

Manual de manejo de yuca industrial en el Caribe colombiano



AGROSAVIA
EDITORIAL



Manual de manejo de yuca industrial en el Caribe colombiano

Amaury Aroldo Espitia Montes | Shirley Patricia Pérez Cantero
Ricardo Enrique Támara Morelos | Hernando Alberto Araújo Vásquez
Joaquín Alfonso García Peña | Elvia Amparo Rosero Alpala | Sol Mara Regino Hernández
Lily Lorena Luna Castellanos | Jorge Luis García Herazo
Remberto Rafael Martínez Figueroa | Víctor Alfonso De La Ossa Albis



Manual de manejo de yuca industrial en el Caribe colombiano. / Amaury Arnoldo Espitia Montes [y otros diez] – Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2022.

88 páginas (Colección Prácticas Agropecuarias)
Incluye referencias bibliográficas, tablas e ilustraciones.

ISBN: 978-958-740-566-8

ISBN e-Book: 978-958-740-567-5

1. Mandioca 2. Variedades de alto rendimiento 3. Control de plagas 4. Control de enfermedades
5. Calidad del suelo 6. Tratamiento de semillas.

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 Turipaná. Kilómetro 13 vía Montería-Cereté.
Código postal: 687527, Colombia.

Esta publicación se deriva del macroproyecto "Generación y vinculación de tecnologías para contribuir a mejorar la producción, la productividad y calidad de la yuca destinada al consumo fresco y la transformación industrial en regiones productoras de Colombia", del proyecto "Un modelo de manejo integrado del cultivo, validado para mejorar la sostenibilidad de los sistemas de producción de yuca en monocultivo y asociado". Esta obra contó con el apoyo financiero del proyecto Plan Yuca País, del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) para la compilación de información, revisión e impresión.

Colección Prácticas Agropecuarias

Tipología: Manual

Primera edición: 2.000 ejemplares

Impreso en Bogotá, Colombia, 2022

Printed in Bogota, Colombia, 2022

editorial@agrosavia.co

Líder editorial: Astrid Verónica Bermúdez Díaz

Edición: Jorge Enrique Beltrán

Corrección de estilo: Alejandro Merlano Aramburo

Diseño y diagramación: Mónica Cabiativa Daza

Ilustración de cubierta: Juan Felipe Martínez Tirado

Citación sugerida: Espitia Montes, A. A., Pérez Cantero, S. P., Támara Morelos, R. E., Araújo Vásquez, H. A., García Peña, J. A., Rosero Alpala, E. A., Regino Hernández, S. M., Luna Castellanos, L. L., García Herazo, J. L., Martínez Figueroa, R. R., & De La Ossa Albis, V. A. (2022). *Manual de manejo de yuca industrial en el Caribe colombiano*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Doi: <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7405675>

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	6
Capítulo 1. El cultivo de la yuca en Colombia	8
Centros de origen y diversidad	9
Clasificación botánica	9
Importancia del cultivo	9
Usos de la yuca industrial	12
Variedades mejoradas de yuca para la industria utilizadas en la región Caribe colombiana	15
Capítulo 2. Requerimientos del cultivo	18
Labranza, suelos, indicadores de calidad del suelo, fertilización y riego	18
Época, densidad óptima, sistema de siembra y manejo de malezas	24



Capítulo 3. Reconocimiento y manejo integrado de enfermedades y plagas

35

Aspectos generales	35
Conceptos generales	36
Enfermedades asociadas al cultivo de yuca y prácticas de manejo integrado	37
Plagas asociadas al cultivo de yuca y prácticas de manejo integrado	54
Cosecha de raíces y conservación de la semilla para próximas siembras	70
Recomendaciones técnicas	77
Referencias	78
Los autores	85

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a AGROSAVIA por su apoyo en la gestión logística de los diferentes proyectos previos, cuya financiación recibida de parte del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) permitió su ejecución a través del macroproyecto “Generación y vinculación de tecnologías para contribuir a mejorar la producción, la productividad y calidad de la yuca destinada al consumo fresco y la transformación industrial en regiones productoras de Colombia”, así como del proyecto titulado “Un modelo de manejo integrado del cultivo, validado para mejorar la sostenibilidad de los sistemas de producción de yuca en monocultivo y asocio”, y de las transferencias tv 15, tv 16 y tv 17.

Los autores agradecen especialmente al Plan Yuca País, Convenio Interadministrativo n.º 20220440, celebrado entre el MADR y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - (AGROSAVIA), por los recursos que hicieron posible la compilación, revisión e impresión de esta obra.

Presentación

AGROSAVIA presenta al lector el *Manual de manejo de yuca industrial en el Caribe colombiano*, donde se describen las recomendaciones de manejo y las labores oportunas que deben realizarse para mejorar la productividad de los cultivos de yuca industrial, reconociendo su importancia para las industrias almidoneras y de balanceados. La información recopilada en este manual es útil para los productores yuqueros del Caribe, las organizaciones, los técnicos del campo, los extensionistas y demás interesados en profundizar en el manejo técnico del cultivo de yuca. El manual recoge información de procesos de investigación llevados a cabo durante muchos años por AGROSAVIA y otras instituciones que dedican su misión a la mejora del cultivo de la yuca a nivel nacional e internacional. Las recomendaciones aquí contenidas contribuirán al fortalecimiento y la apropiación tecnológica de los agricultores yuqueros de la región Caribe colombiana, quienes mediante el conocimiento de las variedades industriales mejoradas registradas para el Caribe y de las labores de manejo del material de siembra, del cultivo y de los recursos suelo-agua, contarán con la base técnica necesaria para tomar decisiones apropiadas en el manejo del cultivo. Este texto llega a sus manos con el fin de acompañar y guiar su labor de campo en el cultivo de yuca industrial, para mejorar técnicamente su rendimiento, calidad y rentabilidad.

Objetivo

Guiar a los productores y el personal técnico que cultiva yuca proporcionándoles información detallada sobre el manejo integrado de este cultivo, teniendo en cuenta el momento oportuno de realizar las labores, para garantizar un cultivo eficiente, es decir, en el que la planta exprese su potencial genético y mejore su producción.

Alcance

Este manual está dirigido a productores agropecuarios del cultivo de yuca industrial (arreglo en monocultivo) y a extensionistas rurales. El texto describe las recomendaciones técnicas relacionadas con la oferta de variedades industriales registradas para el Caribe, el manejo de material de siembra y las densidades de siembra apropiadas, las condiciones para la preparación y uso del suelo en los diferentes núcleos de producción y el manejo de malezas. Al integrar estas recomendaciones al sistema de producción en monocultivo, se genera un incremento en los rendimientos en relación con el sistema local tradicional, lo cual se traduce en mayores ingresos y rentabilidad para el productor.

Recomendaciones para el buen uso del manual

Entre las recomendaciones de uso del manual, se precisa que consta de tres capítulos. El primer capítulo brinda información sobre el cultivo de la yuca en su contexto y generalidades acerca de las tecnologías; en el segundo capítulo se presentan las variedades industriales, y en el tercero se exponen los diferentes componentes de manejo que necesita el cultivo para lograr tener buenos rendimientos de raíces. Adicional a esto, se especifican 1) las prácticas de labranza, fertilización y riego; 2) los indicadores de calidad del suelo, densidad óptima, manejo adecuado de malezas, plagas y enfermedades, y cosecha de raíces, y 3) las prácticas adecuadas para la conservación de la semilla para las siguientes siembras.

Se recomienda seguir las indicaciones de este manual para mejorar los rendimientos de raíces, y se sugiere contar con la asesoría de un profesional del área agrícola para una correcta toma de decisiones en cuanto al manejo del cultivo de yuca industrial.

Capítulo 1.

El cultivo de la yuca en Colombia

Este capítulo contiene información básica sobre el cultivo de la yuca en Colombia, a partir del reconocimiento de la importancia de sus diferentes usos y sistemas de producción.

En Colombia se reconoce la importancia de este cultivo debido a que los 2,8 millones de toneladas de raíces producidas al año provienen de los 32 departamentos, donde la región Caribe participa con más del 52 % del total nacional, seguida por las regiones Andina, Orinoquía, Pacífico y Amazonía, en su orden (MADR, 2021). La yuca presenta una alta capacidad de adaptación y defensa, debido a su fisionomía, encontrándose en diferentes pisos térmicos y regiones, donde puede tolerar periodos secos y diferentes condiciones climáticas (Aguilera, 2012). La yuca es originaria de América tropical, específicamente del noreste de Brasil. Viajeros de Europa identificaron las bondades de esta especie como cultivo y rápidamente la distribuyeron en África y Asia (Olsen & Schaal, 2001).

Las raíces contienen un gran porcentaje de carbohidratos, y las hojas frescas, que contienen vitaminas, minerales y proteínas, pueden ser usadas para el consumo humano y animal; sin embargo, en Colombia solo las raíces son usadas como alimento humano, y una limitada fracción, para alimentación animal. Como se mencionó anteriormente, la región Caribe es el principal núcleo de producción a nivel nacional, tanto por área cultivada como por producción de raíces frescas, ya sea de yuca de consumo fresco o para uso industrial, y en los últimos diez años se ha incrementado el área sembrada; sin embargo, los rendimientos son muy bajos en comparación con el promedio nacional, ya que el manejo agronómico requiere de la aplicación de nuevas tecnologías (Aguilera, 2012).

Centros de origen y diversidad

Diversos estudios han reconocido el origen americano de la yuca; específicamente, en la región norte de Brasil se han encontrado especies taxonómicas relacionadas con *M. esculenta*, por lo que esta región se reconoce, junto con la zona sur de México, como centro de diversidad de la especie (Suárez & Mederos, 2011).

Clasificación botánica

La clasificación taxonómica de la yuca la ubica en el reino vegetal, división Spermatophyta, subdivisión Angiosperma y clase Dicotyledoneae. Se encuentra clasificada en el orden Euphorbiales, familia Euphorbiaceae, tribu Manihotae y género *Manihot*. Este género está conformado por al menos 98 especies, de las cuales solo la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es reconocida como cultivo y especie con importancia económica (Suarez & Mederos, 2011).

Importancia del cultivo

La yuca es un cultivo tropical de gran relevancia socioeconómica a nivel mundial y es una especie altamente rústica, que alcanza buenos niveles de adaptabilidad y productividad bajo condiciones climáticas y edáficas desfavorables, características que hacen que la yuca se considere un cultivo tropical distintivo de pequeños y medianos productores, con recursos económicos limitados (Rivas & Herrera, 2003).

El principal uso de las raíces de yuca, tanto frescas como procesadas, es la alimentación humana y animal, por lo que estas representan un recurso importante en la seguridad alimentaria en todas las regiones de Colombia. La alta eficiencia en la producción de carbohidratos y su posterior traslocación

y almacenamiento en las raíces es una de las principales características por las que este cultivo aventaja a los cereales producidos en el trópico, ya que incluso bajo condiciones de baja disponibilidad de agua y nutrientes del suelo es posible cultivar yuca (Faostat, 2011, 2012; Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2014).

Importancia del cultivo de yuca industrial en Colombia

Aunque el cultivo de yuca se cultiva en los 32 departamentos del país, se destacan las regiones Caribe y Orinoquía, junto con Cauca, como los principales núcleos productivos. Su uso se reconoce en dos segmentos amplios de mercado: consumo fresco y uso industrial. La principal diferencia radica en la calidad que exige cada uno de los mercados: la yuca apta para consumo humano requiere de una calidad culinaria y sensorial adecuada a los consumidores locales, mientras que la yuca industrial debe mantener un contenido de materia seca alto, ya que esta es la primera evidencia de un buen contenido de almidón en las raíces. De esta forma, el 94,4 % del total de la producción de yuca a nivel nacional se produce para satisfacer el mercado de consumo humano (cocción), y solo el 5,6 % se destina a la producción de almidón nativo y fermentado (Parra, 2020). La diferenciación de estos dos sistemas de producción evidencia una mayor tecnificación en el cultivo de yuca industrial, ya que en general se maneja en monocultivo. Sin embargo, el sistema de producción se desarrolla generalmente en áreas menores de 10 ha (85 %), con prácticas tradicionales y niveles de tecnificación que podrían ser mejorados (MADR, 2017).

La agroindustria que usa las raíces de yuca para la producción de almidón se ha desarrollado enormemente en la región Caribe y el Cauca; sin embargo, enfrenta limitantes especialmente relacionadas con la estacionalidad climática en la producción. En el Caribe, las épocas del año que se relacionan con la presencia de lluvias marcan drásticamente las temporadas de siembra y cosecha de los cultivos. La oferta varietal de yuca presente en los campos, junto con la alta perecibilidad de las raíces, hace que las raíces cosechadas de forma tardía o almacenadas por largos periodos de tiempo pierdan calidad y sean rechazadas en el mercado, especialmente, por la pérdida de materia seca o pudrición (Aguilera, 2012). Por esta razón, los esfuerzos en la tecnificación del cultivo de la yuca industrial podrían apoyar

la estabilidad en la producción, ya sea desde la vía de nuevas variedades aptas para cosecha extendida, así como en el uso de riego y mecanización y, sobre todo, en el fortalecimiento de acciones y estrategias para incentivar la apropiación social de conocimiento y tecnologías obtenidos a través de la investigación.

Estadísticas de la yuca industrial en el país

En 2021 Colombia registró un área cosechada de 12.516 hectáreas de yuca industrial, y una producción de 219.433 toneladas, lo que representó un crecimiento en el rendimiento con respecto a 2018, año en que se cosecharon 9.119 hectáreas con una producción de 157.826 toneladas. Por su parte, el rendimiento promedio nacional fue de 17,05 t/ha en 2021. La producción nacional de yuca con destino a la industria se encuentra en 13 de los 32 departamentos del país, de los cuales Sucre (89.609 toneladas), Cauca (61.278 toneladas) y Córdoba (65.993 toneladas) son los que más aportan (tabla 1). En general, la dinámica a través del tiempo ha mostrado una tendencia de crecimiento, en especial en los departamentos con mayor producción, lo que evidencia el fortalecimiento que ha tenido la cadena de valor de la yuca industrial en estas zonas y la importancia económica y social del sistema productivo.

Tabla 1. Producción de yuca industrial en Colombia en toneladas (2014-2021)

Departamento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Sucre	39.467		47.098	57.203	57.343	78.490	74.037	89.609
Córdoba	5.285	7.560	40.859	38.925	44.574	52.680	67.920	65.993
Cauca	3.122	7.600	5.722	44.796	50.870	74.914	71.430	61.278
Chocó		40.653	6.750					
Atlántico				660	4.820	3.130	5.778	2.373
Vichada	7.560		5.569					
Guainía			7.347					
Antioquia		3.101	105					

(Continúa...)

