad productiva de algunas variedades (figura 3).

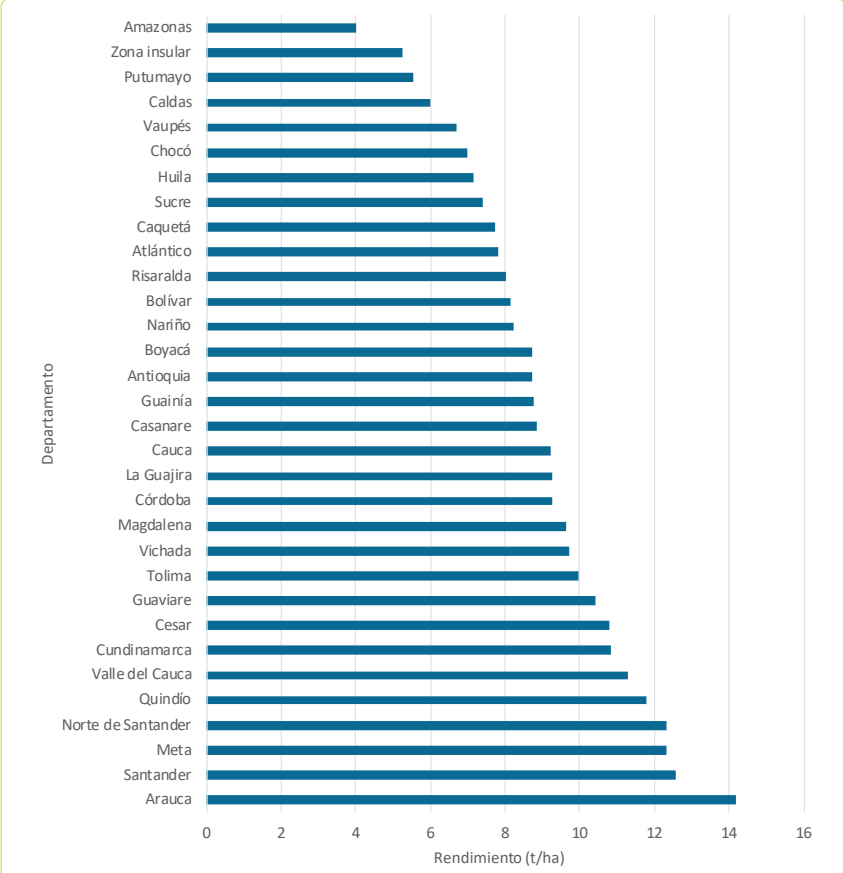


Figura 3. Promedio de rendimiento en los departamentos de Colombia en 2023.

Fuente: Elaboración propia

Entre los departamentos que muestran promedios de rendimiento superiores a 12 t/ha, se destacan Arauca, Santander, Meta y Norte de Santander. De esta forma, los núcleos de producción de los Santanderes y la Orinoquía presentan promedios de rendimiento superiores a los del Caribe, cuyos departamentos no alcanzan las 10 t/ha (Agronet, 2024). Con base en tecnológica y conocimiento, se busca continuar desarrollando estrategias que incrementen los rendimientos y fortalezcan la cadena a través de la agregación de valor.

La yuca industrial, también conocida como yuca agria o amarga, se emplea como materia prima para tres productos intermedios: almidón nativo, almidón fermentado y trozos secos para balanceados. La yuca industrial que sale de los principales departamentos productores (Sucre y Córdoba) se destina a estos tres productos intermedios y alcanza áreas de cosecha de 6.376 y 3.143 hectáreas, respectivamente (figura 4). En el Cauca, la producción se orienta principalmente al almidón fermentado, lo que posiciona al departamento como referente en este segmento de transformación, con un área superior a 2.580 hectáreas (Agronet, 2024).

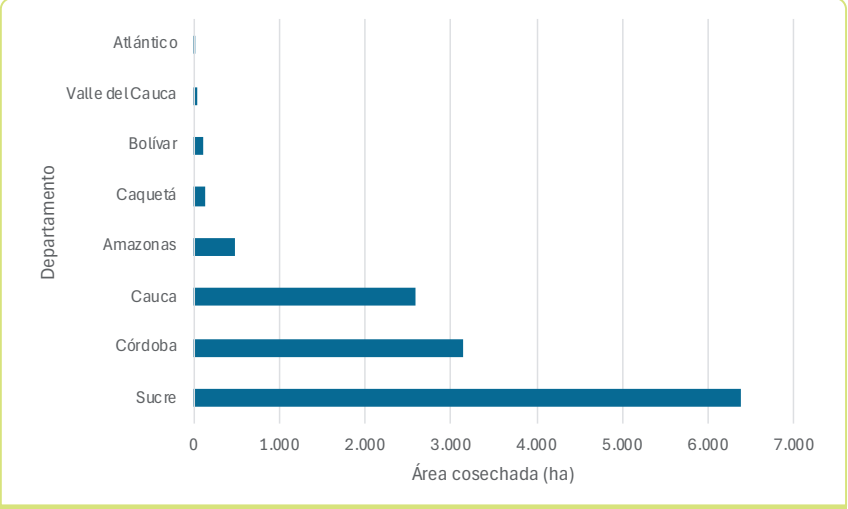


Figura 4. Área cosechada de yuca industrial en Colombia durante 2023.
Fuente: Elaboración propia

La producción de estas áreas de cultivo alcanza más de 200.000 toneladas de raíces frescas, procesadas localmente para abastecer la demanda nacional de estos productos intermedios para fabricar productos más elaborados o finales. En su orden, Sucre, Córdoba y Cauca presentan la producción más alta (figura 5).

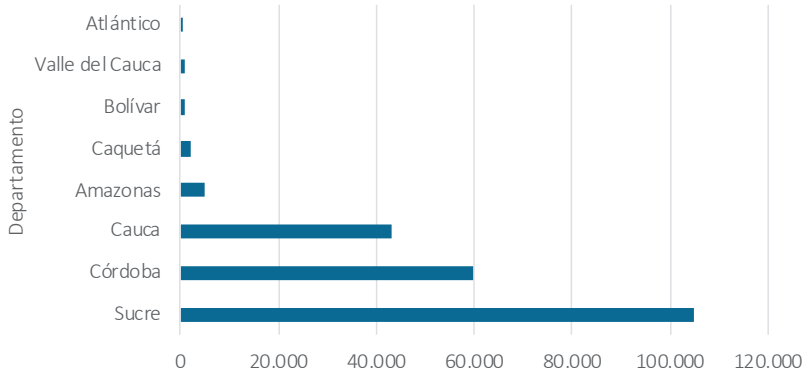


Figura 5. Producción de raíces frescas de yuca industrial en Colombia durante 2023.

Fuente: Elaboración propiaFuente: Elaboración propia

En el cultivo de yuca industrial, los rendimientos promedio de cultivo son más altos que en la yuca de consumo en fresco. Sin embargo, siguen siendo bajos frente al potencial de las variedades mejoradas. Los valores más altos se observaron en el Valle del Cauca, Cauca y Caquetá, con promedios superiores a 15 t/ha (figura 6). En contraste, los departamentos con mayores áreas de producción reportaron promedios bajos, inferiores a 13 t/ha (Agronet, 2024).

Aunque el cultivo de yuca reviste gran importancia en Colombia, enfrenta múltiples limitantes que afectan los diferentes eslabones de la cadena de valor. Por esta razón, se desarrollan numerosas iniciativas orientadas a incrementar los rendimientos y fortalecer la competitividad, especialmente en el caso de la yuca industrial, cuyos precios se

definen en función de la referencia internacional del almidón y el maíz.

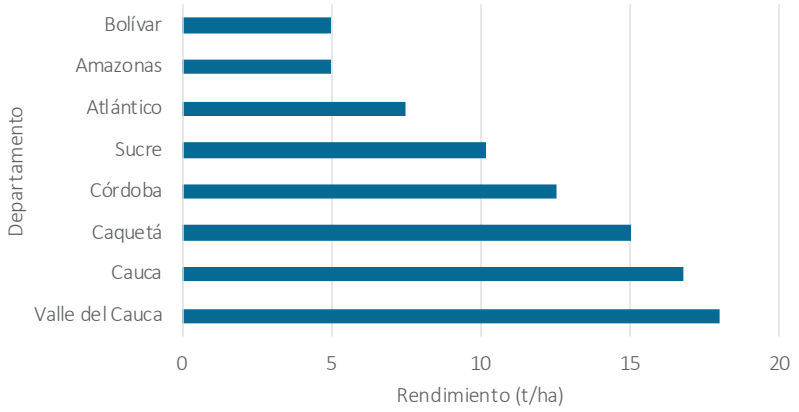


Figura 6. Promedio de rendimiento de yuca industrial en Colombia durante el 2023.

Fuente: Elaboración propia

Principales problemas fitosanitarios en el cultivo de yuca

Aunque existe un sinnúmero de enfermedades y plagas que afectan el cultivo de yuca, se destaca el impacto en pérdidas de rendimiento causadas por la bacteriosis (*Xanthomonas phaseoli* pv. *manihotis* y *Xanthomonas cassavae*), que puede causar entre 25 y 100 % de pérdidas (Zárate-Chaves et al., 2021).

En diversas regiones de Colombia, la enfermedad denominada *cuero de sapo* ha provocado hasta 100 % de pérdidas en la producción, e históricamente diferentes patógenos han sido detectados en las plantas afectadas (Pardo et al., 2022).

El superalargamiento de la yuca es otra enfermedad que puede causar daños severos. Aunque la interacción de varios patógenos podría estar relacionada con la presencia de síntomas, en general se reconoce a *Sphaceloma manihoticola* como el agente causal (Alleyne & Vallès, 2023). Otras enfermedades que generan impacto directo sobre las raíces son las pudriciones causadas por consorcios de patógenos del suelo (Hohenfeld et al., 2022).

En cuanto a las plagas, continúan los estudios sobre el rol de los artrópodos en la transmisión de las principales enfermedades. Sin embargo, algunos insectos defoliadores también pueden tener un impacto severo en la pérdida de rendimiento. Tal es el caso del gusano cachón (*Erynnyis ello*), cuya capacidad de consumo puede eliminar por completo el área foliar de una planta en cuestión de días o semanas, y de esta forma afectar el almacenamiento de almidón en las raíces.

Capítulo 2.

Generalidades de la enfermedad cuero de sapo

La enfermedad del cultivo de yuca denominada *cuero de sapo* es una de las más limitantes en este importante cultivo agrícola, ya que puede causar pérdidas del 100 % de las raíces, al afectar directamente la acumulación de nutrientes en este órgano de reserva (figura 7). Las pérdidas ocurren cuando el material de siembra está contaminado, y al ser este un problema de naturaleza sistémica, su diseminación se produce con gran facilidad si no se adoptan medidas de prevención.