(Continuación tabla 1)

Vaupés	3.030							
Cesar						1.250		
Magdalena						75		180
Nariño					200	15		
Boyacá					20	12		
Total	55.434	58.914	116.480	141.584	157.826	210.566	219.165	219.433

Fuente: Elaboración propia con base EVAS (MADR, 2021)

Usos de la yuca industrial

La yuca es una especie altamente eficiente en el almacenamiento de almidones en ambientes de producción con baja disponibilidad de agua y nutrientes, en comparación con otros cultivos amiláceos, como el maíz, el trigo, etc., cuyo desempeño en las condiciones tropicales y subhúmedas es limitado. El interés por parte de la industria de usar la materia prima de la yuca en alimentos procesados (animal), su uso como combustible o bioetanol, la amplia gama de usos del almidón de yuca y los productos derivados de su modificación, entre otros, definitivamente sugieren la necesidad de continuar mejorando tecnológicamente el sistema de producción del cultivo (Ceballos, 2002).

En la costa Caribe, el establecimiento de las industrias de producción y comercialización de almidón de yuca ha fomentado el cultivo de yuca industrial, especialmente de variedades como Corpoica Tai, Corpoica Verónica (Ceballos, 2002) y la recientemente liberada Corpoica Belloti. En Colombia, las hojas son usadas principalmente en alimentación animal, especialmente de variedades diseñadas para tal fin (variedades forrajeras). Los análisis nutricionales han reportado un alto contenido de proteínas (entre el 18% y el 22%) y un buen contenido de precursores de vitamina A y minerales como calcio, potasio, magnesio, hierro y otros (Aguilera, 2012).

Alimentación humana

En la gastronomía colombiana, la yuca industrial no se usa directamente como la yuca de consumo humano, que es usada posterior a su cocción. El almidón extraído de la yuca industrial se usa para la elaboración de una variedad de recetas locales que son consumidas a diferentes horas del día, como pasabocas, ya que el proceso de extracción de almidón elimina todas las trazas de ácido cianhídrico (HCN), al igual que el casabe (Mendoza Ortega et al., 2017).

Por otra parte, las características fisicoquímicas encontradas en la harina de yuca han mostrado la posibilidad de reemplazar hasta en un 15% la harina de trigo (tabla 2) en alimentos de panificación, pastas, espesantes, entre otros (Mendoza Ortega et al., 2017).

Tabla 2. Características fisicoquímicas de la harina de yuca comparada con la harina de trigo

Análisis	Yuca (variedad HMC-1)	Trigo
Humedad (porcentaje en base de humedad [BH])	8,4	11
Materia seca (porcentaje en BH)	91,6	89
Contenido de almidón (porcentaje en base seca [BS])	87,4	69
Proteína (porcentaje en BS)	1,3	14
Fibra cruda (porcentaje en BS)	1,2	0,9
Extracto etéreo (porcentaje en BS)	0,6	2,4
Cenizas (porcentaje en BS)	1,1	0,7
HCN total (ppm)	13	—
HCN libre (ppm)	0,6	—
Azúcares reductores (porcentaje en BS)	1,4	0,9
Amilosa (porcentaje en BS)	12,3	13,9
Amilopectina (porcentaje en BS)	87,7	86,1
Índice de absorción de agua (g de gel/g de harina)	4,1	3,1
Índice de solubilidad de agua (porcentaje)	8,8	13,3

Fuente: Bellotti et al. (2002)

Alimentación animal

Por ser una fuente de amplio valor energético rico en carbohidratos, la yuca es utilizada también como alimento balanceado para animales. A nivel mundial, algunos países, como Tailandia, están especializados en la elaboración de trozos secos, los cuales pueden procesarse para la producción de concentrado para animales. Como se mencionó previamente, el buen contenido de proteínas, fibras minerales y precursores de vitaminas (beta-caroteno) hace que el follaje de yuca sea un insumo altamente nutricional para los animales, junto con las raíces de descarte (Ceballos, 2002).

Para alimentación animal, la planta debe pasar por un proceso de limpieza, picado, secado y molienda, y la raíz transformada en trozos secos, por su parte, es utilizada para la formulación de alimentos balanceados. En ambos casos, las variedades industriales de yuca pueden ser usadas, y de todo el proceso se resalta el secado, ya que es este paso el que garantiza la disminución del contenido de HCN, llevándolo a un nivel apto para el consumo. Así mismo, con los residuos de la yuca también se pueden elaborar bloques nutricionales para el ganado (Mendoza Ortega et al., 2017).

Almidones

El almidón extraído de las raíces es usado en las industrias alimenticia, textil, de papel y cartón, cosmética y de limpieza, de construcción, farmacéutica, de refinería, de colorantes, y para hacer películas de plásticos biodegradables y baterías secas, entre otros (Aguilera, 2012).

El rendimiento en el proceso de extracción del almidón puede realizarse en plantas artesanales o en grandes plantas, con capacidades de hasta 400.000 t/año. El proceso consiste en separar, a través de diferentes sistemas de filtrado, el almidón y el agua, desde las fibras y la proteína. Luego, el agua y el almidón son separados por gravedad o centrifugado, con lo que el almidón queda listo para ser comercializado (Mendoza Ortega et al., 2017).

Alcohol

El almidón de la yuca puede ser transformado en alcohol etílico, utilizado para la generación de energía. En el Valle del Cauca, el biocombustible a base de yuca industrial a nivel experimental ha demostrado tener un bajo costo y ha sido utilizado eficientemente en algunos vehículos, estufas de cocina y plantas, entre otros artefactos, para generar energía eléctrica (Mendoza Ortega et al., 2017).

Variedades mejoradas de yuca para la industria utilizadas en la región Caribe colombiana

En la región Caribe, el cultivo de yuca con fines industriales ha tenido un gran impulso por la extracción industrial de almidón de yuca en el departamento de Sucre, el cual ha encontrado en la transformación una salida comercial para potencializar el uso de esta materia prima en la elaboración de diferentes productos. Esto se ha visto reflejado en el auge del cultivo en la región, ya que los productores han encontrado una alternativa de negocio para impulsar la actividad agrícola allí y generar un impacto social relevante y positivo alrededor de este producto.

El resultado de la investigación conjunta entre AGROSAVIA y el CIAT ha logrado la identificación de materiales de yuca con fines industriales adaptados a las condiciones de la región Caribe, y se han logrado mejoras significativas en aspectos clave como el rendimiento, el contenido de almidón y la tolerancia a las principales limitantes fitosanitarias de la región.

A continuación se muestra una breve descripción de los materiales de yuca más usados con fines industriales:

Corpoica Belloti: variedad de uso industrial con una emergencia de los brotes entre los 10 y 15 días después del establecimiento en campo. La formación de almidones inicia aproximadamente a los 90 días, y la acumulación de materia seca se da después de los 150 días. Los tallos son de

crecimiento recto, y sus hojas apicales son de color verde oscuro. El color característico de la pulpa de la raíz es blanco, y su materia seca es mayor al 30%, característica apetecida por la industria, ya que es excelente como materia prima para la extracción de almidón. Esta variedad tiene un potencial de rendimiento superior a 28 t/ha. Además, presenta adaptación a las condiciones secas o húmedas de la región Caribe. En las diversas evaluaciones y lotes comerciales se ha evidenciado su tolerancia a problemas comunes en la costa Caribe (enfermedades de bacteriosis y superalargamiento) y a plagas como trips, barrenador y ácaro verde del cogollo. Sin embargo, se recomienda hacer monitoreos rutinarios con el fin de estimar el nivel de afectación y tomar medidas preventivas de manejo.

Corpoica Ropain: variedad de yuca para la industria con una emergencia de los brotes entre los 10 y 15 días después de la siembra (DDS). La formación de almidones se da después de los 90 días, y la acumulación de materia seca, a los 150 días. Los tallos son de crecimiento recto, con entrenudos cortos, y sus hojas apicales son de color verde claro. El color característico de la pulpa de la raíz es blanco, y su materia seca es mayor al 30%, lo que, como con la anterior, hace atractiva a esta variedad para la extracción de almidones. Esta variedad también tiene un rendimiento superior a 28 t/ha. Al igual que la variedad anterior, un buen nivel de tolerancia fue encontrado para las enfermedades y plagas antes mencionadas en la variedad Corpoica Belloti.

Corpoica Sinuana: variedad de yuca de uso industrial con una emergencia de los brotes entre los 10 y 15 DDS en campo. Los almidones inician su formación a partir de los 90 días, y la acumulación de materia seca, después de los 150 días. Los tallos son de crecimiento recto, con entrenudos cortos, y sus hojas apicales son de color verde claro. El color característico de la pulpa de la raíz es blanco, y su materia seca es mayor al 30%, lo que, como con las anteriores, hace atractiva a esta variedad para la extracción de almidones. Esta variedad también tiene un rendimiento superior a 28 t/ha. Al igual que la variedad anterior, un buen nivel de tolerancia fue encontrado para las enfermedades y plagas antes mencionadas en la variedad Corpoica Belloti.

Corpoica Tai: variedad de porte medio-alto, con una altura promedio de 2 m. Los tallos presentan un color verde grisáceo, y las raíces, blanco-crema. Esta variedad presenta un rendimiento promedio de raíces frescas de 25 t/ha, y el contenido de materia seca puede ser superior al 30%. Esta

es la variedad industrial más sembrada en la costa Caribe, con cerca del 90% del área actual sembrada. En las condiciones de evaluación y cultivo se ha observado baja afectación por insectos como trips, barrenador del tallo (*Chilomima clarkei*) y ácaro verde del cogollo. Esta variedad presenta una susceptibilidad moderada a la enfermedad conocida como chamusquina, quemazón, seca o bacteriosis, por lo cual la detección oportuna de la enfermedad permite generar planes de acción para evitar la diseminación de esta enfermedad en los lotes comerciales.

Para el establecimiento de los diferentes materiales, se deben tener en cuenta sus documentos de recomendación, con el fin de tener los argumentos necesarios para iniciar el establecimiento del cultivo.

Capítulo 2.

Requerimientos del cultivo

En este capítulo se busca sentar las bases de los requerimientos para el establecimiento de cultivos de yuca con fines industriales, como las prácticas adecuadas para el manejo de genotipos, los materiales de siembra, la adecuación del suelo, la densidad de siembra, el manejo técnico de malezas, plagas y enfermedades, la fertilización, los requerimientos hídricos, la cosecha y el manejo de semilla para la próxima siembra, consideraciones que, integradas al sistema de producción en monocultivo, generan un incremento en los rendimientos en relación con el sistema local tradicional. Estas prácticas de manejo tienen su aplicabilidad en la región Caribe, especialmente en los departamentos de Córdoba, Sucre y Bolívar, que cuentan con las particularidades del clima de bosque seco tropical. Así, como material de siembra se sugiere utilizar variedades registradas, como Corpoica Belloti, Corpoica Tai, Corpoica Ropain, Corpoica Sinuana y Corpoica Verónica, entre otras, según las necesidades y fines de comercialización.

Labranza, suelos, indicadores de calidad del suelo, fertilización y riego

El manejo de suelos, la fertilización y el manejo del agua (riego) son factores importantes en el desarrollo de las actividades agrícolas, en especial para el inicio del establecimiento de cultivos. Para la yuca se requiere un manejo adecuado de la labranza, de acuerdo con las condiciones del terreno y los requerimientos del cultivo.

Labranza

El principal producto de la yuca, las raíces comerciales, se encuentra albergado en el suelo, por lo cual se requiere un manejo adecuado de este

recurso. El suelo es el soporte de todo el sistema de raíz (funcional) y le suministra agua y nutrientes, lo que es primordial precisamente porque son estas raíces comerciales el producto final del cultivo de yuca. Por esta razón, el suelo reviste gran importancia para el cultivo, y por consiguiente su manejo debe ser el correcto, para garantizar características físicas y químicas adecuadas, que lleven al éxito en el sistema productivo.

Para un buen desarrollo de las raíces y facilitar la labor de cosecha, a nivel físico el cultivo de yuca requiere de suelos sueltos, profundos y bien drenados, por lo cual es necesaria una buena preparación del suelo, según las condiciones del clima, el tipo de suelo y de vegetación, la topografía, los requerimientos de mecanización, entre otras características. La preparación debe garantizar al menos unos 20 cm de profundidad de suelo suelto y libre de terrones, para facilitar el crecimiento de las raíces en todas las direcciones, de forma que se cuente con un espacio propicio para que el material de siembra, la semilla, presente altos niveles de germinación y producción (figura 1).

La textura del suelo tiene efectos directos sobre la productividad del cultivo de yuca, ya que está relacionada con el tamaño de las raíces, pues los obstáculos físicos afectan su crecimiento y, por lo tanto, su productividad (Andrade Foronda & Gutiérrez Rodríguez, 2020; Contreras-Santos et al., 2020). Por otra parte, los suelos pesados están relacionados con la presencia de enfermedades que afectan las raíces, ya que estos generalmente conservan la humedad por mayor tiempo y pueden estar sujetos a encharcamientos, lo que promueve un ambiente propicio para la aparición de varios agentes causales asociados a la pudrición de raíces de yuca, entre los cuales están *Phytophthora drechsleri*, *Rhizoctonia solani*, *Diplodia manihotis* y *Fusarium solani*.

La labranza del suelo para yuca depende de las condiciones en que se encuentren sus propiedades físicas en el momento de establecer el cultivo. Suelos que presenten capas duras o compactadas deben ser manejados con labranza vertical, preferiblemente, para romper la capa dura, o con arado de disco, en caso de no poder cincelar. Esto mejora considerablemente las condiciones de drenaje y aireación y les facilita a las raíces el acceso a un mayor volumen de suelo para la búsqueda de nutrientes y agua, con lo cual podrán obtener un mayor tamaño y estar libres de deformaciones. En suelos planos con mal drenaje y bajo precipitaciones altas, se hace necesario que los caballones realizados sean altos, para evitar daños en la planta y pudrición de la yuca.



Figura 1. Estado de preparación de suelo. a. Suelo mal preparado, con terrones que obstaculizan la siembra y la brotación adecuada; b. Suelo suelto que garantiza condiciones para un buen prendimiento de la semilla.

Fotos: Sol Mara Regino Hernández

Indicadores de calidad del suelo

Los sistemas convencionales de yuca alteran las condiciones edafológicas de los suelos. En muchos casos, la falta de un manejo adecuado puede causar escasez en los nutrientes, aumento en la pérdida de suelos por erosión y poca actividad biológica. La integración con los sistemas orgánicos mejora la actividad biológica, aumenta la infiltración de agua y genera mayores contenidos de materia orgánica, lo que promueve el crecimiento, un mejor aspecto y un mayor rendimiento de los cultivos. El contenido de materia orgánica es uno de los indicadores que determinan la sostenibilidad de los sistemas de yuca, ya que está relacionado con otros factores que promueven mejoras en el sistema productivo (Castillo-Valdez et al., 2021). Por otra parte, el uso de microorganismos presenta efectos positivos sobre la biodisponibilidad de elementos, la estructura del suelo y el contenido de materia orgánica, lo que afecta las tasas de respiración y las actividades enzimáticas de la comunidad microbiana del suelo (Sfeir Durán, 2021).

Fertilización del cultivo

El potencial de producción del cultivo está directamente relacionado con la necesidad nutricional y los rendimientos que se desee obtener, por lo que se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Potencial genético
- Productividad del suelo (clase)
- Condiciones climáticas
- Nivel de tecnología aplicado
- Uso de genotipos de alta producción
- Adecuada preparación del lote y del terreno
- Óptima densidad de siembra
- Uso de riego
- Adecuado y oportuno control fitosanitario
- Rotación de cultivos

La yuca es un cultivo altamente extractivo, principalmente de elementos mayores, como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). El orden de extracción de los nutrientes es el siguiente: $K > N > Ca > Mg > P$ (Aguilar, 2017); si bien la fertilización está orientada a aumentar el rendimiento del cultivo, es una labor que se debe realizar garantizando la sostenibilidad del suelo y una buena producción de un ciclo a otro, ya que plantas con mejor desarrollo fisiológico ofrecen mayor cobertura de suelo, lo cual lo protege del impacto de las gotas de lluvia y disminuye la erosión (Howeler, 1979; Cadavid López, 2008). Los requerimientos nutricionales del cultivo de yuca se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Demandas nutricionales del cultivo de yuca para la producción de 25 t/ha

Elemento	Cantidad (kg/ha)	Extracción de toda la planta (kg/ha)
N	55	174
P ₂ O ₅	26	72
K ₂ O	105	200
CaO	25	100
MgO	16	42

Fuente: Cadavid López (2008)

En cuanto a la aplicación de los fertilizantes, AGROSAVIA recomienda la aplicación de una mezcla de urea, fosfato diamónico (DAP), cloruro de potasio (KCl) y abono orgánico, empleando 150 kg/ha de urea, 80 kg/ha de DAP, 83,5 kg/ha de KCl y 500 kg/ha de un abono orgánico que contenga un 2% de N. Los fertilizantes químicos se deben aplicar de la siguiente manera: el 100% del DAP antes de la siembra, preferiblemente en la preparación del suelo, durante el último pase de rastrillo, y la mezcla de KCl y urea, de manera fraccionada, así: el 40% a los 60 días después de la brotación (DBB) y el otro 60% al mes de la primera aplicación (tabla 4). Sin embargo, teniendo en cuenta las fases de desarrollo de la planta, la aplicación de las fuentes nitrogenadas y de potasio pueden realizarse hasta los 120 DDS, pues antes de ese tiempo todavía se está dando el proceso de formación de raíces reservantes. Esta labor también dependerá de la arquitectura de la planta, ya que, si sus tallos son ramificados, esto afecta el desplazamiento de los operarios dentro del cultivo (figura 2).

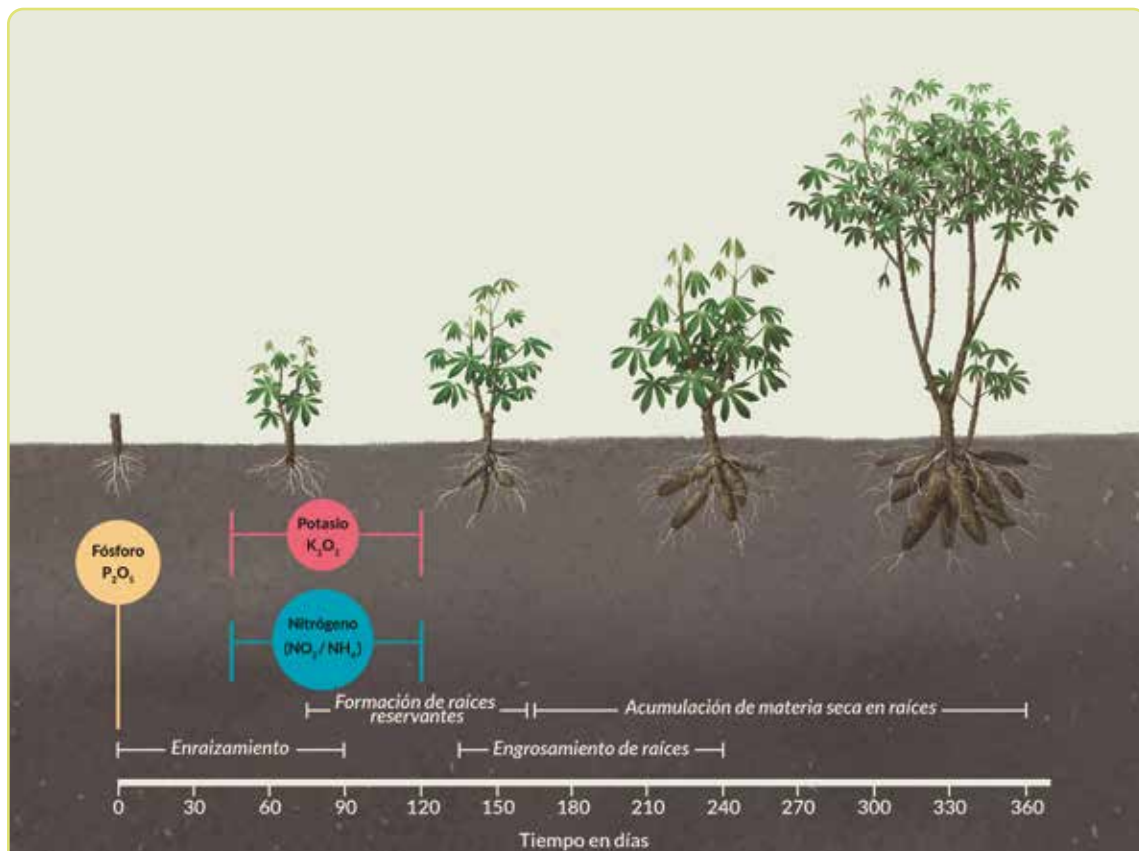


Figura 2. Época de aplicación de fertilizantes al cultivo de yuca.

Ilustración: Juan Felipe Martínez Tirado

Tabla 4. Dosis única y fraccionada de los fertilizantes químico y orgánico, y días de aplicación

Fertilizante	Aplicación única: 100 % del fertilizante	Primera fracción: 40 % del fertilizante (60 DDB)	Segunda fracción: 60 % del fertilizante (90 DDB)
DAP	80 kg/ha	—	—
Urea	—	60 kg/ha	90 kg/ha
KCl	—	33,32 kg/ha	49,98 kg/ha
Abono orgánico (2% de N)	—	200 kg/ha	300 kg/ha

Fuente: Elaboración propia con base en la oferta tecnológica de AGROSAVIA

Cuando no se disponga del abono orgánico o solo se quiera utilizar los fertilizantes químicos, para las cantidades por aplicar se deben tener en cuenta los requerimientos nutricionales del cultivo de yuca: 4,42 de N, 0,67 de P, 3,58 de K, 1,36 de Ca y 0,82 de Mg (unidades expresadas en kg/ha) (Cadavid López, 2008), así como los resultados del análisis químico de suelos.

En cuanto a la aplicación, los fertilizantes se emplean en forma de bandas localizadas a 20 cm de distancia alrededor del tallo de la planta de yuca, e incorporados en el suelo a una profundidad de entre 5 y 10 cm (figura 3).

En todos los casos, el plan de fertilización del cultivo se debe hacer con base en un análisis de suelo actualizado, de tal manera que se pueda establecer el balance entre la oferta nutricional del suelo y las necesidades del cultivo, para determinar las cantidades de fertilizante por aplicar.

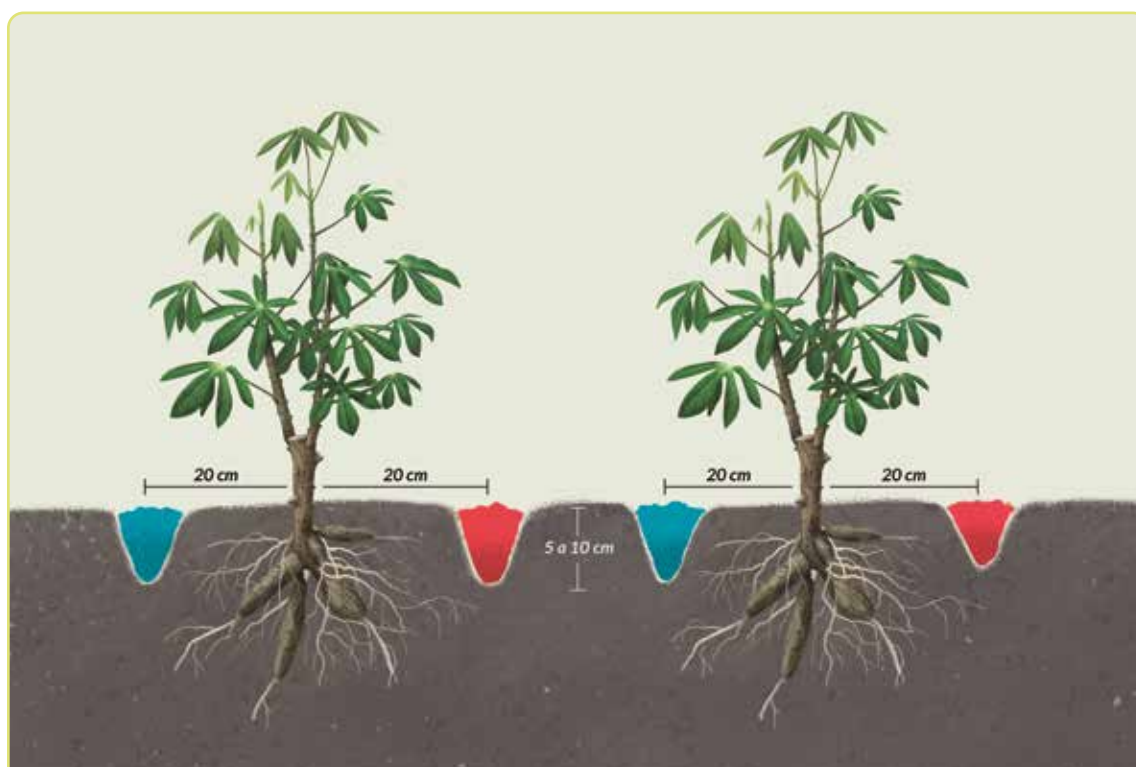


Figura 3. Aplicación en bandas de los fertilizantes en el cultivo de yuca.

Ilustración: Juan Felipe Martínez Tirado

Época, densidad óptima, sistema de siembra y manejo de malezas

Para iniciar el establecimiento del cultivo de yuca, se debe tener en cuenta la época de siembra, ya que el cultivo tiene unos requerimientos mínimos de agua para su desarrollo. Además, se debe tener en cuenta el tipo de siembra y el control de malezas que se va a realizar para que el cultivo exprese su mayor potencial de rendimiento.

Época de siembra

Entre 2015 y 2017, AGROSAVIA adelantó estudios de caracterización del sistema productivo de yuca en diversas áreas productoras, las cuales fueron agrupadas en cinco núcleos, teniendo en cuenta la zona agroecológica (tabla 5).

Tabla 5. Regiones productoras de yuca y época de siembra

Núcleo	Descripción	Época de siembra
Núcleo 1	Subregión Montes de María: integra los municipios de Los Palmitos, El Carmen de Bolívar y San Jacinto, en el departamento de Bolívar	Abril-mayo
Núcleo 2	Subregión Sabanas Colinadas: integra los municipios de Chinú y San Andrés de Sotavento, en Córdoba, y San Juan de Betulia, Sincé y Sampués, en Sucre	Abril-mayo
Núcleo 3	Subregión Sabanas Colinadas: integra los municipios de Corozal, en Sucre, y Chinú y Ciénaga de Oro, en Córdoba	Abril-mayo
Núcleo 4	Subregión Valle del Sinú (Medio Sinú): integra los municipios de Cereté y San Pelayo, en Córdoba	Abril-mayo
Núcleo 5	Subregión Valle del Sinú (Alto Sinú): integra los municipios de Tierralta y Valencia, en el departamento de Córdoba	Abril-mayo y julio-agosto

Fuente: Elaboración propia

Como resultado de este estudio, se pudieron definir las épocas de siembra de este cultivo en los diferentes núcleos: el 60% de los productores de los núcleos 1, 2, 3 y 4 realizan sus siembras en los meses de abril y mayo, aunque hay productores que amplían un poco más el periodo de siembra, de abril a junio; adicionalmente, los productores del núcleo 5 aprovechan las lluvias del segundo semestre del año para sembrar también en julio-agosto (AGROSAVIA, 2017) (figura 4). Este panorama indica que la mayoría de los productores realizan las siembras dependiendo de la oferta climática del primer y segundo semestre del año.

Núcleos Caribe	Meses																	
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
1, 2, 3, 4	Siembra							Cosecha										
5	Siembra							Cosecha										

Figura 4. Representación de cronograma de siembra y cosecha de los núcleos productivos identificados en el Caribe.

Fuente: Elaboración propia

Siembra

Procesamiento de la semilla: las estacas (cangres) deben provenir de tallos (varas) de plantas sanas y fisiológicamente maduras (9-12 meses). Para evitar la dispersión de enfermedades, se recomienda extraer las plantas madre completas, con el fin de supervisar el buen estado sanitario de las raíces. Los cangres o estacas se deben cortar utilizando una sierra circular o segueta, con ángulo de corte redondo, de forma que las estacas queden de 20 cm o contengan al menos seis nudos. Una vez las estacas están cortadas, se procede a su desinfección sumergiéndolas por diez minutos en una mezcla de un fungicida (oxicloruro de cobre en dosis de 2 g/L) y un insecticida (ingrediente activo en dosis de 2 cc/L) (figura 5). Después de los diez minutos, se deja escurrir las estacas a la sombra. Para el caso del sistema de siembra mecanizado, dos operarios introducen los tallos completos (varas) en la sembradora, y esta corta las estacas.



Figura 5. Productor desinfectando estacas de yuca.

Foto: Sol Mara Regino Hernández

Posición de la estaca: en la región Caribe, los productores siembran las estacas en posición vertical, con el fin de promover el enraizamiento y la brotación (Ospina et al., 2002). Por otro lado, cuando la siembra es mecanizada, la posición de la estaca es horizontal, ya que así es el mecanismo de la sembradora.

Siembra manual: este proceso consiste en alimentar o repartir las estacas a lo largo del surco, mientras que otros operarios se encargan de plantar las estacas de manera vertical, según la posición de las yemas, introduciéndolas unos 5-10 cm en el suelo (figura 6). La eficiencia de esta labor depende de la habilidad del operario y la buena preparación del terreno.



Figura 6. Siembra manual de estacas de yuca en suelo plano.

Foto: Sol Mara Regino Hernández

Siembra semimecanizada: las sembradoras de yuca semimecanizadas pueden alcanzar un rendimiento de labor aproximado de 6 ha/día (Ospina et al., 2002), aunque su eficiencia está ligada a la topografía, una buena preparación del suelo, la potencia del tractor y la pericia de los operadores. Las sembradoras sencillas garantizan su operatividad en campo siempre y cuando un operario calibre la distancia entre surcos y unifique el tamaño de las estacas. Los tallos de yuca (varas), previamente desinfectados, son dispuestos por dos operarios en un dispositivo de la sembradora que los corta para generar las estacas (semillas); luego, con su disco doble, la sembradora hace el surco en la línea de siembra, donde va depositando las estacas horizontalmente, y con la ayuda de un patín las tapa y compacta el suelo sobre estas (figura 7).