Figura 7. Raíces de yuca con cuero de sapo (fibrosas y sin almacenamiento de almidón).

Foto: Eberto Rodríguez

La enfermedad cuero de sapo en yuca se ha convertido en un verdadero reto para productores, investigadores y la industria, ya que afecta directamente la raíz y limita el rendimiento en peso fresco o contenido de almidón (Calvert et al., 2012). Un factor para tener en cuenta es que en muchas variedades cultivadas no se presentan síntomas en la parte aérea de la planta (hojas y tallo), lo que dificulta su reconocimiento durante el ciclo de cultivo. El efecto sobre el rendimiento de las raíces solo se evidencia en el momento de la cosecha. Los síntomas en las raíces pueden variar de muy leves a graves y, si no se realiza manejo adecuado, la enfermedad puede diseminarse a través de material de siembra contaminado (Álvarez et al., 2015).

En Colombia, la enfermedad fue identificada por primera vez en 1971 en Quilcacé, Cauca, y desde entonces ha causado pérdidas superiores al 90 % en cultivos de yuca en varios municipios del país (Pineda López et al., 1983). Los síntomas característicos en las raíces han sido observados y reportados en las principales regiones productoras de yuca destinada al consumo fresco e industrial, especialmente en zonas de cultivo tradicional, como Córdoba, Sucre, Valle del Cauca, Tolima y Meta (Álvarez et al., 2015; Pardo et al., 2022).

Se estima que el origen de la enfermedad se encuentra en la región amazónica de Colombia o Brasil, donde afecta diversas variedades de yuca cultivadas por comunidades indígenas, que la conocen como "jacaré" o "piel de lagarto" (Calvert et al., 2012). Asimismo, se han reportado casos de cuero de sapo en países como Brasil, Paraguay, Venezuela, Honduras y Costa Rica. Hasta el momento, esta enfermedad tiene una distribución geográfica limitada dentro del continente americano (figura 8) (Pardo et al., 2022).



Figura 8. Mapa de distribución actual de cuero de sapo, con datos históricos de reportes publicados.

Fuente: Mapa interactivo disponible en: https://pestdisplace.org/map/diseases/CFSD

En resumen, tras la revisión reciente de cuatro décadas de investigación sobre cuero de sapo realizada por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (Pardo et al., 2022), se pueden considerar las siguientes generalidades:

1. El cuero de sapo es una enfermedad infecciosa y su agente causal puede transmitirse por injerto.
2. La transmisión de los síntomas radiculares de cuero de sapo requiere un vector aéreo.
3. El mosaico foliar observado en algunas variedades de yuca se asocia con infecciones mixtas y no constituye un síntoma genérico de la enfermedad.
4. Todas las estacas de yuca de una planta con síntomas radiculares de cuero de sapo pueden desarrollar la enfermedad, lo que sugiere una infección sistémica del patógeno en la planta.

Agente causal

Tras cincuenta años desde su primer reporte, se han hecho diferentes hallazgos sobre posibles agentes causales y se han desarrollado técnicas de diagnóstico molecular para identificar y conservar plantas limpias y libres de patógenos (figura 9). Debido al ciclo de desarrollo de la yuca, ha sido muy difícil reproducir en condiciones controladas de invernadero los síntomas característicos de la raíz, lo que representa otra limitante para la investigación (Pardo et al., 2022).

Inicialmente, el cuero de sapo se atribuyó a la presencia de un único patógeno (viral o bacteriano). Sin embargo, investigaciones posteriores evidenciaron un complejo de patógenos en plantas con síntomas severos (Carvajal-Yepes et al., 2014; Cuervo, 1990; De Oliveira et al., 2020).

Los fitoplasmas son bacterias del grupo de los Mollicutes, caracterizadas por la ausencia de pared celular, lo que las convierte en patógenos dependientes de un hospedero para sobrevivir (Brown, 2010). Estas bacterias invaden el floema de las plantas y se transmiten de una planta a otra a través de insectos vectores que se alimentan del floema (Namba, 2019). El fitoplasma asociado a cuero de sapo pertenece al grupo ribosómico 16SrIII, y se ha detectado en Colombia, Paraguay, Costa Rica y Brasil (Álvarez et al., 2009; Cardozo Téllez et al., 2016; De Souza et al., 2014).

El primer virus reportado en plantas con la enfermedad fue el *Cassava Frogskin asocciated Virus* (CsFSaV), el más común en plantas afectadas. Este virus tiene un genoma de doble cadena de ARN (Calvert et al., 2008). Posteriormente, con técnicas de secuenciación profunda, se identificaron tres nuevos virus asociados al cuero de sapo: *Cassava new alphaflexivirus* (CsNAV), *Cassava polero like virus* (CsPLV) y *Cassava Torrado-like virus* (CsTLV), detectados en plantas con síntomas relacionados con la enfermedad (Carvajal-Yepes et al., 2014).



Figura 9. Cronología de los principales hallazgos en busca del agente causal de la enfermedad cuero de sapo en yuca.

Fuente: Elaboración propia con base en Álvarez et al. (2009); Calvert et al. (2008); Cardozo Téllez et al. (2016); Carvajal et al. (2014); Chaparro-Martínez & Trujillo-Pinto (2001); Cuervo (1990); De Oliveira et al. (2014, 2020); De Souza et al. (2014); Jiménez et al. (2024); Pardo et al. (2022); Pineda López et al. (1980, 1983); Roa et al. (2000).

Además de los agentes vinculados directamente a la enfermedad del cuero de sapo, se han identificado otros virus que afectan a la yuca, aunque no producen los síntomas característicos en las raíces. Tal es el caso del *Cassava Common Mosaic Virus* (CsCMV) y *Cassava Virus X* (CsVX). El CsCMV provoca manchas cloróticas irregulares en las hojas (mosaicos), causa deformaciones foliares y afecta la fisiología de la planta, lo que puede reducir de manera significativa el rendimiento en diversas variedades (Zanini et al., 2021; Tonini Venturini et al., 2016). Sin embargo, este virus no produce síntomas en la raíz asociados a cuero de sapo. Por su parte, el CsVX se considera de menor relevancia, ya que hasta el momento no se han reportado síntomas visibles en plantas infectadas (Carvajal-Yepes et al., 2014).

Estos hallazgos sugerían que la combinación de varios patógenos puede ser responsable de los síntomas característicos de cuero de sapo en la raíz (Legg et al., 2015). En la variedad Secundina (MCOL 2063), se ha demostrado que el CsTLV puede causar síntomas foliares cuando se presenta en infección única, mientras que las infecciones múltiples con otros patógenos pueden incluir síntomas foliares adicionales en esta misma variedad (Carvajal-Yepes et al., 2014).

Con estos resultados y de manera preventiva, la limpieza del material vegetal de yuca contempla el diagnóstico de seis virus —CsFSaV (*Oryzavirus*), CsNAV (*Potexvirus*), CsPLV (*Luteovirus*), CsTLV (*Torradovirus*), CsCMV (*Potexvirus*) y CsVX (*Potexvirus*)—, así como de un fitoplasma del grupo 16SrIII-L. Este complejo de patógenos se detecta en laboratorio mediante la técnica RT-PCR para los virus de ARN y qPCR para el fitoplasma, a partir de muestras provenientes de cultivos comerciales. El objetivo es asegurar la sanidad del material vegetal, ya que esto permite su posterior uso como semilla para propagación y como material de siembra indexado (Rosero Alpala et al., 2024).

Recientemente, Jiménez et al. (2024) emplearon un enfoque con plantas centinelas para capturar infecciones por

patógenos individuales en campos con alta incidencia de la enfermedad. Ocho meses después de la exposición en campo, las plantas centinelas presentaron una incidencia inferior al 6,9 % de síntomas en raíces. Estas plantas fueron propagadas y trasladadas a invernadero para un segundo ciclo de infección. Los análisis moleculares no detectaron fitoplasmas ni virus de la familia *Sedoreoviridae*, pero sí confirmaron que las infecciones por torradovirus eran suficientes para causar la enfermedad. La secuenciación de alto rendimiento corroboró la presencia de torradovirus en raíces sintomáticas y reveló una segunda especie de este virus en campos de yuca en Colombia, también asociada a síntomas radiculares.

Estos hallazgos son relevantes porque respaldan la implementación de herramientas moleculares de detección temprana en material de siembra, así como el desarrollo de estándares de certificación, lo que contribuiría a reducir el impacto de la enfermedad en el cultivo de yuca.

Capítulo 3.
Sintomatología y escala de afectación

Sintomatología

Los síntomas característicos que dan nombre a la enfermedad se presentan en las raíces de la planta y pueden variar de muy leves a muy severos. Al inicio, se observan pequeñas fisuras en el callo donde se originan las raíces, que luego se extienden a lo largo de estas. A medida que las raíces jóvenes aumentan de diámetro, las fisuras tienden a cicatrizar, dando a las lesiones una forma de hundimiento similar a un labio. Cuando las raíces maduran, las lesiones aumentan en tamaño y número, dando la apariencia de una red o panal; la cáscara o epidermis de la raíz adquiere un aspecto grueso similar al corcho (figura 10) (Calvert et al., 2012).

La enfermedad no se asocia con síntomas en hojas ni tallos en la mayoría de las variedades cultivadas (Ceballos & Hershey, 2017). En algunas variedades como Secundina y Reina se observa un moteado o mosaico (figura 11), que en su momento se relacionó con cuero de sapo bajo el nombre de "mosaico caribeño" (Pardo et al., 2022).

Muchas plantas afectadas presentan un porte más frondoso y tallos más gruesos, especialmente en la base. Este mayor grosor de los tallos se debe a la falta de acumulación de almidón en las raíces. Por esta característica, asociada con un aparente vigor, los agricultores suelen seleccionar estos tallos gruesos como material de siembra, lo que hace que se propague la enfermedad (Calvert et al., 2012).



Figura 10. Raíces de yuca con síntomas severos en forma de red o panal y tallo basal grueso, junto a otras raíces aparentemente sanas.

Foto: Laura López



Figura 11. Síntomas en hojas de una planta con diagnóstico positivo para un virus asociado a la enfermedad cuero de sapo.

Foto: Laura López

Los cultivares de yuca Secundina (MCOL 2063) y Reina (CM6740-7) presentan síntomas foliares como mosaicos en hojas jóvenes, que pueden servir como indicadores visuales de la presencia de cuero de sapo. Por esta razón, el cultivar Secundina se ha utilizado en investigación como injerto (copa) para la detección en campo. En este método, las plantas a evaluar se emplean como portainjertos (patrón) y se les injertan esquejes de Secundina previamente verificados como libres de la enfermedad en laboratorio. Un mes después del injerto, se observa la presencia o ausencia de síntomas foliares del injerto para determinar si el portainjerto está infectado (Calvert et al., 2001). Este proceso es viable para un número reducido de plantas debido al trabajo previo en la injertación, y resulta útil en la selección de plantas madre que servirán como fuente de material de siembra básico para incrementar semilla vegetativa.