Figura 7. Sembradora semimecanizada de yuca.

Foto: Sol Mara Regino Hernández

Densidad óptima

El espaciamiento entre plantas y entre surcos depende de factores como la arquitectura de la planta, la topografía del terreno, el sistema de siembra y el mercado al que va destinada la producción de las raíces, entre otros. Generalmente, en Colombia se usa una distancia de siembra de 1 m entre plantas y 1 m entre surcos; sin embargo, en estudios realizados por AGROSAVIA (2017) se ha definido un marco de plantación para las variedades industriales de 1 m de distancia entre surcos y 0,76 m entre plantas, con lo que se alcanza una densidad de siembra de 13.000 plantas/ha.

Manejo de malezas

Las arvenses o plantas no deseadas representan un problema de importancia en la mayoría de los cultivos de tipo comercial, y en el caso del cultivo de la yuca suelen ser un factor determinante en el desarrollo de la planta, lo que se ve reflejado en el rendimiento. Aunque este cultivo puede ser

considerado como de alta rusticidad, su tasa de crecimiento durante los primeros 60 días no le permite competir adecuadamente contra las malezas, y se ha evidenciado que los rendimientos pueden llegar a reducirse hasta en un 50% en comparación con cultivos con un buen manejo de malezas durante todo su ciclo productivo (Calle, 2002).

Métodos de control: existen diversos métodos de control de malezas:

- 1) Control cultural: se fundamenta en la selección adecuada del cultivar y en el uso de semilla de buena calidad, para evitar baja brotación por unidad de área, pues se generan espacios entre plantas y entre surcos que pueden ser poblados por las malezas.
- 2) Control manual: se realiza deshierbe hasta el cierre de las calles.
- 3) Control mecánico: se utilizan herramientas como guadañas.
- 4) Control químico: este método consiste en la utilización de herbicidas preemergentes y posembrantes; con la aplicación de estas moléculas químicas se busca impedir el desarrollo e incremento de las malezas por un periodo de 45-50 días, etapa en la cual el follaje de la yuca aún no ha cerrado los surcos. Este método es el más usado para cultivos comerciales, en combinación con el control mecánico.

Por otra parte, los primeros tres meses después de la siembra corresponden al periodo crítico para el control de malezas. Para el establecimiento del cultivo en todas las variedades existentes, se recomienda un único control preemergente de malezas en el momento de la siembra, con la ayuda de productos que eviten la emergencia de las semillas de malezas por vía de raíz e hipocótilo, estableciendo un sello en el suelo. Para garantizar la efectividad de estos herbicidas, el suelo debe tener una adecuada porosidad, la cual se consigue con una buena labranza, al igual que una buena humedad. En variedades de uso industrial se han obtenido resultados positivos con una mezcla de varios herbicidas para control de hoja ancha y angosta. La mezcla lleva diurón (0,5-1 kg/ha) y metolaclo (1-2 L/ha), y adicionalmente se añade glifosato para eliminar las malezas que hayan emergido y no sean muy visibles. Cabe resaltar que esta práctica debe realizarse antes de la siembra para evitar toxicidad en el cultivo.

En términos generales, estas mezclas de herbicidas preemergentes pueden ejercer un control por 35-40 DDS, tiempo después del cual se recomienda una limpieza manual a machete, ya que la altura del cultivo de yuca aún puede

ser baja. Finalmente, se pueden realizar aplicaciones dirigidas de glufosinato de amonio, que brinda una acción específica para el control de arvenses de hoja angosta (tipo pastos), con lo cual se puede mantener un buen control de malezas hasta que se dé el traslape del follaje entre las plantas, que ayuda a evitar el crecimiento de las malezas por falta de luminosidad.

En la tabla 6 se muestran los resultados de evaluaciones de diferentes herbicidas para el cultivo de yuca en las subregiones del Valle del Sinú y el Valle del Cesar, estudiados durante el periodo 2016-2017 en variedades para uso industrial (amargas). En la tabla se muestran diferencias estadísticamente significativas para las subregiones del Valle del Sinú y el Valle del Cesar. Las mejores producciones se observaron con las aplicaciones de herbicidas en preemergencia, con el uso de la mezcla metolacloro + atrazina, en el Valle del Sinú (31.073 kg/ha) y el Valle del Cesar (51.100 kg/ha). Los resultados arrojados en posemergencia fueron similares a los de preemergencia, y la mejor producción se obtuvo con glufosinato de amonio, con valores de 30.818 kg/ha en el Valle del Sinú, y 50.700 kg/ha en el Valle del Cesar. Estos resultados guardan mucha semejanza con otros estudios realizados en el estado de Zulia, Venezuela, donde también se evaluaron diferentes tipos de herbicidas preemergentes y se hallaron diferencias estadísticas significativas en los rendimientos de los tratamientos utilizados (Gutiérrez et al., 2008).

Tabla 6. Valores promedio de tres repeticiones de los tratamientos evaluados en la cosecha

Tratamiento	Producción (kg/ha)	
	Valle del Sinú	Valle del Cesar
T1 Linurón + pendimetalina	31.740	39.900 b
T2 Oxadiazón + diurón	32.353	62.000 a
T3 Metolacloro + atrazina	31.073	51.100 ab
T4 Fluazifop	24.493	43.400 ab
T5 Haloxifop	23.747	44.900 ab
T6 Glufosinato de amonio	30.818	50.700 ab
T7 Testigo	28.287	40.300 b
Diferencia significativa	n. s.	s.
Coefficiente de variación	24,5%	20,2%

n. s.: no significativo; s: significativo

Fuente: Elaboración propia

Utilizando productos como fluazifop y haloxifop, que son herbicidas selectivos (solo controlan malezas gramíneas) de aplicación posemergente, se obtuvieron producciones bajas tanto en el Valle del Sinú (24.493 kg/ha y 23.747 kg/ha, respectivamente) como en el Valle del Cesar (43.400 kg/ha y 44.900 kg/ha, respectivamente), dado que, a pesar de ser herbicidas selectivos para el cultivo de yuca, son graminicidas, es decir, solo controlan plantas de hoja angosta, por lo que no atacan al resto de malezas de hoja ancha presentes en el cultivo, las cuales afectan significativamente al competir por agua, luz, nutrientes, etc. Según Calle (2002), los productores que no aplican herbicidas preemergentes al cultivo de yuca tienen que afrontar altas infestaciones de malezas en el cultivo y recurrir a herbicidas posemergentes o, en su defecto, a controles manuales, lo que aumenta los costos de manejo del cultivo. Por otro lado, se recomienda realizar un manejo integrado de las arvenses, ya que los herbicidas preemergentes las controlan hasta por 50 días, tiempo en el cual el follaje de la yuca aún no se ha traslapado, y por tanto se debe recurrir a varios controles posemergentes (Calle, 2002).

Así mismo, se pudo evidenciar que los herbicidas en mezcla (como la de metolacoloro + atrazina), usados en preemergencia, no causaron efectos fitotóxicos al cultivo de yuca en las dos localidades sometidas a estudio, así como tampoco los herbicidas fluazifop y haloxifop, utilizados en posemergencia, que se consideran herbicidas selectivos para este cultivo. El herbicida glufosinato de amonio, usado también en posemergencia de manera dirigida, tampoco causa efecto perjudicial a la planta, siempre y cuando se aplique correctamente.

Conociendo estos resultados, no se descarta que algunos herbicidas preemergentes y posemergentes puedan afectar el rendimiento, pero también se deben considerar ciertos factores, como el producto que se usa, y en el caso de los preemergentes es de vital importancia conocer la textura del suelo para utilizar la dosis adecuada y minimizar este tipo de consecuencias. Por ejemplo, los preemergentes del tratamiento 1 (linurón + pendimetalina) en el Valle del Sinú y los del tratamiento 2 (oxadiazón + diurón) en el Valle del Cesar afectaron la producción de yuca. El tratamiento 2 afectó al cultivo en el Valle del Cesar, pero no en el Valle del Sinú, debido a la clase textural del suelo (francoarenoso).

Las tablas 7 y 8 ilustran los índices de fitotoxicidad de cada tratamiento. De acuerdo con los resultados, los herbicidas preemergentes utilizados en el experimento mostraron un bajo grado de toxicidad al final del estudio, siendo el tratamiento 1 (linurón + pendimetalina) el causante de mayor toxicidad al inicio de la evaluación en ambas localidades. En cuanto a la mezcla oxadiazón + diurón, en el Valle del Cesar arrojó un índice de 3 a los 14 días y de 5 a los 60 días, y se pudo observar que en este caso los síntomas de fitotoxicidad finalmente desaparecieron, pero complicaron la producción del cultivo.

Para el caso de los herbicidas posemergentes, se puede afirmar que el tratamiento 6 (glufosinato de amonio) causa una toxicidad mínima 8 días después de la aplicación y que, para este herbicida en particular, los resultados dependerán en su totalidad de la experiencia de la persona que realice la aplicación; además, las plantas se recuperan a partir de los 30 días. Los productos fluazifop y haloxyfop, por su parte, no generaron ningún tipo de daño fitotóxico en ninguna de las dos localidades evaluadas.

Tabla 7. Grado de toxicidad en las plantas de yuca, según la escala utilizada, en los diferentes tratamientos de herbicidas usados en preemergencia

Tratamiento	14 DDA		30 DDA		40 DDA		60 DDA	
	Valle del Sinú	Valle del Cesar	Valle del Sinú	Valle del Cesar	Valle del Sinú	Valle del Cesar	Valle del Sinú	Valle del Cesar
T1	3.3	1	3.3	2	3	3	3	3
T2	4	3	4	4	5	5	5	5
T3	5	3	5	3	5	4	5	5

DDA: días después de aplicación.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Grado de toxicidad en las plantas de yuca, según la escala utilizada, en los diferentes tratamientos de herbicidas usados en posemergencia

Tratamiento	1 DDA		7 DDA		15 DDA		30 DDA	
	Valle del Sinú	Valle del Cesar	Valle del Sinú	Valle del Cesar	Valle del Sinú	Valle del Cesar	Valle del Sinú	Valle del Cesar
T4	5	5	5	3	5	5	5	5
T5	5	5	5	4	5	5	5	5
T6	4,1	5	3,7	3	3,7	4	4	5

Fuente: Elaboración propia

Para el manejo de malezas en el cultivo, se hace necesaria la utilización de estas mezclas de herbicidas preemergentes, pues así se garantiza su control total en el primer mes del cultivo; además, de no realizarse esta actividad, los costos de producción se incrementarían de manera significativa con otro tipo de técnicas (manuales). Por otro lado, se hace necesario conocer el tipo de malezas presentes en el lote para tomar la mejor decisión en cuanto a la mezcla de herbicidas disponibles en el mercado. Para el caso de los herbicidas selectivos (graminicidas), se puede presentar el caso de que no haya gramíneas en el lote, por lo que no se ameritaría su utilización, así como también se puede presentar un escenario de alta incidencia de malezas ciperáceas, para lo cual se haría necesario acudir a herbicidas con características muy específicas para este tipo de malezas, como halosulfurón-metil, que son selectivos para el cultivo de la yuca y efectúan un control muy eficaz. El manejo de herbicidas químicos debe estar sujeto a las recomendaciones de un asistente técnico o extensionista rural, y su aplicación debe realizarse en el momento adecuado para evitar altas dosificaciones o aplicaciones frecuentes. En general, el uso de insumos químicos debe ser racionalizado para evitar efectos secundarios sobre el ambiente.

Capítulo 3.

Reconocimiento y manejo integrado de enfermedades y plagas

Aspectos generales

La yuca es un cultivo eficiente en la producción de carbohidratos, se adapta a una amplia gama de entornos, tolera la sequía y requiere de menos mano de obra que otros cultivos (De Olanda Souza et al., 2022). Sin embargo, la producción de yuca enfrenta serias limitaciones, entre las cuales se incluyen el deterioro fisiológico de las raíces reservantes durante la poscosecha; bajos rendimientos por insumos limitados, como fertilizantes, pesticidas y herbicidas, y alta susceptibilidad de los genotipos a una variedad de enfermedades y plagas que ocasionan daños económicos y reducen de forma drástica los rendimientos de la yuca (Rwegasira & Rey, 2012).

Los problemas patológicos y entomológicos asociados a la producción de yuca pueden llegar a ser de gran importancia económica, aunque en muchas ocasiones pasan desapercibidos. Debido a su largo ciclo de crecimiento (8-24 meses), las plantas de yuca están expuestas al ataque de muchas plagas y enfermedades y a las variables condiciones climáticas y edáficas de cada región durante su ciclo de crecimiento, lo cual disminuye la calidad de las raíces y los rendimientos (Graziosi et al., 2016). El control de estos problemas durante la temporada de crecimiento puede ser muy costoso, por lo que el agricultor debe dar prioridad a su prevención antes que a su control.

Las enfermedades que afectan a la yuca pueden ser ocasionadas por agentes bacterianos, fúngicos, virales, micoplasmas y fitoplasmas, los cuales pueden causar pérdidas desde el establecimiento de los cultivos al disminuir el vigor normal de la planta, reducir la capacidad fotosintética o causar la putrefacción de las raíces antes o después de la cosecha. También pueden

invadir el sistema vascular, sin causar daños visibles, pero constituyendo fuentes primarias de infección en las plantaciones (Álvarez et al., 2013). Otros patógenos atacan los tejidos foliares y las partes tiernas del tallo de la planta, causando su muerte. Por su parte, los artrópodos plaga de mayor importancia económica asociados al cultivo de yuca corresponden a ácaros, hemípteros y algunos lepidópteros. Los daños causados son indirectos y obedecen a que los insectos se alimentan de los tejidos foliares o las estacas, reduciendo el área foliar y la actividad fotosintética. Los ataques prolongados de estos insectos (3-6 meses) pueden reducir el rendimiento de las raíces. Muchos de estos insectos presentan especificidad para el cultivo y están adaptados a las defensas bioquímicas naturales de la planta, que incluyen componentes laticíferos y cianogénicos (Bellotti et al., 2012).

Las pérdidas resultantes de las enfermedades y plagas de la yuca no son simplemente un problema agrícola, sino que representan una grave amenaza para la seguridad alimentaria y los medios de subsistencia de millones de personas. La aplicación de estrategias agronómicas y sanitarias destinadas a la prevención de plagas y a la mejora del cultivo dará lugar, sin duda, a una cosecha satisfactoria y a un uso sostenible y ecoeficiente de los recursos naturales.

Conceptos generales

Enfermedad: alteración fisiológica en las células y tejidos de la planta causada por el ataque de agentes bióticos o condiciones ambientales adversas que dan origen a la aparición de diferentes síntomas en la planta hospedante. La enfermedad es un estado que induce cambios en el comportamiento y desarrollo de las plantas. Dichos cambios conducen a la alteración parcial o muerte de la planta o de algunos de sus órganos (Agrios, 2007).