Escala de afectación

Debido a que esta enfermedad afecta principalmente las raíces y en la mayoría de los cultivares de yuca no presenta síntomas visibles en la parte aérea, es indispensable revisar directamente las raíces para identificar la presencia o ausencia de síntomas asociados con la enfermedad. Según Álvarez et al. (2015), los síntomas se presentan de la manera como se describe a continuación.

Los primeros síntomas visibles corresponden a sobrecrecimiento y engrosamiento anormal de la corteza de la raíz, que se torna opaca, leñosa y difícil de separar de la pulpa. En estados más avanzados de la enfermedad por uso de semilla contaminada, se observan hundimientos en forma de labios, que progresivamente se unen hasta formar una red de acanaladuras. Posteriormente, en plantas donde se ha usado la misma fuente de semilla por recurrentes ciclos de siembra con presencia de la enfermedad, las raíces dejan de almacenar almidón y reducen su engrosamiento hasta convertirse en raíces fibrosas con engrosamiento mínimo.

Para evaluar el progreso de la enfermedad, se definió una escala basada en los síntomas radiculares, la cual permite a los productores identificar el nivel de daño potencial en sus cultivos. A continuación, se presenta la escala de evaluación del cuero de sapo en raíces de yuca (Álvarez et al., 2015):

- Grado 1. Considerado como ausencia de la enfermedad, este es el escenario ideal en campo, en el que las raíces no presentan síntomas de la enfermedad y los tallos pueden emplearse como fuente de semilla vegetativa. Se estima una severidad de 0,1 %. Las raíces presentan engrosamiento normal y corteza delgada y flexible (figura 12).



Figura 12. Grado 1 de afectación en raíces con cuero de sapo: raíces uniformes con engrosamiento adecuado y apariencia sana.

Foto: Eberto Rodríguez

- Grado 2. En este estadio, los síntomas son leves, con una severidad de 10 a 35 %. Las raíces mantienen un engrosamiento normal, pero la corteza se torna opaca y aparecen algunas acanaladuras en forma de labios en pocas raíces y en un área reducida de la corteza. Es

crucial revisar con atención las raíces, ya que en este grado puede encontrarse solo una raíz afectada y, en ella, una única depresión, a veces cercana al punto de crecimiento (figura 13), lo que podría pasar desapercibido si la evaluación no es minuciosa. Si no se detecta adecuadamente el grado 2 y se utilizan estacas de estas plantas como fuente de semilla vegetativa, en la siembra siguiente aumentará la carga del patógeno, lo que incrementará la severidad de la enfermedad.

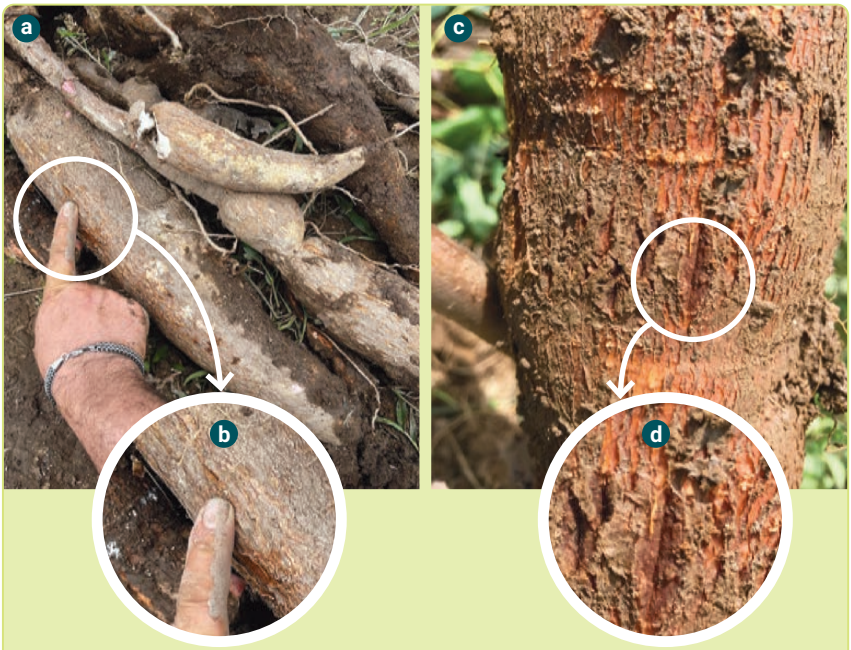


Figura 13. Grado 2 de afectación en raíces con cuero de sapo: raíces con engrosamiento adecuado y con primeros síntomas de hundimientos de la corteza tipo labios. a. Raíz de yuca aparentemente libre de síntomas; b. Ampliación de imagen donde se observan los primeros síntomas en la corteza de la raíz; c. Raíz de yuca con primeros síntomas de cuero de sapo con pocos hundimientos de la corteza; d. Ampliación de la zona con síntomas de depresiones o hundimientos.

Fotos: Eberto Rodríguez

- Grado 3. Las raíces presentan síntomas moderados con una severidad de hasta el 65 %. Se observa una reducción del engrosamiento, con acanaladuras tipo labio en la mayoría de las raíces, presentes en varios sitios, e incluso con unión de muchos labios, y corteza opaca y quebradiza (figura 14). En este punto es más fácil evidenciar la sintomatología que en el grado 2, por lo cual la presencia de raíces con grado 3 de afectación sugiere que no se realizó selección adecuada de semilla en el ciclo previo de cosecha.



Figura 14. Grado 3 de afectación de raíces con cuero de sapo. Raíces con engrosamiento adecuado y con mayor cantidad de hundimientos o acanaladuras tipo labios de la corteza, en zonas puntuales de la raíz, y corteza opaca. a. y b. Raíces de diferentes variedades de yuca con múltiples hundimientos unidos entre sí en un solo nivel de la raíz y corteza opaca.

Fotos: Eberto Rodríguez

- Grado 4. La severidad de la enfermedad alcanza el 90 % con síntomas severos. Las acanaladuras se observan claramente en todas las raíces, que toman forma de panal al unirse entre sí. La corteza es opaca y quebradiza, y se evidencia una significativa reducción del tamaño o grosor de las raíces (figuras 15 y 16). En este punto, el

cultivo presenta una pérdida considerable en el rendimiento de raíces frescas y se debe cambiar el material de siembra para el siguiente ciclo.



Figura 15. Grado 4 de afectación de raíces con cuero de sapo. Raíces con acanaladuras tipo labios en la mayor parte de la corteza de la raíz, de aspecto opaco y acartonado. Algunas raíces aún muestran buen desarrollo, pero otras ya empiezan a perder capacidad de almacenamiento (raíces fibrosas).

Fotos: Eberto Rodríguez



Figura 16. Grado 4 de afectación de raíces con cuero de sapo. a. Raíces con acanaladuras tipo labios en toda la corteza, de aspecto opaco y acartonado (quebradizas); b. Raíces con reducción significativa del grosor y formación de estructuras en forma de panal.

Fotos: Eberto Rodríguez

- Grado 5. La severidad alcanza el 100 % con síntomas muy severos. Se presenta un reducido almacenamiento de almidón en las raíces, hasta la pérdida total de raíces comerciales. Se producen raíces fibrosas, sin engrosamiento, con poco o nulo valor comercial (figura 17). Es importante no confundir este bajo engrosamiento con problemas de mala nutrición o baja adaptación de un clon a determinados ambientes, ya que en el caso del cuero de sapo se presentan los síntomas típicos de acanaladuras y engrosamiento de la corteza.



Figura 17. Grado 5 de afectación de raíces con cuero de sapo. La mayoría de las raíces son fibrosas al perder la capacidad de almacenar almidón. a. Afectación severa de cuerdo de sapo con raíces fibrosas y unas pocas raíces engrosadas; b. Todas las raíces de una planta de yuca sin engrosamiento por cuero de sapo.

Fotos: Eberto Rodríguez

Capítulo 4.
Propagación de la enfermedad

Para entender los mecanismos de dispersión de esta enfermedad limitante en el cultivo de yuca, es necesario entender qué es una enfermedad sistémica:

- Una enfermedad sistémica corresponde a problemas fitosanitarios causados por entidades biológicas que afectan todos los órganos de la planta, al diseminarse a través de la savia por los haces vasculares (xilema y floema). Esto genera infección en toda la planta, desde las hojas jóvenes hasta las raíces.

Factores asociados a la propagación del cuero de sapo

Debido a que la enfermedad se distribuye en toda la planta, infecta también los tallos. Al ser estos la principal fuente de material de propagación como semilla vegetativa, la enfermedad se expande con facilidad cuando se emplean estacas contaminadas (Álvarez et al., 2015). Si estas estacas se utilizan en varios ciclos de cultivo, la severidad de los síntomas tiende a aumentar (figura 18) (Pardo et al., 2022).

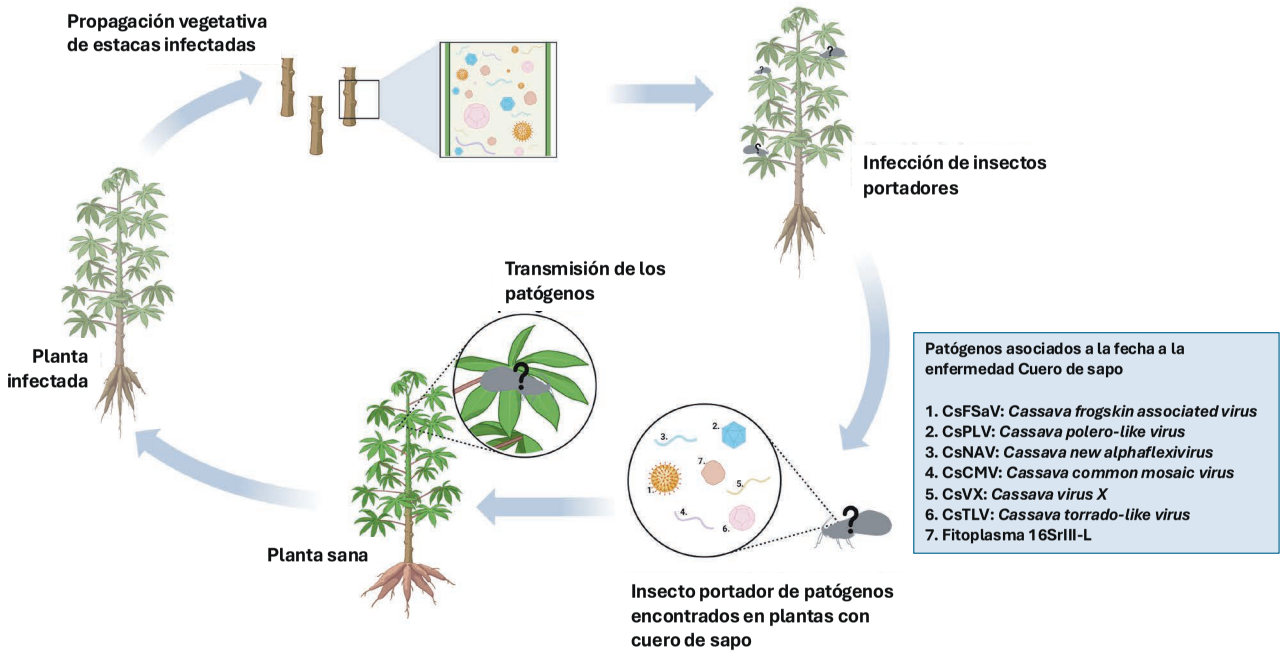


Figura 18. Principales factores que favorecen la propagación de cuero de sapo.

Fuente: Elaboración propia

La propagación clonal o vegetativa de la yuca se realiza convencionalmente mediante estacas de 20 centímetros con mínimo siete yemas viables, con una tasa de 1:10, es decir, de una planta pueden sacarse diez semillas para establecer igual número de plantas. En consecuencia, mediante una semilla vegetativa contaminada, la enfermedad puede pasar de una a diez nuevas hectáreas, lo que incrementa el problema en grandes zonas productoras. El panorama es aún más crítico cuando la tasa de propagación se aumenta con diferentes metodologías, como la de miniestacas en campo, que permiten tasas de 1:50 hasta 1:80, según la variedad (Rodríguez Henao et al., 2021).

Una vez en campo, las plantas sanas o limpias están expuestas a infecciones como las ya reportadas en plantas con cuero de sapo. Los virus y fitoplasmas, en su mayoría, dependen de un vector biológico para su transmisión, generalmente insectos chupadores que se alimentan del floema (Jeger, 2020; Namba, 2019). Se ha demostrado que el cuero de sapo no se transmite por suelo contaminado, sino por insectos voladores hemípteros de las familias Aleyrodidae y Delphacidae (Mejía et al., 2011). Dentro de la familia Aleyrodidae, se ha observado que *Bemisia tuberculata* se relaciona con el virus que provoca síntomas de mosaico y entorchamiento en las hojas (Ángel et al., 1987). Asimismo, otro estudio encontró que los insectos de la especie *Scaphytopius marginelineatus* (familia Cicadellidae) son portadores y transmisores del fitoplasma encontrado en plantas con cuero de sapo (Álvarez, 2020; Betancourth García, 2016).

Aunque existen estos antecedentes, aún no se ha podido establecer con exactitud la relación entre insectos vectores y y cada uno de los patógenos reportados en plantas con cuero de sapo, debido al ciclo de cultivo, la variabilidad genética, el desconocimiento de la biología de la enfermedad en diferentes variedades de yuca y de la entomofauna asociada al cultivo. En este contexto, mientras no se pruebe la efectividad de transmisión de los posibles insectos vectores, la estrategia de control más efectiva consiste en emplear

estacas provenientes de plantas madre libres de infecciones al establecer nuevos cultivos (Álvarez et al., 2015).

A pesar de que se menciona que el cuero de sapo no se transmite por herramienta, es importante tener precaución y desinfectar la herramienta entre cortes planta a planta para minimizar la propagación de patógenos, como bacterias u hongos, que puedan agravar el problema. De acuerdo con esto, puede concluirse que la diseminación de la enfermedad por acción humana es alta, debido al inadecuado manejo de la semilla contaminada.

Avances en el estudio de vectores

Con el fin de evaluar los posibles insectos involucrados en la transmisión del cuero de sapo, el CIAT realizó ensayos en zonas de alta incidencia durante tres ciclos de cultivo, y demostró que el control de insectos plaga redujo significativamente la severidad y presencia de síntomas en las raíces. De igual manera, en condiciones de casa de malla con control total de insectos, las plantas permanecieron libres de la enfermedad (Pardo et al., 2022). Posteriormente, desde AGROSAVIA, se realizaron colectas de artrópodos en 42 cultivos de yuca en cinco departamentos (Meta, Cauca, Córdoba, Arauca y Sucre), lo que permitió identificar la entomofauna asociada y potenciales vectores de la enfermedad. Estos hallazgos fueron ampliados por López et al. (2024) en las Memorias de Socolen, donde se confirmó la incidencia de la enfermedad en tres regiones del país mediante diagnóstico molecular y se reportó presencia de diferentes virus en infecciones mixtas como ya se había reportado en plantas (figura 19). Es interesante que los torradovirus descritos hasta la fecha pueden ser transmitidos por mosca blanca o áfidos; sin embargo, se requieren estudios de transmisión para determinar el caso de aquellos que infectan yuca (Jiménez et al., 2024).



Figura 19. Metodología de colecta para muestreo de artrópodos asociados al cultivo de la yuca y posibles insectos vectores de cuero de sapo. a. Establecimiento de calicata para recolección de adultos y ninfas de los artrópodos del suelo; b. Aspiración bucal para recolectar adultos y ninfas del envés de las hojas; c. Revisión del envés de las hojas para colectar manualmente artrópodos y huevos; d. Colecta de insectos con jama entomológica.

Fotos: Laura López

La metodología de colecta se dividió en tres componentes:

1. Parte aérea: Se utilizaron jamas entomológicas y una aspiradora tipo D-Vac para recolectar adultos. Se tomaron seis muestras por lote (1/2 ha) en un transecto de 20 m lineales, seleccionadas al azar.
2. Parte media: Se recolectaron adultos y ninfas en órganos aéreos y se colocaron en bolsas plásticas con alcohol al 70 %, con un aspirador bucal (Álvarez et al., 2011) y recolección manual de hojas con artrópodos, huevos, etc.

3. Parte de raíces: Se realizaron tres calicatas exploratorias (40 × 80 cm) por lote (1 ha), con recolección de adultos y ninfas de los artrópodos encontrados.

Los individuos recolectados se colocaron en tubos Falcon de 50 mL y Eppendorf de 2 mL con alcohol al 70 % (Almeyda-León et al., 2008) para su preservación e identificación taxonómica hasta familia.

Posteriormente, se separaron las muestras y de ellas se extrajeron ácidos nucleicos de insectos chupadores de las familias Aleyrodidae y Cicadellidae y se realizaron pruebas de diagnóstico molecular para patógenos reportados en plantas con cuero de sapo (figura 20).



Figura 20. Vista de insectos del orden Hemiptera colectados. a. Mosca blanca (Aleyrodidae). Especimen de mosca blanca conservado en etanol y visualizado en estereoscopio.; b. Pequeña chicharrita (Cicadellidae).

Foto: Laura López

Actualmente, se han validado a nivel taxonómico (especie) y mediante código de barras genético a los individuos de las muestras que dieron positivo para los patógenos reportados en plantas con cuero de sapo por diagnóstico molecular. El conocimiento e identificación de estos posibles vectores y su relación directa con los patógenos encontrados en plantas con cuero de sapo en campo brindan herramientas para entender la complejidad de la transmisión y su relación con la escala de severidad de los síntomas de la enfermedad.

Capítulo 5.

Diagnóstico molecular para la enfermedad cuero de sapo

Debido a la alta relevancia de la enfermedad en la yuca, el CIAT ha desarrollado una metodología de evaluación sanitaria basada en técnicas moleculares para identificar los patógenos asociados (tabla 1) (Cuervo et al., 2017). Esta metodología emplea la técnica de RT-PCR (*reverse transcription polymerase chain reaction*) para la detección de virus, y PCR (*polymerase chain reaction*) en tiempo real para la detección de fitoplasmas (figura 21).

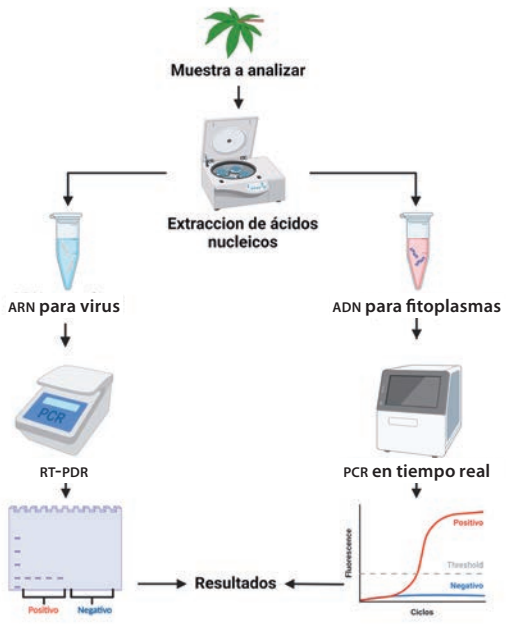


Figura 21. Diagrama general de flujo de trabajo en laboratorio para diagnóstico molecular de patógenos en yuca.

Fuente: Cuervo et al. (2017)

Ilustración: María Camila Sierra

Tabla 1. Lista de patógenos detectados en plantas con síntomas radiculares de cuero de sapo y secuencias de cebadores de PCR (*polymerase chain reaction*) utilizados para diagnóstico.