Tipos de enfermedades: las plantas de yuca pueden ser afectadas por diferentes tipos de enfermedades. A continuación se detallan las de mayor relevancia:

- **Enfermedades bióticas:** este tipo de enfermedades son ocasionadas por agentes patogénicos como hongos, bacterias, virus, micoplasmas, nematodos, entre otros. Tienen la capacidad de causar infección e invasión en las plantas y conllevar pérdidas considerables bajo condiciones ambientales favorables (Agrios, 2007).

- Enfermedades abióticas: son causadas principalmente por factores ambientales adversos, como temperaturas altas o muy bajas, falta o exceso de luz o humedad, deficiencia de nutrientes y prácticas agrícolas inadecuadas (Agrios, 2007).

Agente causal de enfermedades: hace referencia al organismo patogénico e infeccioso de tipo fúngico, viral o bacteriano encargado de ocasionar una enfermedad en una planta (Agrios, 2007).

Manejo integrado de enfermedades: combinación de diferentes prácticas y métodos de manejo de una enfermedad que permiten reducir las poblaciones de organismos patógenos, con el fin de no ocasionar daños o pérdidas económicas (Achicanoy López, 2001).

Plagas de cultivos agrícolas: insectos causantes de daños directos en la producción comercial de plantas. Los insectos plaga en la yuca corresponden a ácaros, moscas blancas, gusanos, entre otros, los cuales, al alimentarse de los órganos vegetales de las plantas de yuca, causan reducciones en el rendimiento del cultivo.

Enfermedades asociadas al cultivo de yuca y prácticas de manejo integrado

Enfermedades infecciosas causadas por hongos

Los diferentes órganos (hojas, tallos y raíces) de las plantas de yuca pueden ser afectados durante su ciclo de crecimiento y desarrollo por muchos agentes patogénicos de origen fúngico, cuya distribución e importancia económica depende de factores ambientales y del grado de resistencia de los genotipos.

Las enfermedades causadas por hongos, que dan origen a manchas foliares, necrosis en tallos y pudriciones a nivel radicular, se presentan con gran frecuencia y pueden causar grandes pérdidas en rendimiento.

A continuación se relacionan las principales enfermedades causadas por hongos que afectan la yuca, los agentes causales y los síntomas ocasionados en los órganos vegetales que permiten su diagnóstico y reconocimiento, y se sugieren algunas prácticas de manejo agronómico viables para el manejo integrado.

Mancha parda de la hoja

Importancia y distribución: esta enfermedad foliar es considerada la más importante debido a su amplia distribución geográfica y sus hospederos. Bajo condiciones favorables, puede ocasionar defoliación en genotipos susceptibles y pérdidas en rendimiento de hasta un 20% (Wydra & Verdier, 2002).

Agente causal: la mancha parda es ocasionada por el hongo *Cercospora henningsii* (Allescher) y su estado perfecto corresponde a *Mycosphaerella manihotis* (Álvarez et al., 2012).

Síntomas: los síntomas de esta enfermedad se caracterizan por manchas inicialmente pequeñas, amarillentas y redondeadas que varían en el tamaño del diámetro (2-12 mm). Las manchas se vuelven de color marrón rojizo, con forma angular, y quedan limitadas por las nervaduras. En el haz, las manchas presentan centro de color café oscuro, borde de color café rojizo, bien definido, y en algunas ocasiones presentan un halo de color amarillo (figura 8a). En el envés de la hoja, las manchas en el centro presentan una coloración grisácea (figura 8b) debido a la presencia de los cuerpos fructíferos del hongo (figura 8c). Las venas que se encuentran dentro del área necrótica presentan color negro. Con el avance de la infección y colonización del hongo, las hojas afectadas se vuelven amarillas (figura 8d), se secan y se caen (Wydra & Verdier, 2002).

Los síntomas de la enfermedad suelen aparecer inicialmente en las hojas bajas de las plantas; posteriormente, la enfermedad se desplaza hacia el tercio medio, y algunas lesiones pueden aparecer en las partes apicales de la planta. Posiblemente este patrón de distribución en la planta esté relacionado con la madurez fisiológica de las hojas de yuca, en las cuales al hongo se le facilita realizar el proceso de penetración e infección.

Condiciones favorables: el desarrollo del ciclo primario y secundario de la enfermedad se ve favorecido por condiciones de alta humedad relativa y

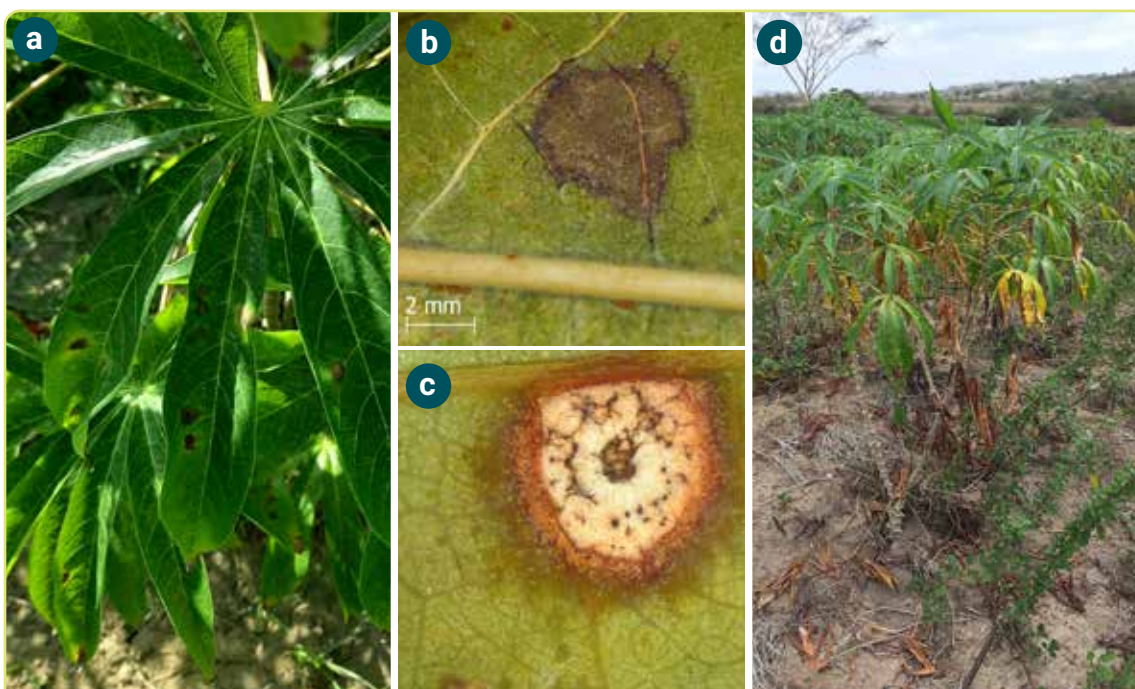


Figura 8. Síntomas de la mancha parda en hojas de yuca. a. Manchas angulares marrones en el haz de las hojas; b. Manchas angulares con centro grisáceo en el envés de las hojas; c. Cuerpos fructíferos del hongo; d. Amarillamiento de hojas.

Fotos: Lily Lorena Luna Castellanos

temperaturas altas. Durante la época lluviosa, la enfermedad se propaga fácilmente entre las plantas debido a que las gotas de lluvia transportan los cuerpos fructíferos del hongo a nuevos tejidos susceptibles.

Manejo integrado de la enfermedad: para realizar un manejo adecuado de la mancha parda en yuca, se deben tener en cuenta varios factores, entre los que se destacan las condiciones climáticas, el estadio fenológico de la planta y los niveles de incidencia y severidad de la enfermedad.

La mancha parda se puede manejar haciendo uso de variedades resistentes, llevando a cabo prácticas culturales tendientes a la disminución de la humedad relativa y empleando fungicidas protectantes a base de cobre. Para infecciones severas, los fungicidas sistémicos pertenecientes a los grupos de los triazoles, las estrobilurinas y los bencimidazoles se han utilizado con éxito para controlar enfermedades causadas por cercosporoides en diferentes cultivos. La molécula fúngica flutriafol ha demostrado gran

eficacia para reducir la gravedad de la enfermedad tanto en condiciones de invernadero como de campo (Julião et al., 2020).

Añublo pardo fungoso o mancha café grande

Importancia y distribución: la enfermedad se encuentra distribuida en zonas cálidas de Brasil y Colombia. El patógeno causa infecciones en zonas geográficas donde prevalece la incidencia de la mancha parda y puede causar defoliaciones severas (mayores al 30 %) bajo condiciones ambientales favorables y sobre genotipos de yuca susceptibles (Álvarez et al., 2012).

Agente causal: la enfermedad conocida como añublo pardo fungoso es ocasionada por el hongo *Cercospora vicosae*, el cual ha sido reportado como un hongo específico del género *Manihot* spp. (Chupp, 1953).

Síntomas: los síntomas característicos de la enfermedad, asociados a manchas de color marrón, se encuentran frecuentemente en los ápices de las hojas, en los bordes de los lóbulos foliares o a lo largo de la nervadura central o de otras venas secundarias. El añublo pardo fungoso se caracteriza por la presencia de una mancha marrón grande y sin bordes definidos que cubre una quinta parte o más del lóbulo foliar (figura 9). La mancha tiene un color marrón uniforme en el haz, mientras que en el envés es marrón pero con centro de fondo grisáceo, debido a la presencia de conidias y conidióforos del hongo (Álvarez et al., 2012). En algunas ocasiones es posible observar la presencia de un halo amarillo rodeando la lesión.

Mientras la enfermedad progresa, las hojas se vuelven amarillas, se secan y se caen. La severidad de la enfermedad es mayor a partir de los seis meses de edad fisiológica de la planta. La ocurrencia de la enfermedad ha sido detectada principalmente en hojas bajas y del tercio medio.

Condiciones favorables: la incidencia y severidad de la enfermedad se ve favorecida por condiciones de alta humedad relativa y lluvias frecuentes, las cuales, en conjunto con la acción del viento, ayudan a la diseminación de *C. vicosae*.

Manejo integrado de la enfermedad: para el manejo adecuado de la enfermedad, se recomienda realizar monitoreo rutinario del cultivo, además de emplear prácticas de cultivo culturales tendientes a su prevención,



Figura 9. Síntomas del añublo pardo fungoso en hojas del genotipo Corpoica Belloti.

Fotos: Lily Lorena Luna Castellanos

como es el uso de densidades de siembra adecuadas para disminuir la humedad relativa en la plantación.

Mancha blanca de la hoja de yuca

Importancia y distribución: la enfermedad conocida como mancha blanca de la hoja de yuca se encuentra distribuida principalmente en zonas geográficas de alta humedad relativa y puede conducir a pérdidas considerables en rendimiento debido a la defoliación causada en los genotipos susceptibles.

Agente causal: el hongo causante de la enfermedad es producido por *Cercospora caribaea*.

Síntomas: las manchas causadas por *C. caribaea* son pequeñas y varían de circulares a angulares. Las lesiones presentan un centro de color blanco, borde marrón y halo amarillo en el haz de las hojas (figura 10). En el envés, el centro de las manchas tiene un aspecto aterciopelado y grisáceo durante la fructificación del patógeno (figura 11).



Figura 10. Síntomas de la mancha blanca en el haz de hojas de la variedad Corpoica Tai.

Fotos: Lily Lorena Luna Castellanos

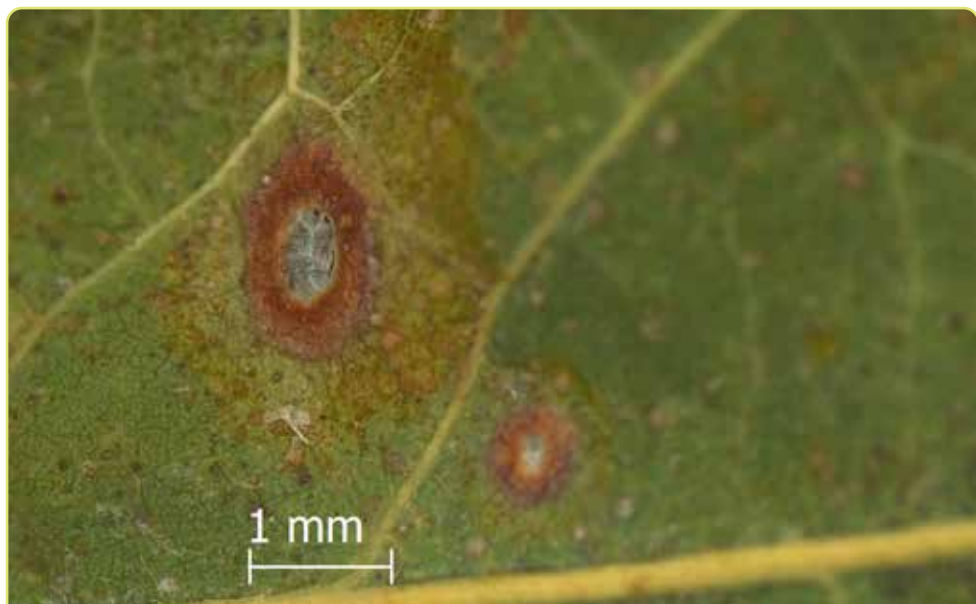


Figura 11. Síntomas de la mancha blanca con centro grisáceo en el envés de las hojas.

Fotos: Lily Lorena Luna Castellanos

Condiciones favorables: el hongo inicia el ciclo de la enfermedad de forma conjunta con el periodo lluvioso, condición ambiental que favorece la diseminación del patógeno y la infección de plantas en campo.

Manejo integrado de la enfermedad: la mancha blanca de la hoja de yuca es una enfermedad que se puede manejar haciendo uso de prácticas culturales tendientes a la disminución de la humedad relativa.

Mancha necrótica de la yuca

Importancia y distribución: la enfermedad conocida como mancha necrótica de la yuca ha sido reportada en Taiwán, India y Colombia, en variedades susceptibles a la enfermedad (Chen & Lee, 1979).

Agente causal: la mancha necrótica de la yuca es causada por el hongo *Periconia shyamala* (Chen & Lee, 1979).

Síntomas: el hongo causa manchas necróticas (figura 12a) de tamaño variable en el ápice o borde de las hojas (figuras 12b y 12c). Las lesiones frecuentemente son de color marrón claro en el centro, con borde café rojizo bien definido y halo amarillo. En el envés, el centro de la lesión se puede apreciar de color marrón oscuro debido a la presencia de las estructuras reproductivas del patógeno (figura 12d).

Las lesiones son observables en las hojas de los tercios medio y superior de la planta de yuca al finalizar el periodo de lluvias.

Condiciones favorables: la alta humedad relativa en la superficie de las hojas de la yuca puede favorecer el desarrollo de la infección por parte de *P. shyamala* (Chen & Lee, 1979).