Tipo	Familia	Patógeno	Primers	Referencia	Amplicón (pb)
Virus	*Sedoreoviridae*	CsFSaV	CsFSaV-F: TGGCCGGGAGAACAATAATA CsFSaV-R: GCG AAG TAA GTT CCG TCG TT	Calvert et al. (2008)	958
	Secoviridae	CsTLV1	CsTLV-1F: GAC TCA ATG AAG GAG GAG GAT AGA	Carvajal-Yepes et al. (2014)	834
			CsTLV-1R: ACC AGA GCT TGT CCT AAT AGC AAC		
		CsTLV1	CsTLV1_RdRp-4042_F : CTGCCTCTCAAGAAGATTA	Jiménez et al. (2024)	633
			CsTLV1_RdRp_4657_R: CACTTCAGCTATGCGAGG		
		CsTLV2	CsTLV2_Ham_6563_F :AATRCATACGTGCACTCCCA		606
			CsTLV2_Ham_7149_R: ATTTCTTTACAGACAAGGTG		

Tipo	Familia	Patógeno	Primers	Referencia	Amplicón (pb)
Virus	*Solemoviridae*	CsPLV	CsPLV-F2: TTG CAT TCA AAG ATC AGT TCT CTC CsPLV-R3: TGG TTG ACA GCT GTT TCA GAG G	Carvajal-Yepes et al. (2014)	1200
	Alphaflexiviridae	CsVX	CsVX-RdRp-F1: GCR TTG ACC AGG CAG TCA CCW GAC CsVX-RdRp-R1: TAG CCC TCT ATC ACG TCC TCA	Lozano et al. (2017)	408
	Alphaflexiviridae	CsCMV	CsCMV_3269F: GAG GCT CTT CTC TGG GAA AC CsCMV_3896R: CTT GAG TCC AGT TTG ATG TC	Lozano et al. (2017)	650
	Alphaflexiviridae	CsNAV	CsNAV-RdRp-F: TGA GAG CAA TYT RAA GGA AA CsNAV-RdRp-R: GAT GAT ATC GTC AGG AAG AC	Carvajal-Yepes et al. (2014)	1227

Tipo	Familia	Patógeno	Primers	Referencia	Amplicón (pb)
Fitoplasma	*Acholeplasmataceae*	*Cassava frogskin phytoplasma* (16SrIII)	rpIII-PF: GAG AAG CAC AAG CAA TTT TGA TG rpIII-PR: CAG CGT TGG CAA CAG CAC Probe: FAM/ACC CCA AAA GCA GCT TCT CCA ATC G/BHQ	Pardo (2013)	

Fuente: Elaboración propia

Aunque las técnicas moleculares son costosas y meticulosas, debido a la naturaleza asintomática de la enfermedad, constituyen, por ahora, una de las herramientas más útiles para lograr un diagnóstico temprano de esta.

Actualmente, en el Centro de Investigación Nataima de AGROSAVIA, el equipo de fitopatología y biología molecular ha fortalecido sus capacidades técnicas y operativas para el desarrollo de pruebas de diagnóstico con muestras de hojas colectadas. A continuación, se describe el protocolo de colecta de material vegetal empleado en la detección molecular de cuero de sapo.

Proceso de colecta de muestras

Con el fin de realizar la prueba diagnóstica, se colecta tejido joven de las plantas, que luego se almacena bajo las condiciones descritas a continuación (Jiménez et al., 2021) (figura 22):



Figura 22. Hojas jóvenes (cogollos) recomendados para la colecta.

Foto: Laura López

Materiales

- Servilletas, papel de cocina o toallitas desechables
- Bolsas de 10 × 10 cm o medianas, con cinta de enmascarar o rótulo adhesivo
- Sílica gel con indicador de humedad
- Marcador permanente
- GPS
- Cámara fotográfica o celular para registro

1. Recolecte las hojas superiores más jóvenes o brotes (cogollos) con o sin síntomas, en una cantidad de aproximadamente 5-10 g. Es muy importante que las hojas recolectadas sean las superiores más jóvenes (figura 22). Se deben tomar datos de GPS (coordenadas y altura) y se recomienda hacer registro fotográfico para cada muestra.
2. Coloque el material recolectado sobre una hoja de papel de cocina, servilleta o toallita desechable. Doble el papel en forma de sobre para proteger las hojas y evitar que se muevan. El objetivo es que las hojas colectadas no se mezclen y queden protegidas de cualquier daño mecánico que puedan ocasionar las perlas de sílica gel durante el transporte.
3. Introduzca el sobre con la muestra en bolsas de 10 × 10 cm con aproximadamente 50 mg de sílica gel fresco. Elimine suavemente la mayor cantidad de aire antes de sellar las bolsas.
4. Las muestras pueden almacenarse a temperatura ambiente hasta por dos semanas. Para almacenamiento prolongado, manténgalas a 4 °C y cambie la sílica gel cada dos o tres meses.



Figura 23. Protocolo de colecta de material vegetal de yuca. a. Toalla de papel; b. Se marca la toalla de papel; c. Se ponen las hojas cosechadas sobre la toalla de papel; d. Se guarda la toalla de papel con muestras de hojas cosechadas en una bolsa plástica que contiene sílica gel.

Foto: Laura López

Recomendaciones importantes

- Se pueden colocar hasta cuatro sobres o paquetes con muestras dentro de cada bolsa plástica, los cuales deben estar marcados individualmente. La bolsa debe estar rotulada con fecha y lugar de colecta, incluida la información de localidad: departamento, municipio, vereda, finca.
- Se recomienda incluir en el rótulo la información geográfica de coordenadas y la altitud en metros sobre nivel del mar (m s. n. m.).
- Es importante registrar la presencia de síntomas en hojas o raíces, tomar registro fotográfico e indicar el nombre de la variedad, el número de ciclos de cultivo con la misma semilla y su procedencia.

Una vez obtenidas, las muestras son ingresadas al laboratorio. Allí se procesan para continuar con la detección molecular de la enfermedad.

Capítulo 6.

Recomendaciones de manejo integrado de la enfermedad cuero de sapo

Se plantean diferentes estrategias de manejo de la enfermedad, que pueden aplicarse por separado o de manera complementaria en un esquema de manejo integrado, tal como se describe a continuación:

Resistencia varietal

El componente genético se considera una estrategia de manejo de larga duración gracias a la resistencia o alta tolerancia a la enfermedad. El CIAT ha reportado diferentes materiales con tolerancia, lo cual ofrece una ruta de respuesta inmediata para hacer frente a la enfermedad según la zona de producción de yuca en el país y de acuerdo con la Resolución ICA 67516 de 2020: MPER 183 y CM4574-7 para la subregión andina del departamento del Cauca (< 1.800 y > 800 m s. n. m.), el clon MPER 183 para las zonas altas y el clon CM4574-7 para la zona baja; el clon HMC-1 liberado como variedad P-13 para la subregión de valles interandinos (valles geográficos de los ríos Cauca y Magdalena), y los clones SM 3106-5 y CM 9962-51 para la subregión Caribe (Álvarez et al., 2015; Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2020).

Actualmente, AGROSAVIA adelanta investigaciones con un grupo de 30 clones con posible tolerancia o resistencia al cuero de sapo, en los departamentos de Cauca y Meta. El objetivo es identificar materiales con resistencia, alto rendimiento de raíces frescas, elevado contenido de materia seca (almidón) y buena adaptación a la oferta agroambiental de las zonas productoras del país.

Uso de semilla con calidad sanitaria garantizada

El uso de semilla vegetativa (estacas) proveniente de plantas sanas constituye la alternativa más amigable y económica para los agricultores. Para esto, se recomienda emplear vitroplantas indexadas (figura 24), disponibles en laboratorios donde se realice propagación de cultivo de tejidos de CIAT o AGROSAVIA. A partir de las vitroplantas libres de plagas y patógenos se puede garantizar la ausencia de plagas y patógenos que atacan al cultivo de yuca.



Figura 24. Plántulas de yuca *in vitro*. a. Plántulas listas para el proceso de endurecimiento y aclimatación; b. Plántulas en estado inicial de desarrollo.

Fotos: Yaneth Julieta Ladino

Verificación del origen y calidad de la semilla

Algunos productores de yuca compran o intercambian semilla sin conocer su trazabilidad, lo que implica desconocer su origen, manejo o calidad fitosanitaria. Esto incrementa el

riesgo de diseminar la enfermedad si las raíces de las cuales provienen las estacas presentaban síntomas. Se recomienda utilizar semilla proveniente de plantas madre sanas (figura 25), previa verificación de ausencia de síntomas.

Muchos productores realizan entresaque de ramas para semilla sin verificar el estado de las raíces. Dado que las plantas afectadas presentan mayor vigor, es fácil cometer el error de hacer un aprovechamiento parcial de sus tallos contaminados y con ello propagar el problema, ya que los nutrientes que normalmente se almacenarían en las raíces, se acumulan en los tejidos de tallos y hojas. Esto hace que las plantas afectadas presenten mayor vigor y mejor desarrollo de tallos y hojas, y luzcan más vigorosas o bonitas.



Figura 25. Selección de plantas vigorosas, libres de cuero de sapo, con el fin de obtener semilla para cosecha. a. Planta madre de yuca seleccionada por su adecuada arquitectura y libre de síntomas de cuero de sapo; b. Planta madre de yuca seleccionada por su alto rendimiento de raíces y ausencia de síntomas de cuero de sapo.

Fotos: Eberto Rodríguez

Selección positiva de la semilla

Esta es la estrategia más fácil de implementar en campo para el manejo del cuero de sapo en yuca. Se basa en el uso de material de siembra vegetativo libre de enfermedades (Gómez Bonilla et al., 2015). Para su adopción, los productores deben capacitarse en la identificación de síntomas en el primer ciclo de cultivo, el manejo de semilla sana, el uso de herramientas desinfectadas en labores agrícolas que impliquen cortes a plantas y el alistamiento de semilla para la siembra de nuevos lotes.

Aunque se tiene certeza de que la enfermedad no se transmite por suelo contaminado ni por herramientas utilizadas, estas son estrategias que se manejan a la hora de mantener un cultivo saludable y evitar otros problemas fitosanitarios además del cuero de sapo.

La estrategia de selección de plantas libres de síntomas se describe a continuación. Es importante tener en cuenta que todos los pasos aquí descritos son importantes y no se puede prescindir de ninguno de ellos:

1. No realizar actividades de descope sin previa evaluación de la raíz y sin verificar que esta se encuentra libre de la enfermedad. Algunos agricultores, al momento de cosechar, realizan un pase de descope y posteriormente cortan los tallos a 40 cm del suelo, que apilan en grupos para luego usarlos como semilla, y finalmente arrancan las raíces. Esta actividad no puede realizarse en plantas destinadas a usarse como fuente de semilla vegetativa, ya que, en caso de identificar raíces con síntomas, no se pueden detectar los tallos correspondientes y se confundirán en la pila de los que serán usados como semilla.
2. No realizar entresaque de ramas para usarlas como semilla de yuca sin verificar las raíces.

3. Arrancar las plantas completas al momento de la cosecha y dejarlas en el sitio para verificar síntomas o agruparlas en montones sin desprender las raíces (figura 26).

4. Revisar los síntomas del cuero de sapo en todas las raíces de la planta. Verificar que la corteza no esté opaca ni engrosada, y que tampoco presente acanaladuras tipo labios. Para comprobar el grosor, retire un pedazo de corteza y dóblelo: si se parte, la raíz está engrosada y se considera contaminada; por el contrario, si no se quiebra, la raíz se considera sana. Cada planta debe revisarse detalladamente en todas sus raíces para realizar una selección positiva (figura 27).



Figura 26. Cosecha de plantas enteras para seleccionar ramas provenientes de raíces sin síntomas de cuero de sapo. a. Plantas de yuca en plantación comercial cosechadas y acomodadas en grupos para posterior selección de semilla; b. Plantas de yuca en parcelas de investigación arrancadas enteras y dejadas en su sitio para descartar plantas con síntomas y sus plantas vecinas.