Manejo integrado de la enfermedad: la enfermedad no se ha registrado causando pérdidas considerables en el cultivo de yuca. Por lo tanto, se recomienda sembrar genotipos de alta calidad genética y emplear prácticas de manejo adecuadas para disminuir la sobrevivencia y diseminación del patógeno.



Figura 12. Mancha necrótica de la yuca. a. Síntomas en hojas; b. Manchas necróticas en el ápice de las hojas; c. Manchas necróticas en el borde de las hojas; d. Estructuras reproductivas del hongo.

Fotos: Lily Lorena Luna Castellanos

Enfermedades infecciosas causadas por bacterias

Durante su ciclo de crecimiento y desarrollo, las plantas de yuca pueden ser afectadas por patógenos bacterianos causantes de manchas angulares acuosas y quemazón a nivel foliar. En los genotipos de yuca industrial ha sido registrada, hasta el momento, una enfermedad bacteriana, la cual se detalla a continuación.

Añublo bacteriano de la yuca

Importancia y distribución: el añublo bacteriano de la yuca es considerado una de las principales enfermedades limitantes para la producción eficiente de yuca en las zonas tropicales, pues presenta un alto potencial devastador en variedades susceptibles. La enfermedad fue reportada por

primera vez en Brasil, en 1912, por Bondar, y luego fue identificada en diferentes países sudamericanos durante y después de la década de 1970. En África, la enfermedad y el patógeno se detectaron por primera vez en Nigeria, en 1972, y luego en varios países subsaharianos. Hasta la fecha, se ha informado la presencia de la enfermedad en 49 países ubicados en todo el trópico (Taylor et al., 2017). En Colombia, la enfermedad ha sido diagnosticada en los Llanos Orientales y en cinco departamentos de la costa Caribe.

Agente causal: la enfermedad es causada por la bacteria *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*. La bacteria, inicialmente, coloniza la superficie de los tejidos aéreos de la yuca. Cuando las condiciones son favorables, especialmente bajo alta humedad, aumenta la multiplicación del patógeno alrededor de los tricomas, y tiene lugar la penetración de la capa externa de la hoja (Álvarez et al., 2012). La bacteria accede a la planta a través de heridas y aberturas naturales de la hoja, principalmente por los estomas adaxiales (Kemp et al., 2004). Aunque es común para otras *Xanthomonas* vasculares entrar a la planta a través de los hidátodos, se desconoce su papel en las etapas iniciales de la infección por *X. axonopodis* pv. *manihotis*. La colonización del tejido interno se acompaña de la producción de exopolisacáridos bacterianos (EPS) altamente higroscópicos, que exudan de las lesiones y luego se hidratan y transportan por las gotas de lluvia. La salpicadura de estas suspensiones bacterianas mediada por el viento y la lluvia se considera la principal vía natural de transmisión horizontal de patógenos bacterianos de una planta a otra. La bacteria puede sobrevivir en el suelo, en residuos de plantas y sobre muchas malezas de la familia Euphorbiaceae, de donde se puede diseminar. Los insectos también diseminan la enfermedad en cortas distancias.

Síntomas: el añublo bacteriano de la yuca se caracteriza por una variedad de síntomas que afectan principalmente a las hojas, los pecíolos y los tallos, lo que con frecuencia conduce a la muerte de la planta. Los primeros síntomas aparecen en el tejido de la hoja como manchas angulares translúcidas, de consistencia acuosa (figura 13a) y de color marrón-marrón oscuro, las cuales se oscurecen en etapas posteriores, y ocasionalmente están rodeadas por un halo clorótico. A medida que avanza la enfermedad, las bacterias acceden a los vasos del xilema desde el mesófilo y se desplazan hacia el tallo a través de los pecíolos, que se vuelven marrones y colapsan, lo que hace que la hoja se marchite (figura 13b). Las venas alrededor de estos puntos se decoloran y los tejidos afectados frecuentemente producen, en la parte inferior de la hoja, exudados de color blanco cremoso y luego amarillo-naranja. El

tizón resulta de la coalescencia de las manchas, que crea áreas necróticas que se secan y rizan los folíolos, dando el aspecto de una quemadura superficial (figura 13c). La colonización de vasos en el tallo permite que la bacteria se mueva sistémicamente hacia arriba y hacia abajo. Cuando la infección alcanza la parte superior de la planta, donde los tejidos del tallo son más verdes y menos lignificados, la pudrición del tallo (figura 13d) conduce a la muerte regresiva, caracterizada por el marchitamiento del ápice de los brotes (figuras 13b y 13c). Los síntomas se presentan a los 11-13 días después de la infección de la bacteria (Zárate-Chaves et al., 2021).



Figura 13. Síntomas del añublo bacteriano de la yuca. a. Manchas angulares translúcidas en plantas pequeñas; b. Marchitez de las hojas; c. Necrosis en las hojas por efecto de la coalescencia de las manchas; d. Necrosis del tallo.

Fotos: Jorge Luis García Herazo

Condiciones favorables: el añublo bacteriano de la yuca puede tener una alta incidencia y severidad en suelos de texturas arcillosas, con mal drenaje y bajo condiciones de alta pluviosidad (Maraite & Perreaux, 1979).

Manejo integrado de la enfermedad: el manejo eficiente del añublo bacteriano se basa en tres pilares principales: controles sanitarios, prácticas culturales y uso de variedades tolerantes o resistentes.

El uso de variedades tolerantes o resistentes se considera la principal solución para el manejo de la enfermedad. Se han identificado varios genotipos con resistencia a diversos patovares de la bacteria (Álvarez et al., 2012).

Las prácticas culturales para el manejo del añublo bacteriano incluyen la rotación del cultivo con maíz o sorgo, los cultivos intercalados, el barbecho, la eliminación o el entierro de los restos de cultivos, el manejo de malezas, la siembra retrasada (al final de la temporada de lluvias) y el uso de materiales propagativos limpios. La rotación de cultivos y el barbecho tienen como objetivo agotar las fuentes de inóculo del patógeno a lo largo del tiempo, y se considera que son efectivos para amortiguar el impacto del añublo bacteriano en ciclos de cultivo sucesivos (Lozano, 1986; Persley & Crosse, 1978). Debido a que las malezas son reservorios del patógeno, se recomienda encarecidamente su manejo durante todo el ciclo del cultivo, así como el tratamiento de los desechos antes de la siembra. Usualmente, la siembra durante la segunda mitad de la temporada de lluvias disminuye la incidencia y severidad de la enfermedad, mientras mantiene o mejora los rendimientos (Zinsou et al., 2004).

Adicionalmente, se recomienda, para un manejo eficiente de la enfermedad, sembrar material vegetal proveniente de plantaciones sanas, realizar desinfección química de los cangres de yuca con una solución de caldo bordelés (sulfato de cobre, cal hidratada y agua), realizar fertilización oportuna de las plantas y evitar la diseminación del inóculo de la bacteria con el movimiento de personas, máquinas y animales de lotes afectados a lotes sanos (Trujillo et al., 2014).

Enfermedades infecciosas causadas por virus

Asociados a plantas de yuca se han registrado varios síntomas, entre los que se incluyen mosaicos en las hojas, aclaramiento de las venas, moteados, manchas anulares, distorsiones en las hojas y falta de desarrollo y deformación de raíces almacenadoras. Algunos virus han sido identificados y asociados con estos síntomas, mientras que otros han sido reportados en plantas asintomáticas o con infecciones latentes (Carvajal-Yepes et al., 2014).

Mosaico común de la yuca

Importancia y distribución: el virus del mosaico común de la yuca (CsCMD, por sus siglas en inglés) se ha presentado en varias regiones de América del Sur, como Colombia, Brasil y Paraguay (Carvajal-Yepes et al., 2014), últimos dos países donde la enfermedad ha ocasionado pérdidas considerables. De igual forma, se han generado reportes del virus en África y Asia.

Agente causal: el CsCMD es producido por un virus de la familia *Alphaflexiviridae* y del género *Potexvirus* (Silva et al., 1963). El virus infecta de manera sistémica la planta de yuca, se transmite de forma mecánica y no requiere de un agente vector para su diseminación (Calvert et al., 1996).

Síntomas: la infección por el virus de forma sistémica puede ocasionar mosaico y clorosis en las hojas (figura 14). En algunas plantas se han observado hojas de reducido tamaño, verdes claras y oscuras, delimitadas por las nervaduras (Zanini et al., 2021).



Figura 14. Síntomas del virus del mosaico común de la yuca.

Foto: Lily Lorena Luna Castellanos

Manejo integrado de la enfermedad: las medidas de manejo recomendadas para el virus están encaminadas a la evasión y erradicación de la enfermedad viral en la plantación. En las primeras etapas de crecimiento del cultivo, se pueden identificar plantas con síntomas virales, las cuales se deben eliminar del campo. Cuando los síntomas son observados en edades avanzadas del cultivo, las plantas deben ser marcadas y los tallos, quemados, después de cosechar las raíces. Para disminuir la transmisión mecánica del virus en la plantación, se deben desinfectar las herramientas utilizadas durante el corte. Además, las semillas seleccionadas para la siembra deben provenir de plantas sanas, libres del ataque del virus (Fauquet & Fargette, 1990).

Enfermedades infecciosas causadas por fitoplasmas y virus

En el cultivo de la yuca pueden aparecer infecciones en las plantas producto de la acción conjunta de fitoplasmas y virus, las cuales ocasionan el deterioro fisiológico de la raíz reservante y pérdidas económicas significativas al productor. La enfermedad más devastadora ocasionada por estos patógenos se detalla a continuación.

Cuero de sapo en yuca

Importancia y distribución: el cuero de sapo es una de las enfermedades más perjudiciales para la producción eficiente de yuca en el mundo, pues cuenta con un alto potencial devastador (de hasta el 90% de la producción). Su centro de origen ha estado relacionado con la región amazónica de Brasil y Colombia, donde ha ocasionado afectaciones en varias variedades de yuca. En Colombia, la enfermedad fue descrita inicialmente en el departamento del Cauca (Monger et al., 2001). La enfermedad ha sido reportada en otros países de América, como Costa Rica, Panamá, Perú y Venezuela.

Agente causal: inicialmente, para los años 90, el agente causal de la enfermedad estuvo asociado a partículas virales presentes en tejidos foliares, pecíolos, tallos y raíces de plantas afectadas (Cuervo, 1990). Con el desarrollo y estandarización de técnicas moleculares de reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real (RT-PCR), hibridación y clonación de ADNc,

la enfermedad ha sido relacionada con un virus del grupo de los reovirus (*cassava frogskin-associated virus* [CsFSaV, por sus siglas en inglés]) y con diferentes cepas o variables genéticas (Calvert et al., 2008; Cuervo, 2006). Adicionalmente, se determinó la presencia de un fitoplasma del grupo 16 SrIII, asociado a esta enfermedad (Álvarez et al., 2009). En 2014 se detectaron, en plantas con síntomas típicos de la enfermedad, además del CsFSaV, otros tres tipos de virus diferentes, correspondientes a *cassava new alphaflexivirus* (CsNAV), *cassava polero-like virus* (CsPLV) y *cassava torrado-like virus* (CsTLV) (Carvajal-Yepes et al., 2014).

Síntomas: los síntomas producidos por la enfermedad del cuero de sapo varían de acuerdo con el genotipo y las condiciones ambientales, como la temperatura. Los síntomas, en la gran mayoría de las variedades, solo son observables en el momento de la cosecha, en las raíces reservantes de la planta. Frecuentemente no se manifiestan síntomas por la infección en ramas ni hojas, aunque en algunas variedades, como CM 6740-7 y Mcol 2063, se han observado síntomas tipo mosaico y encrespamiento de hojas durante el desarrollo de las plantas (Calvert & Cuervo, 2002).

La infección por los agentes causales produce una disminución en la acumulación de almidón en las raíces fibrosas, por lo que quedan delgadas (figura 15).



Figura 15. Deformación de raíces de yuca por cuero de sapo.

Foto: Shirley Patricia Pérez Cantero

Inicialmente, aparecen pequeñas fisuras longitudinales. A medida que las raicillas aumentan de diámetro, las fisuras tienden a cicatrizar, dando lugar a lesiones en forma de labio (figura 16a). La cáscara de las raíces toma un color opaco y presenta una textura corchosa y quebradiza que se desprende con facilidad (figura 16b).



Figura 16. Síntomas del cuero de sapo en raíces. a. Hendiduras en forma de labio; b. Raíces leñosas de cáscara gruesa y corchosa.

Fotos: Shirley Patricia Pérez Cantero

En la base del tallo de las plantas afectadas se puede apreciar un aumento del grosor producto de la falta de acumulación de almidones en las raíces reservantes (figura 17).



Figura 17. Engrosamiento de la base del tallo por cuerpo de sapo.

Foto: Shirley Patricia Pérez Cantero

Condiciones favorables: las condiciones ambientales secas tienden a inhibir el desarrollo de los síntomas, mientras que condiciones más frescas favorecen el desarrollo de la enfermedad (Calvert & Cuervo, 2002). El uso de estacas infectadas con el virus y las temperaturas favorables pueden ocasionar la diseminación rápida de la enfermedad en la plantación.

Manejo integrado de la enfermedad: la enfermedad del cuerpo de sapo en yuca requiere de la implementación de prácticas culturales y estrategias biotecnológicas y de mejoramiento genético para garantizar la disminución de la infección bajo condiciones de campo. Se recomienda establecer sistemas de vigilancia fitosanitaria y de cuarentena para prevenir la entrada de material vegetal contaminado procedente de áreas afectadas.

- Prácticas culturales: se recomienda realizar la cosecha de las plantas de forma conjunta con las raíces, para verificar la sanidad de las semillas y las raíces cosechadas. Seguidamente, se debe separar el material de siembra del resto, empleando un machete previamente desinfectado con hipoclorito de sodio al 10 %.

Otra práctica cultural de gran relevancia consiste en la eliminación de los residuos de plantas enfermas mediante la quema, lo cual garantiza la destrucción del inóculo de la enfermedad. De igual forma, se hace necesario destruir la soca con presencia de la enfermedad, para lo cual se recomienda la aplicación de un herbicida que estimule la destrucción de las partes vegetativas de la yuca (Álvarez et al., 2015).

Durante el establecimiento se debe emplear material de siembra sano, para lo cual se debe garantizar que los cangres provengan de plantas sanas. En la finca se debe destinar un lote equivalente al 10 % del área del cultivo comercial a la producción de semilla de yuca. Las plantas madre deben provenir de un proceso exhaustivo de verificación de ausencia de la enfermedad y deben estar certificadas. A partir de estas plantas, se podrá realizar la multiplicación de plantaciones de yuca (Álvarez et al., 2015).

Durante el desarrollo de la planta, las aplicaciones foliares de ácido fosforoso, hidróxido de potasio y citrato de potasio, así como la fertilización edáfica (al suelo) con cloruro de potasio (KCl), confieren tolerancia contra la enfermedad (Álvarez et al., 2015).