Fotos: Eberto Rodríguez



Figura 27. Revisión de síntomas de cuero de sapo en raíces de yuca para selección de material de siembra.

Foto: Lina Garavito

5. Una vez verificadas todas las raíces de la planta y la ausencia de síntomas, se desprenden los tallos de las raíces y se almacenan para su uso como semilla (figura 28).
6. Si las raíces de una planta presentan síntomas, los tallos no deben usarse como semilla. Tanto los tallos como el tocón deben eliminarse: se cortan en trozos muy pequeños para dañar las yemas, se queman y se entierran a gran profundidad después de aplicar herbicida o dejarlos secar al sol, entre otros métodos. Con ello se evita que se conviertan en focos de transmisión de la enfermedad por herramienta o insectos vectores (figura 29).
7. Si se identifica una planta enferma, se elimina su semilla y también las de las plantas vecinas para evitar una posible contaminación.



Figura 28. Selección de tallos como fuente de semilla. a. Conservación de tallos bajo sombra; b. Cangres de yuca con longitud y grosor adecuados para uso como semilla.

Fotos: Eberto Rodríguez

Por ningún motivo debe emplearse semilla proveniente de plantas que hayan presentado síntomas en cualquiera de los grados de afectación. Algunos productores usan semilla de plantas con grados 1, 2 y 3 porque continúan produciendo raíces gruesas; esto es un error ya que las siembras consecutivas de este material incrementan el número de plantas afectadas y la concentración del patógeno, lo que conduce a un avance progresivo hasta llegar al grado 5, con pérdidas económicas del 100 %.

Es importante que la revisión de síntomas se haga detalladamente en todas las raíces. Evite revisiones parciales en una o pocas raíces ya que, según se indicó en este documento, los síntomas pueden encontrarse en una raíz o en una pequeña fracción de la misma. Los monitoreos parciales hacen que se cometa fácilmente el error de identificar a una planta como sana cuando en realidad está afectada (figura 30).



Figura 29. Destrucción, con chipeadora, de semilla de yuca proveniente de plantas con síntomas verificados de cuero de sapo.

Foto: Eberto Rodríguez



Figura 30. Revisión parcial de síntomas de cuero de sapo sin arrancar la planta. a. Aparente ausencia de síntomas de cuero de sapo en la mayoría de las raíces; b. Única raíz de la planta con los síntomas de cuero de sapo.

Fotos: Laura López

Los síntomas de cuero de sapo no se deben confundir con la descamación natural de la corteza (figura 31) que se produce en algunas variedades de yuca. Este tipo de desarrollo anormal de la corteza no implica la presencia de esta o alguna otra enfermedad.



Figura 31. Descamación natural de la corteza en las raíces de yuca.
Foto: Eberto Rodríguez

Se recomienda que la selección positiva se realice en la fracción de lote destinada a plantas madre, que servirán para la siembra del siguiente ciclo comercial. Dado que la tasa de propagación de la yuca es de 1:10, si su lote tiene una hectárea con una densidad de 10.000 plantas/ha, se deberá realizar la selección positiva en 1.000 plantas para garantizar la limpieza sanitaria del nuevo lote. La semilla del área restante debe descartarse para evitar posibles focos de la enfermedad.

Identificar síntomas en los primeros grados de afectación (1 y 2) es una alternativa viable para reducir los efectos negativos de la enfermedad (se detectan plantas afectadas y se elimina

su material de siembra). Debido a lo anterior, las revisiones detalladas son clave para el éxito del manejo de la enfermedad. Sin embargo, la actividad en campo puede dificultarse porque el exceso de suelo o barro en la corteza impide ver con claridad los síntomas en los primeros grados de afectación. Por tanto, se recomienda limpiar en campo la corteza de las raíces con agua a presión en manguera, hidrolavadora, fumigadora estacionaria o con algún otro método que permita limpiar la corteza para ver claramente las raíces (figura 32).



Figura 32. Limpieza de raíces de yuca con agua a presión para verificar síntomas de cuero de sapo. a. Raíz de yuca enferma pero sin síntomas visibles debido al exceso de barro sobre la corteza; b. y c. Limpieza de raíces con fumigadora estacionaria en campo; d. Raíz con síntomas claros de afectación, posterior al lavado de la corteza.

Fotos: Eberto Rodríguez

Nutrición del cultivo

La nutrición del cultivo está directamente relacionada con la respuesta de la enfermedad en el cultivo. Se recomienda que el lote destinado a semilla se mantenga bajo un plan de manejo de fertilización ajustado a los requerimientos nutricionales de la yuca (figura 33), de manera que la planta pueda responder ante cualquier afectación o problema fitosanitario. Investigaciones han demostrado que el uso de (glutatión + oligosacáridos) como inductor de resistencia ayuda al manejo de la enfermedad en los primeros grados de afectación por cuero de sapo (Álvarez et al., 2009).



Figura 33. Cultivo de yuca. a. y b. Lote de cuatro meses después de siembra con manejo agronómico integrado.

Fotos: Eberto Rodríguez

Renovación periódica del material de siembra

Se recomienda realizar la renovación periódica del material de siembra al menos cada tres ciclos de cosecha, con el fin de evitar la acumulación del patógeno en las plantas y, en consecuencia, el aumento en el grado de la enfermedad.

Conclusiones

La enfermedad cuero de sapo es una de las principales limitantes fitosanitarias del cultivo de yuca, ya que afecta directamente la calidad y productividad de la raíz. Por ello, la identificación temprana y precisa de los síntomas constituye una estrategia fundamental para el manejo de la enfermedad y el control de su diseminación.

Conocer los grados de severidad que manifiestan las raíces de yuca por la infección de cuero de sapo es útil para medir el avance y progreso de la enfermedad en un cultivo. Esto permite contar con una estrategia para la toma de decisiones en una unidad productiva o territorio.

Las técnicas moleculares, aunque costosas y especializadas, se consideran una herramienta de diagnóstico efectiva para seleccionar materiales de siembra libres de cuero de sapo. Además, estas técnicas han permitido hacer aportes significativos al conocimiento de los organismos que interactúan en plantas con la enfermedad. En la actualidad, continúan las investigaciones orientadas a disponer de materiales de siembra resistentes al patógeno.

La complejidad de la enfermedad radica en la escasa o nula expresión de síntomas en la parte aérea de la planta, lo que dificulta estimar con exactitud las afectaciones provocadas por los organismos causales. Estas se hacen más evidentes al momento de la cosecha. No obstante, las recomendaciones de manejo integrado se orientan a seleccionar semillas provenientes de plantas sanas, el control de insectos plaga como posibles vectores, la fertilización adecuada y el uso de inductores de resistencia, lo que contribuye a disminuir los riesgos de infección y minimizar su impacto en el rendimiento del cultivo, sobre todo, en los primeros meses del cultivo en campo.

Referencias

Agronet. (2024). *Reporte: área, producción y rendimiento nacional por cultivo: yuca*. https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1#

Alleyne, A., & Vallès, S. M. Y. (2023). Characterization of the cassava mycobiome in symptomatic leaf tissues displaying cassava superelongation disease. *Journal of Fungi*, *9*(12), 1130. https://doi.org/10.3390/jof9121130

Almeyda-León, I. H., Sánchez-Salas, J. A., & Garzón-Tiznado, J. A. (2008). Vectores causantes de punta morada de la papa en Coahuila y Nuevo León, México. *Agricultura técnica en México*, *34*(2), 141-150. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172008000200001&lng=es&tlng=es

Álvarez, E. (2020). Phytoplasma diseases affecting cassava. In *Sustainable management of phytoplasma diseases in crops grown in the Tropical Belt: Biology and Detection* (pp. 145-179). Springer International Publishing.

Álvarez, E., Mejía, J. F., Llano, G. A., Loke, J. B., Calari, A., Duduk, B., & Bertaccini, A. (2009). Characterization of a phytoplasma associated with frogskin disease in cassava. *Plant Disease*, *93*(11), 1139–1145. https://doi.org/10.1094/PDIS-93-11-1139

Álvarez, E., Pardo, J. M., Mejía, J. F., De Oliveira, S. A. S., Zacher, M., Cardozo, L., & Gómez, Y. (2015). *Manejo del "cuero de sapo": enfermedad limitante de la yuca*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). https://www.researchgate.net/publication/292158236

Amelework, A. B., Bairu, M. W., Maema, O., Venter, S. L., & Laing, M. (2021). Adoption and promotion of resilient crops for climate risk mitigation and import substitution: A case analysis of cassava

for South African agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 617783. https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.617783

Ángel, J. C., Nolt, B. L., & Pineda, B. (1987). Estudios sobre la transmisión por "moscas blancas" (Homoptera: Aleyrodidae) de virus asociados con el "cuero de sapo" en yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Acta Agronómica*, *37*(4), 27–39. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/15322

Betancourth García, C. B. (2016). *Aislamiento, patogenicidad y transmisión con Scaphytopius marginelineatus (Stal) de un fitoplasma asociado a cuero de sapo en yuca* [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57486

Brown, D. R. (2010). Phylum XVI. Tenericutes Murray 1984a, 356VP (Effective publication: Murray 1984b, 33.). En N. R. Krieg, J. T. Staley, D. R. Brown, B. P. Hedlund, B. J. Paster, N. L. Ward, W. Ludwig, & W. B. Whitman (Eds.), *Bergey's Manual® of Systematic Bacteriology* (pp. 567–723). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-68572-4_5

Calvert, L. A., Cuervo, M., Lozano, I., Villareal, N., & Arroyave, J. (2008). Identification of three strains of a virus associated with cassava plants affected by frogskin disease. *Journal of Phytopathology*, *156*(11–12), 647–653. https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2008.01412.x

Calvert, L., Cuervo, M., & Lozano, I. (2012). Cassava viral disease in South America. En B. O. Ospina Patiño & H. Ceballos (Eds.), *Cassava in the Third Millennium: Modern production, processing, use, and marketing systems* (pp. 309–318). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO); Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (IFAD). https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/e8596ac0-c693-4938-9794-ea8e4f373cf0/content

Calvert, L., Cuervo, M., & Pineda, B. (2001). *Cuero de sapo: una enfermedad que ataca la yuca*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). https://hdl.handle.net/10568/69723

Cardozo Téllez, L., Pardo, J. M., Zacher, M., Torres, A., & Álvarez, E. (2016). First report of a 16SrIII phytoplasma associated with frogskin disease in cassava (*Manihot esculenta*) in Paraguay. *Plant Disease, 100*(7), 1492–1492. https://doi.org/10.1094/PDIS-09-15-1102-PDN

Carvajal-Yepes, M., Olaya, C., Lozano, I., Cuervo, M., Castaño, M., & Cuéllar, W. J. (2014). Unraveling complex viral infections in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) from Colombia. *Virus Research, 186*, 76–86. https://doi.org/10.1016/j.virusres.2013.12.011

Carvalho, M. J. S., Oliveira, E. J., Souza, A. S., Pereira, J. S., Diamantino, M. S. A. S., & Oliveira, S. A. S. (2017). Cleaning cassava genotypes infected with cassava frogskin disease via *in vitro* shoot tip culture. *Genetics and Molecular Research*, *16*(2), 1-17. https://doi.org/10.4238/gmr16029556

Ceballos, H., & Hershey, C. (2017). Cassava (*Manihot esculenta* Crantz). In H. Campos, & P. Caligari (Eds.), *Genetic improvement of tropical crops* (pp. 129-180). Springer.

Chaparro-Martínez, E. I., & Trujillo-Pinto, G. (2001). First report of frog skin disease in cassava (*Manihot esculenta*) in Venezuela. *Plant Disease, 85*(12), 1285–1285. https://doi.org/10.1094/PDIS.2001.85.12.1285D

Chaparro-Martínez, E. I., & Trujillo-Pinto, G. (2003). Enfermedades virales en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en algunos estados de Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía, 20*(4), 461–467. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182003000400006&lng=es&tlng=es

Cuervo, M. (1990). Caracterización de los ácidos nucleicos de doble cadena asociados a enfermedades similares a las ocasionadas por virus en yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Fitopatología Colombiana*, *14*, 10-17.

Cuervo, M., Martínez, A., Niño, D., Ramírez, J. C., Gutiérrez, A., Dorado, E., & Muñoz, L. (2017). *Manual de procedimientos del laboratorio de sanidad de germoplasma. Certificación sanitaria del germoplasma de yuca* (2.ª Ed.). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

De Oliveira, S. A. S., Abreu, E. F. M., Araújo, T. S., Oliveira, E. J., Andrade, E. C., García, J. M. P., & Álvarez, E. (2014). First report of a 16SrIII-L phytoplasma associated with frogskin disease in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in Brazil. *Plant Disease*, *98*(1), 153. https://doi.org/10.1094/PDIS-05-13-0499-PDN

De Oliveira, S. A. S., Ferreira, C., Alves Silva Diamantino, M. S., Santos, T. A., Dos Santos Pereira, J., & Oliveira, E. (2020). First report of cassava torrado-like virus, cassava polero-like virus and cassava new alphaflexivirus associated with cassava frogskin disease in Brazil. *Journal of Plant Pathology*, *102*, 247. http://dx.doi.org/10.1007/s42161-019-00384-6

De Souza, A. N., Da Silva, F. N., Bedendo, I. P., & Carvalho, C. M. (2014). A phytoplasma belonging to a 16SrIII-A subgroup and dsRNA virus associated with cassava frogskin disease in Brazil. *Plant Disease*, *98*(6), 771–779. https://doi.org/10.1094/PDIS-04-13-0440-RE

El-Sharkawy, M. A., & De Tafur, S. M. (2010). Comparative photosynthesis, growth, productivity, and nutrient use efficiency among tall- and short-stemmed rain-fed cassava cultivars. *Photosynthetica*, *48*(2), 173–188. https://doi.org/10.1007/s11099-010-0023-6

Gao, S., Song, W., & Guo, M. (2020). The integral role of bioproducts in the growing bioeconomy. *Industrial Biotechnology*, *16*(1), 13–25. https://doi.org/10.1089/ind.2019.0033

Gómez Bonilla, Y., Torres Portuguez, S., Álvarez, E., Pardo, J. M., Aguilar Brenes, E., & Solórzano Arroyo, J. A. (2015). *Manejo de la semilla y de la enfermedad de cuero de sapo en yuca*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-1811.pdf

Hohenfeld, C. S., Rodrigues Passos, A., Lemos de Carvalho, H. W., De Oliveira, S. A. S., & De Oliveira, E. J. (2022). Genome-wide association study and selection for field resistance to cassava root rot disease and productive traits. *PLoS One*, *17*(6), e0270020. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0270020

Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2020, mayo 11). *Resolución 67516. "Por medio de la cual se establecen los requisitos para la inscripción de los cultivares en el Registro Nacional de Cultivares Comerciales y se dictan otras disposiciones"*. https://www.ica.gov.co/normatividad/normas-ica/resoluciones-oficinas-nacionales/2020/2020r67516

Jeger, M. J. (2020). The epidemiology of plant virus disease: Towards a new synthesis. *Plants*, *9*(12), 1768. https://doi.org/10.3390/plants9121768

Jiménez, J., Caicedo, S., Pardo, J. M., Gil-Ordóñez, A., Álvarez-Quinto, R., Mollov, D., & Cuéllar, W. J. (2024). Single torradovirus infections explain the mysterious cassava frogskin disease in the Americas. *Scientific Reports*, *14*(1), 29648. https://doi.org/10.1038/s41598-024-81142-2

Jiménez, J., Leiva, A. M., Olaya, C., Acosta-Trujillo, D., & Cuéllar, W. J. (2021). An optimized nucleic acid isolation protocol for virus diagnostics in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *MethodsX*, *8*, 101496. https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101496

Legg, J. P., Lava Kumar, P., Makeshkumar, T., Tripathi, L., Ferguson, M., Kanju, E., Ntawuruhunga, P., & Cuéllar, W. (2015). Cassava virus diseases: Biology, epidemiology, and management. En K. Maramorosch, A. J. Shatkin, & F. A. Murphy (Eds.), *Advances in virus*

research (Vol. 91, pp. 85–142). Elsevier. https://doi.org/10.1016/bs.aivir.2014.10.001

López, L., Rodríguez, E., Monje, B., Vargas, Á., Rosero, A., & Marín, J. (2024). Estado actual de la enfermedad "cuero de sapo" en yuca en tres regiones de Colombia mediante diagnóstico molecular y diversidad de artrópodos. En C. Echeverri-Rubiano, J. D. Pérez, G. Ramírez, M. M. Cardozo & D. Torres (Comps.), *Memorias del 51 Congreso Socolen* (p. 503). Sociedad Colombiana de Entomología; Universidad Santiago de Cali.

Mejía, J. F., Álvarez, E., Ocampo, R. O., Llano, G. A., Luna, J. M., Pardo, J. M., ... & Restrepo, E. (2011). Determinación de vectores aéreos y/o del suelo, asociados con la transmisión de la enfermedad del cuero de sapo en yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en los departamentos de Cauca y Sucre en Colombia. *Fitopatología Colombiana*, 35(1), 15.

Namba, S. (2019). Molecular and biological properties of phytoplasmas. *Proceedings of the Japan Academy, Series B*, 95(7), 401–418. https://doi.org/10.2183/pjab.95.028

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2024). Data. Faostat. https://www.fao.org/faostat/en/#data

Pardo, J. M., Álvarez, E., Becerra López-Lavalle, L. A., Olaya, C., Leiva, A. M., & Cuéllar, W. J. (2022). Cassava frogskin disease: Current knowledge on a re-emerging disease in the Americas. *Plants*, *11*(14), 1841. https://doi.org/10.3390/plants11141841

Pineda López, B., Jayasinghe, U., Morales, F., & Lozano, J. C. (1980, julio). Partículas similares a virus asociadas con la enfermedad "cuero de sapo" en yuca. En *Proceedings of the IV National Congress of the Colombian Phytopathology Association (Ascolfi)* (pp. 2–5).

Pineda López, B., Jayasinghe, W. U., & Lozano, J. C. (1983). *La enfermedad cuero de sapo en yuca (Manihot esculenta Crantz).* Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Roa, J. C., Flor Payán, N. C., Ramírez, J. L., Mafla, G., Pineda López, B., & Debouck, D. G. (2000). Evaluación preliminar de tres tipos de injertos utilizados en la indización de yuca. *Fitopatología Colombiana*, *24*(1), 1–6. https://hdl.handle.net/10568/71320

Rodríguez Henao, E., Garavito Morales, L. V., Osorio Cardona, Ó., Aguilera Arango, G. A., & Cañar Serna, D. Y. (2021). *Manual técnico para la propagación masiva de semilla vegetativa de yuca por miniestacas en campo.* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7405057

Rosero Alpala, E. A., Espitia, A., Bohórquez, A., Rodríguez, E., & Aguilera, G. (2024). Material de siembra. En R. Escobar Pérez & E. A. Rosero Alpala (Eds.), *Técnicas de multiplicación rápida de semilla de yuca de alta calidad* (pp. 11–23). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/book/405

Tonini Venturini, M., Da Silva Araújo, T., Medeiros Abreu, E. F., Chumbinho de Andrade, E., Da Silva Santos, V., Da Silva, M. R., & De Oliveira, E. J. (2016). Crop losses in Brazilian cassava varieties induced by the *Cassava common* mosaic virus. *Scientia Agricola*, *73*(6), 520–524. https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0374

Zanini, A. A., Di Feo, L., Luna, D. F., Paccioretti, P., Collavino, A., & Rodríguez, M. S. (2021). Cassava common mosaic virus infection causes alterations in chloroplast ultrastructure, function, and carbohydrate metabolism of cassava plants. *Plant Pathology*, *70*(1), 195–205. https://doi.org/10.1111/ppa.13272

Zárate-Chaves, C. A., Gómez de la Cruz, D., Verdier, V., López, C. E., Bernal, A., & Szurek, B. (2021). Cassava diseases caused by *Xanthomonas phaseoli* pv. *manihotis* and *Xanthomonas cassavae*. *Molecular Plant Pathology, 22*(12), 1520–1537. https://doi.org/10.1111/mpp.13094

Autoría

Eberto Rodríguez Henao

Correo: erodriguezh@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-5795-8864

Ingeniero agrónomo y magíster en Ciencias Agrarias, con línea de investigación en mejoramiento genético vegetal, de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Con experiencia en investigación agrícola y en conservación de recursos fitogenéticos, con énfasis en germoplasma de frutales de clima cálido y en programas de fitomejoramiento. Lidera el programa de mejoramiento genético del sistema productivo de guayaba y participa en actividades de mejoramiento genético de cultivos de importancia nacional en los sistemas productivos de yuca, mora, batata y banano, en los cuales ha ejecutado proyectos de investigación conducentes al registro de cultivares comerciales (dos variedades de guayaba y dos de yuca). Actualmente se desempeña como curador de las Colecciones Colombianas de Germoplasma Vegetal, conservadas en el Centro de Investigación Palmira de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA.