- Termoterapia: la sanidad del material de plantación puede ser garantizada a partir de termoterapia y cultivo *in vitro* de meristemas (Mafla et al., 1984). Esta técnica permite obtener y multiplicar material de siembra libre de patógenos y de alta calidad sanitaria (Álvarez et al., 2015).
- Genotipos resistentes a la enfermedad: bajo evaluaciones de campo, los genotipos MPER 183, para zonas altas del departamento de Cauca (de 800 a 1.000 m s. n. m.); HMC-1 y CM 4574-7, para la zona baja de Cauca, y SM 3106-5 y CM 9962-51, para la zona yuquera de la costa Caribe, han mostrado una alta tolerancia a la enfermedad (Álvarez et al., 2015).

Plagas asociadas al cultivo de yuca y prácticas de manejo integrado

La yuca es un cultivo de ciclo fenológico largo (8-12 meses) que se propaga de forma asexual mediante cangres. Dada su fenología, el establecimiento del cultivo de yuca suele realizarse en asocio con otros cultivos, lo cual favorece la presencia de insectos plaga que pueden alimentarse de los órganos vegetales de la planta (Bellotti et al., 2012).

Asociadas al cultivo de la yuca han sido registradas 200 especies de artrópodos plaga; sin embargo, un porcentaje significativo de estas especies han sido denominadas "plagas menores" debido a que sus daños no ocasionan pérdidas considerables en rendimiento. Entre este grupo de plagas menores, que causan daños esporádicos en el cultivo de la yuca, se incluyen las escamas, los saltahojas, la chisa blanca, el gusano trozador, la hormiga cortadora de hojas, la mosca de la fruta, la mosca del cogollo y las termitas. Estas plagas causan daños en el cultivo principalmente durante la época de sequía (Bellotti et al., 2012).

Otros insectos, denominados "plagas mayores", causan daños directos en la producción de yuca. Estas plagas emplean los tejidos vegetales de la planta como fuente específica de alimento, por lo que pueden causar deterioro y severas pérdidas en rendimiento. Entre este grupo se encuentran los ácaros, la mosca blanca, los trips, el gusano cachón, el piojo harinoso, las chinches de encaje, la chinche subterránea de la viruela de la yuca y los barrenadores del tallo (Bellotti et al., 2012).

En la figura 18 se muestra la ocurrencia de las plagas durante las diferentes etapas fenológicas de la planta de yuca. Es importante que durante el ciclo fenológico de la planta se realicen seguimientos fitosanitarios en la plantación, por medio de monitoreos de las poblaciones de insectos plaga, para evitar daños directos en el rendimiento.

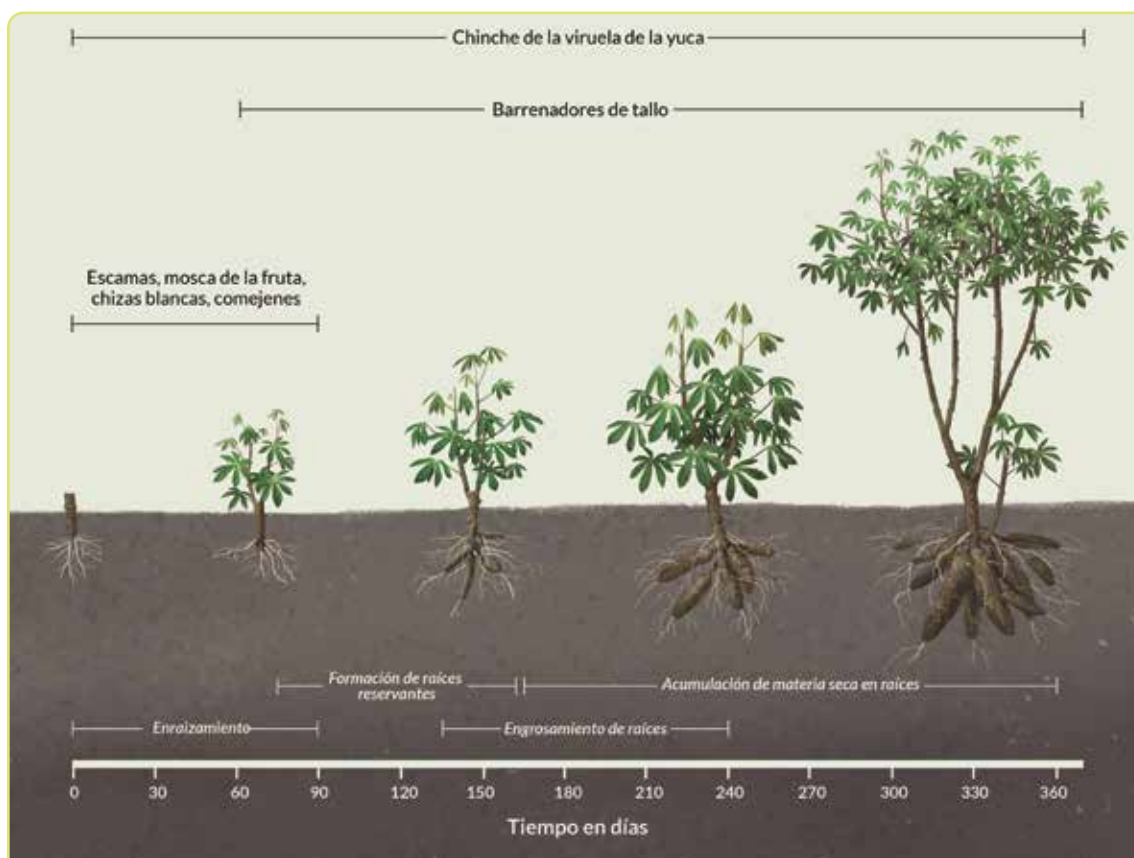


Figura 18. Ocurrencia de plagas en el cultivo de la yuca durante el ciclo fenológico.

Ilustración: Juan Felipe Martínez Tirado

A continuación se detallan las principales plagas menores y mayores que se han identificado en la costa Caribe causando daños en los órganos vegetales de la yuca.

Plagas causantes de daños en los cangres y plántulas

Chisa blanca, gallina ciega, mojoyoy o mojorro

Nombre científico: *Phyllophaga* spp., *Cyclocephala* sp. y *Anomala* sp.

Descripción del daño: las larvas de chisa en forma de C (figura 19a) localizadas alrededor de los cangres o las raíces de las plantas corresponden al estadio dañino de esta plaga. Las larvas se alimentan de la epidermis y corteza de los cangres de yuca recién sembrados, dejando únicamente la parte leñosa, lo que impide la formación de raíces y la emisión de nuevos brotes en la planta (figura 19b).

Las chisas habitan en el suelo de forma saprofita y forman túneles dentro de los cangres de yuca, dificultando la absorción y traslocación de nutrientes hacia la parte aérea de la planta. Los daños causados por este insecto pueden ocasionar reducciones en el material de siembra plantado de hasta un 95% (Bellotti & Van Schoonhoven, 1978).

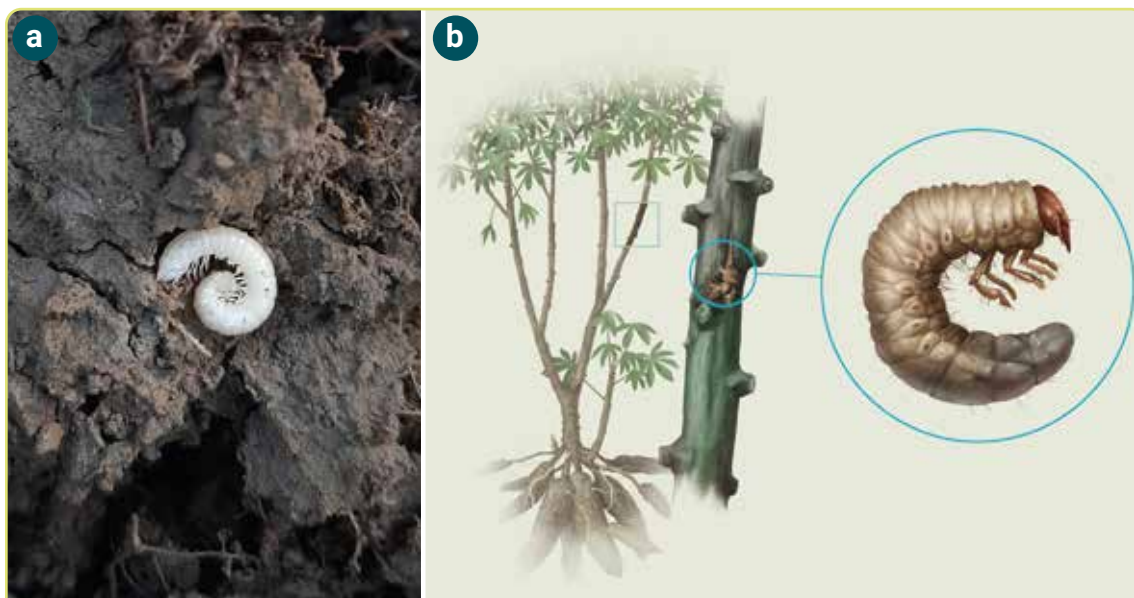


Figura 19. Chisa blanca. a. Larvas de chisas; b. Daño de chisas en cangres de yuca.

Foto: Lily Lorena Luna Castellanos. Ilustración: Juan Felipe Martínez Tirado

Manejo integrado: para disminuir la presencia de larvas en campos próximos a establecer con cultivos de yuca y prevenir ataques de chisas, se recomienda eliminar rastrojos, limpiar el terreno y prepararlo de forma mecanizada con el fin de exponer las larvas a la desecación y la acción de otros insectos con función depredadora. Previo a la siembra, se debe realizar una desinfección química de la semilla con una solución a base del insecticida fipronil (3 mL/L de agua), dejar secar a la sombra y proceder a la siembra. Si la presencia de larvas de chisas persiste durante las primeras etapas de crecimiento, se puede realizar una aplicación en *drench*, a la base de la planta, del insecticida clorpirifós (30-40 kg/ha).

Como medida de control biológico, se pueden emplear varios parasitoides, depredadores y entomopatógenos que atacan a estos insectos; los más usados son los hongos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* y la bacteria *Bacillus popilliae*, que causa la enfermedad lechosa de las chisas (Bellotti et al., 2002).

Termitas o comejenes

Nombre científico: en Colombia se han identificado las especies de termitas *Heterotermes tenuis* y *Coptotermes niger*.

Descripción del daño: las termitas se alimentan de las raíces de plantas en crecimiento (figura 20), produciendo secamiento de los tejidos y posterior pérdida de cangres sembrados en campo. En fases avanzadas del cultivo, los ataques de termitas pueden dañar las raíces engrosadas, generando orificios de entrada para patógenos que ocasionan la pudrición de la raíz reservante (Bellotti et al., 2012).

Manejo integrado: como método preventivo se recomienda realizar la desinfección de los cangres de yuca, antes de la siembra, con una solución a base del insecticida fipronil (3 mL/L de agua) y el fungicida metalaxil + mancozeb (4 g/L de agua). En caso de presentar ataques durante la fase inicial de crecimiento, se debe realizar aplicación de insecticidas en *drench* para disminuir las poblaciones de termitas y evitar pérdidas de material de siembra.



Figura 20. Termitas en estadio de soldado presentes en suelos yuqueros en fase inicial de crecimiento del cultivo.

Foto: Lily Lorena Luna Castellanos

Plagas causantes de daños en las hojas

Gusano cachón, cornudo de la yuca, vaquita o gusano cachudo

Nombre científico: *Erinnyis ello* L. (Lepidoptera: Sphingidae).

Descripción del daño: los adultos de *E. ello* ponen sus huevos de forma individual sobre el haz de las hojas de la yuca (figura 21a), y a partir de estos emergen las larvas. Las larvas del gusano cachón pueden ocasionar daño en la yuca en cualquier etapa fisiológica de la planta y en cualquier época climática del año. Las larvas (figuras 21b y 21c), en todos los instares, consumen grandes cantidades de follaje, tallos tiernos y brotes. Los ataques severos pueden ocasionar defoliación completa (figuras 21d, 21e y 21f) de la planta y pérdida del volumen de la raíz, y disminuir la calidad de esta. Los ataques de las larvas ocurren frecuentemente en hojas ubicadas en la parte apical de la planta y avanzan de arriba hacia abajo. En fases iniciales

de crecimiento, los ataques de gusano cachón pueden generar defoliación de la planta y causar pérdidas de entre el 10% y el 64%. En plantas adultas, bajo condiciones climáticas favorables, la reducción en el rendimiento puede oscilar entre el 10% y el 50% (Bellotti et al., 1983).

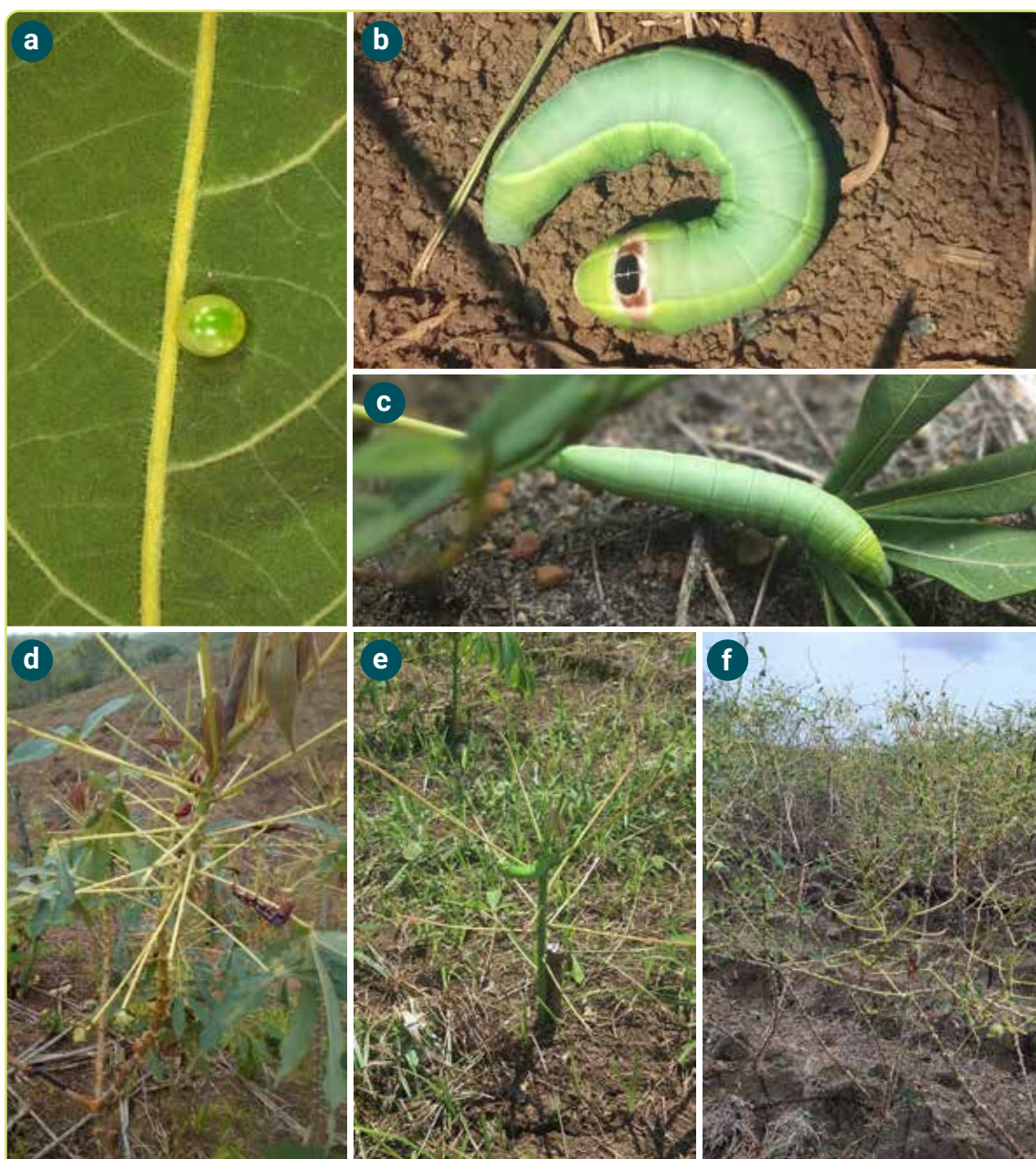


Figura 21. Gusano cachón. a. Huevo en el haz de una hoja de yuca; b y c. Larvas de gusano cachón; d, e, f. Defoliación de plantas de yuca.