Laura Paola López Romero

Orcid: https://orcid.org/0000-0002-4794-5832
Correo: laura.lopez.romero@unillanos.edu.co

Bióloga con profundización en biotecnología vegetal, egresada de la Universidad de los Llanos, con experiencia en investigación aplicada al sector agrícola, en las áreas de fitopatología y mejoramiento genético. Actualmente cursa la maestría en Ciencias Agrarias, con énfasis en fitomejoramiento, en la Universidad Nacional de Colombia, y está vinculada al Centro de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad de los Llanos. Entre 2023 y 2024 se desempeñó como profesional de apoyo en el Centro de Investigación Nataima de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA, con participación en los proyectos Yuca País II y Bioeconomía, donde lideró la colecta de artrópodos y material vegetal para el diagnóstico y monitoreo de la enfermedad cuero de sapo en yuca, en tres regiones

productoras del país. Su línea de investigación se orienta al estudio de las interacciones bióticas y abióticas en plantas mediante ciencias ómicas, con énfasis en la identificación de genes de resistencia aplicables al mejoramiento genético de cultivos tropicales, especialmente aquellos de importancia para la Orinoquía colombiana.

Buenaventura Monje Andrade

Correo: bmonje@agrosavia.co
Orcid: http://orcid.org/0000-0002-8177-4651

Administrador de empresas agropecuarias y magíster en Ciencias Biológicas, con énfasis en Entomología, egresado de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. El área de mayor interés es el manejo integrado de plagas y control biológico en diferentes sistemas productivos del país, especialmente en insectos plaga en cultivos transitorios, frutales y raíces y tubérculos; esto con el fin de mantener el equilibrio y la conservación de la fauna benéfica natural en regiones donde la descarga de ingredientes activos es abundante. Atención a la difusión y transferencia de tecnología de los resultados de investigación directamente a agricultores, asistentes técnicos y academia. Líder de proyectos de investigación en la red de transitorios y agroindustriales, donde se ha podido evidenciar que en el sistema rotacional algodón-maíz-arroz, al emplear estrategias de manejo encaminadas al manejo integrado, la tendencia es producir limpiamente y así se da respuesta a la problemática de contaminación en el territorio nacional. Actualmente se desempeña como investigador máster asociado en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA, en el Centro de Investigación Nataima.

Lina Vanessa Garavito Morales

Correo: lgaravito@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-5178-6590

Ingeniera agrónoma y estudiante de maestría en Ciencias Agrarias, con línea de investigación en suelos, de la Universidad Nacional de Colombia. Se ha desempeñado como profesional de apoyo a la investigación y cuenta con conocimientos y experiencia en suelos, agroecología y manejo agronómico de cultivos de importancia nacional como yuca, aguacate Hass, banano y especies forestales. Tiene énfasis en

investigación participativa, con habilidades y competencias para el trabajo con comunidades campesinas, étnicas, familiares y comunitarias, mediante diseño y práctica de actividades de divulgación de la oferta tecnológica de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA para la transformación del sector agropecuario.

Édgar Mauricio Rico-Sierra

Correo: emrico@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-4291-7119

Biólogo de la Universidad Nacional de Colombia, magíster en Biología Computacional de la Universidad de los Andes. Tiene seis años de experiencia en el estudio de interacciones planta-patógeno, identificación de genes de resistencia en plantas e identificación molecular de insectos, hongos, virus y bacterias fitopatógenas. Adelanta procesos de investigación en biología molecular, genómica y transcriptómica, en proyectos científicos que aporten soluciones a problemas mediante el uso de la biotecnología. Actualmente ocupa el cargo de profesional de apoyo a la investigación en el Centro de Investigación Nataima (El Espinal, Tolima) de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA.

Elvia Amparo Rosero Alpala

Correo: erosero@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-9670-3047

Máster en Ciencias Agrarias, con énfasis en fitomejoramiento, e ingeniero agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, con estudios de PhD en la Universidad Carolina (República Checa), donde obtuvo el título en el área de anatomía y fisiología de plantas. Actualmente se desempeña como investigador PhD asociado a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA, Centro de Investigación Obonuco. Cuenta con experiencia en investigación en mejoramiento y fisiología de cultivos, y ha apoyado el desarrollo de variedades comerciales de yuca y batata en Colombia. Asimismo, ha contribuido al desarrollo de protocolos para la producción de semilla de calidad a nivel *in vitro* y *ex vitro*. Actualmente adelanta investigaciones en papa, especialmente en el ámbito de semilla de calidad.

Wílmer J. Cuéllar

Correo: w.cuellar@cgiar.org
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-4702-3237

Científico sénior enfocado en el estudio de enfermedades de plantas que impactan la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente en los trópicos. Ha sido pionero en la Alianza de Bioversity International y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en la aplicación del conocimiento sobre el sistema inmune de las plantas para el descubrimiento de virus y el uso de nanotecnología en la identificación rápida de patógenos. Su investigación también busca identificar factores que impulsan la aparición de enfermedades transfronterizas, con el fin de tomar decisiones informadas y diseñar estrategias para proteger los cultivos. Actualmente lidera el Laboratorio de Virología y el Área de Investigación en Protección de Cultivos del Programa de Yuca (CIAT), con laboratorios en Laos y Colombia. Tiene un doctorado en Virología de Plantas por la Universidad de Helsinki (Finlandia) y es uno de los representantes regionales del Comité Internacional de Epidemiología de Virus de Plantas (ICPVE) de la Sociedad Internacional de Cultivos de Raíces Tropicales (ISTRC).

Jaime Alberto Marín Colorado

Correo: jamarin@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-5628-4637

Desarrolló su tesis de pregrado, maestría y doctorado trabajando con la yuca. Sus áreas de estudio se han centrado en genética molecular, diversidad genética, mapeo genético, análisis de QTL, selección asistida con marcadores moleculares (MAS) y en estudios de genómica, transcriptómica y proteómica con diferentes caracteres de interés agronómico.

También ha investigado rasgos agronómicos como la precocidad y la materia seca; el contenido de betacarotenos, glucósidos cianogénicos y proteínas, y la pudrición de raíz causada por *Phytophthora* y el Virus del Mosaico Africano (CMD), los cuales se mapearon en poblaciones segregantes tipo F1, F2, S1, BC1 y BC2. Los diferentes mapas genéticos se construyeron con marcadores moleculares tipo microsatélite (SSR). Además, ha trabajado en interacciones proteína-proteína con ensayos

de doble híbrido en levadura en *Arabidopsis* y se ha enfocado en estudios de genómica, transcriptómica y proteómica para identificar genes relacionados con mecanismos de resistencia al ataque de artrópodos plaga de yuca.

María Camila Sierra González

Correo: mc.sierra@uniandes.edu.co
Orcid: https://orcid.org/0009-0000-5192-5159

Microbióloga y estudiante de maestría en Biología Computacional de la Universidad de Los Andes. Con experiencia en técnicas de biología molecular, secuenciación Sanger y Next Generation Sequencing (NGS), como Oxford Nanopore Technologies; manejo de ceparios de importancia fitosanitaria, y diagnóstico por técnicas moleculares. Experiencia en diseño y ejecución de proyectos de investigación en biología molecular y fitopatología, así como en análisis por métodos computacionales de datos ómicos.

Lilibet Tordecilla Zumaqué

Correo: ltordecilla@agrosavia.co – Lilytordecilla@hotmail.com
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-0263-6427

Ingeniera agrónoma y magíster en Ciencias Agronómicas, con énfasis en sanidad vegetal, de la Universidad de Córdoba (Colombia). Adelantó estudios sobre el comportamiento de enfermedades como el añublo de la vaina del arroz caudado por *Rhizoctonia* sp. y sobre la distribución espacial de cuero de sapo en yuca en Córdoba y Sucre. Actualmente está vinculada como investigadora MSc asociada en el Centro de Investigación Turipaná de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. Cuenta con más de 14 años de experiencia en sistemas hortícolas, y en el componente fitosanitario ha trabajado en la evaluación de enfermedades asociadas a especies como yuca, ñame, berenjena, ají, aguacate, ahuyama, café canéfora y cacao. En su trayectoria laboral ha liderado proyectos de sistemas agroalimentarios con enfoque agroecológico que aportan al desarrollo sostenible de los territorios. Es miembro de la Red de Innovación de Hortalizas y Aromáticas de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA, y está adscrita a los grupos de investigación respaldados por el Ministerio de Ciencias, Tecnología e Innovación (Minciencias):

Sistemas Agrícolas del Trópico (SAT) y Estudios Socioeconómicos. Su objetivo es continuar en la investigación fitosanitaria y contribuir al desarrollo de soluciones innovadoras para la agricultura tropical.

Jenyfer Jiménez Polo

Correo: jenyfer.jimenez@cgiar.org
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-8149-6615

Bacterióloga, especialista en Microbiología Industrial por la Universidad Católica de Manizales y magíster en Ciencias Biológicas, con énfasis en biotecnología vegetal, por la Universidad Nacional de Colombia. Cuenta con más de diez años de experiencia en investigación en virología agrícola, enfocada en diagnóstico, caracterización molecular y manejo de virus que afectan la yuca. Actualmente se desempeña como investigadora asociada en el Laboratorio de Virología y en el Área de Investigación en Protección de Cultivos del Programa de Yuca del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Su trayectoria científica se ha centrado en el estudio de virus cuyos síntomas limitan la productividad del cultivo, así como en la implementación de protocolos de diagnóstico molecular innovadores para garantizar la sanidad del germoplasma y las semillas de yuca. Su trabajo integra biología molecular, bioinformática y tecnologías de secuenciación de nueva generación, y contribuye de manera directa a la seguridad alimentaria y a la sostenibilidad agrícola en los trópicos.

La enfermedad cuero de sapo en yuca: diagnóstico, prevención y control se terminó de editar en diciembre de 2025, en Mosquera, Cundinamarca

La enfermedad cuero de sapo representa una amenaza crítica para la cadena de valor de la yuca en Colombia, puesto que impacta directamente la productividad y rentabilidad de los cultivos.

Este manual, fruto de la colaboración experta de **AGROSAVIA** y el **CIAT**, consolida la información más actualizada y relevante para combatir esta enfermedad. Con un lenguaje técnico y accesible, la obra guía a productores, asistentes técnicos e investigadores a través de los siguientes aspectos clave:

Reconocimiento: Identificación detallada de la sintomatología en campo y la escala de afectación mediante ilustraciones claras.

Diagnóstico: Conocimiento profundo sobre los agentes causales, sus posibles vectores y los protocolos avanzados de toma de muestras.

Manejo integrado: Un paso a paso esencial para la selección positiva de semilla, manejo nutricional óptimo y el uso de variedades resistentes.

Convierta el conocimiento técnico en acción. Obtenga las herramientas esenciales para monitorear, prevenir y controlar el impacto económico del cuero de sapo y asegure la calidad y rendimiento de su producción de yuca.

AGROSAVIA
Corporación colombiana de investigación agropecuaria

Distribución gratuita
Prohibida su venta