Fotos: Lily Lorena Luna Castellanos y Shirley Patricia Pérez Cantero

Manejo integrado: para reducir la incidencia del gusano cachón en plantaciones de yuca, se recomienda llevar a cabo las siguientes medidas de manejo:

- Prácticas culturales: en terrenos planos se debe realizar preparación mecánica del suelo para destruir las pupas. Durante la realización de las labores de control manual de malezas, se pueden destruir las larvas o pupas con el palín de desyerbe. Otra práctica de gran relevancia y efectividad para disminuir las poblaciones de esta plaga en plantaciones pequeñas consiste en la colecta manual de las larvas y pupas. En el caso de ataques continuos del gusano cachón en una zona, se recomienda la rotación de cultivos, ya que, al desaparecer el hospedante más prolífero, disminuye la población de la plaga (Bellotti & Van Schoonhoven, 1978).
- Control biológico: para larvas de gusano cachón en instar I, II y III en densidades altas, se recomienda la aplicación de *Bacillus thuringiensis* (3 g/L agua) (Cañarte et al., 2021). También el uso del bioplaguicida Erytec, elaborado a base de un granulovirus, ha mostrado un control eficiente del gusano cachón en los cultivos de caucho natural y de yuca. Este es un producto formulado como un polvo mojable con protectores de luz ultravioleta, con una concentración mínima de 1×10^9 cuerpos de inclusión por gramo (CI/g) y compatible con agroquímicos. En evaluaciones comerciales, ha mostrado una eficacia del 80 % para el control del gusano cachón. Así mismo, se recomienda preservar la fauna benéfica, ya que se han identificado más de cuarenta especies de parásitos, depredadores y patógenos de huevos, larvas y estadios pupales del gusano cachón de la yuca en Colombia, las cuales han mostrado gran efectividad en el control de larvas (Bellotti et al., 1999). En la figura 22 se muestra el efecto causado por un parasitoide en larvas de gusano cachón.



Figura 22. Parasitoides en larvas de gusano cachón en yuca.

Foto: Shirley Patricia Pérez Cantero

Mosca de la agalla o viruela de la yuca

Nombre científico: *Jatrophobia (Iatrophobia) brasiliensis* Rübsaamen (Diptera: Cecidomyiidae).

Descripción del daño: los daños por alimentación de las larvas inducen la formación de agallas en las hojas de la yuca. Las agallas corresponden a un crecimiento anormal producto de una reacción defensiva de la planta. Las agallas suelen presentar forma cilíndrica: generalmente curva en la mitad y angosta en las puntas. Las agallas se pueden encontrar en el haz de las hojas y son de color verde, amarillo-verdoso o incluso rojo, dependiendo del genotipo de la yuca (figura 23). El principal daño causado por este insecto es la deformación de las hojas; sin embargo, no causa pérdidas económicas considerables en el rendimiento. En ataques severos, pueden presentarse síntomas de amarillamiento de las hojas, retardo en el crecimiento y presencia de raíces fibrosas y delgadas (Cañarte et al., 2021).

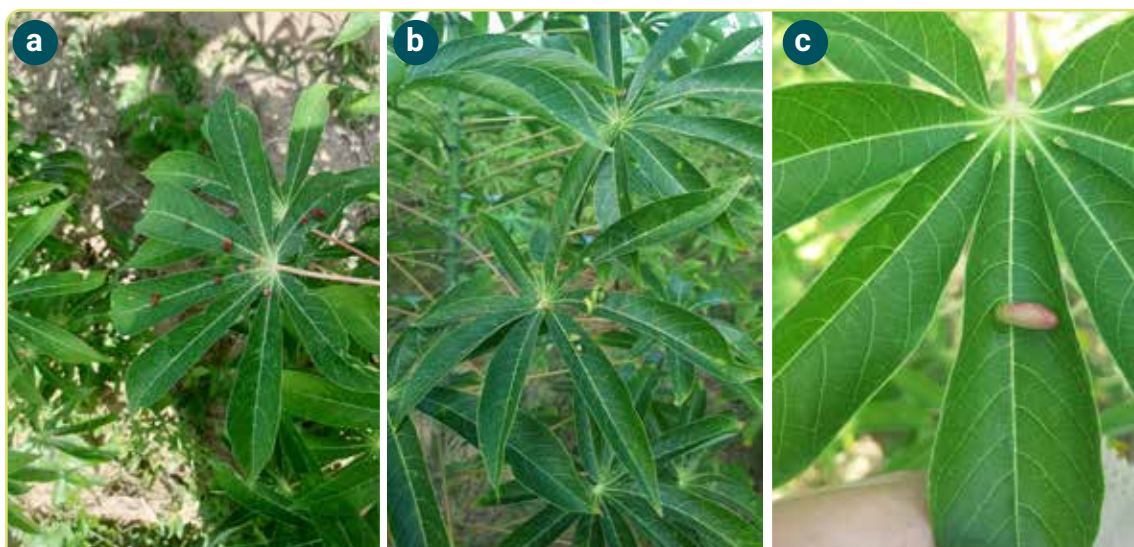


Figura 23. Agallas en la yuca. a. Agallas rojas en hojas de la variedad Agrosavia Melúa-31; b. Agallas de color amarillo-verdoso en hojas de la variedad Corpoica Belloti; c. Agallas de forma cilíndrica.

Fotos: Lily Lorena Luna Castellanos

Manejo integrado: en caso de infestaciones severas en plantas jóvenes, se recomienda eliminar manualmente las hojas infestadas (Cañarte et al., 2021). Así mismo, se hace necesario preservar la fauna benéfica de los microhimenópteros de las familias Ceraphronidae, Eulophidae (géneros *Galeopsomyia* y *Aprostocetus*), Platygastridae y Torymidae.

Moscas blancas de la yuca

Nombre científico: complejo de *Bemisia* spp., *Aleurotrachelus* spp. y *Trialeurodes* spp. (Hemiptera: Aleyrodidae).

Descripción del daño: las moscas blancas se alimentan directamente de la planta de yuca y sirven de vectores de varios virus que la atacan. Las hembras (figura 24a) ponen los huevos en el envés de las hojas ubicadas en el tercio superior de la planta; al alimentarse, succionan savia de las hojas y forman allí puntos cloróticos (figura 24b). Las ninfas (figuras 24c, 24d y 24e) y pupas (figuras 24f y 24g) generalmente se encuentran en los tercios medio e inferior de la planta y producen daños directos de alimentación.

Los daños de alimentación por los adultos y diferentes estadios de las moscas blancas pueden causar amarillamiento y secamiento de las hojas bajas y deformación, encrespamiento y moteado verde amarillento de las hojas apicales y del tercio medio de la planta (Cañarte et al., 2021). Estos trastornos en la planta ocasionan pérdida de vigor, defoliación, marchitamiento y caída prematura de hojas cubiertas por un crecimiento fungoso negro que se conoce como “fumagina”. Los daños indirectos causados por la mosca blanca implican la reducción de los procesos fotosintéticos y, por ende, de la producción de fotoasimilados, lo cual puede generar hasta un 76 % de pérdidas en rendimiento (Bellotti et al., 1983).

Manejo integrado: el manejo de esta plaga debe realizarse combinando medidas de tipo genético, biológico y prácticas culturales. Para el establecimiento de plantaciones de yuca, se debe seleccionar genotipos con resistencia varietal a la mosca y de amplia adaptabilidad a las condiciones ambientales de cada zona.

Entre las prácticas culturales recomendadas se encuentra la siembra de yuca con frijol caupí, lo cual ayudará a disminuir la presencia de huevos de las moscas. Adicionalmente, se hace necesario realizar un buen manejo agronómico del cultivo, lo que implica mantenerlo con niveles adecuados de nutrición y con bajas poblaciones de malezas durante los estadios iniciales de crecimiento, pues esto ayudará a la planta a soportar los futuros ataques de la plaga. Por otra parte, se recomienda la instalación de trampas pegajosas de color amarillo para disminuir la población de adultos en campo (Bellotti et al., 1983).

El control biológico de las moscas blancas puede realizarse empleando enemigos naturales eficientes en la reducción de las poblaciones. En Colombia se han registrado varias especies de los géneros *Encarsia*, *Eretmocerus* y *Amitus* asociadas al control de *Aleurotrachelus socialis*, *Bemisia tuberculata* y *Trialeurodes variabilis* en yuca. Además, se recomiendan aspersiones al follaje de *B. bassiana* para reducir en un 28 %, 55 % y 39 % las ninfas de *A. socialis* en los instares I, II y III, respectivamente (Bellotti et al., 1983).

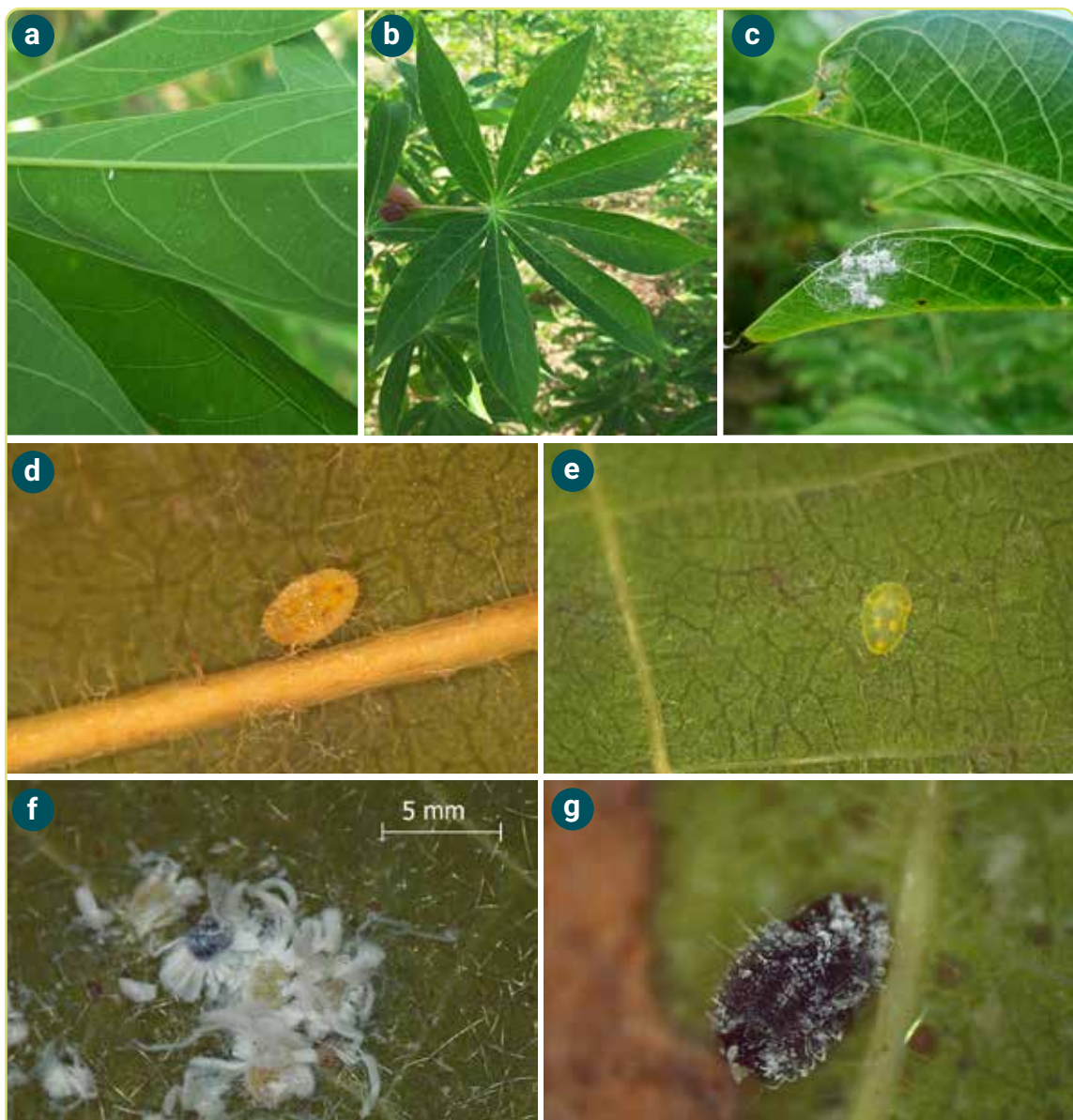


Figura 24. Moscas blancas de la yuca. a. Adulto en hoja; b. Daños de alimentación en hojas (puntos cloróticos); c. Ninfas de moscas blancas en el envés de las hojas; d. Ninfa de *Trialeurodes* spp.; e. Ninfa de *Bemisia* spp.; f. Colonia de pupas de *Aleurotrachelus* spp. y *Trialeurodes* spp.; g. Pupa de *Aleurotrachelus* spp.

Fotos: Lily Lorena Luna Castellanos

Trips o raspadores de la yuca

Nombre científico: se han identificado varias especies de trips que atacan la yuca: *Frankliniella williamsi* Hood, *Scyrtotrips manihoti*, *Corynotrips stenopterus* y *Caliothrips masculinus*, todas de la familia Thripidae.

Descripción del daño: los ataques de los trips *F. williamsi* y *S. manihoti* provocan un desarrollo anormal de las hojas de la parte apical de la planta, deformación de los folíolos y presencia de manchas amarillas cloróticas. Las raspaduras causadas por los trips (figura 25a) al succionar la savia de las hojas causan en ellas una deformación y distorsión que impide la formación de lóbulos foliares completos (figura 25b). Las hojas nuevas son pequeñas y amorfas, y presentan hendiduras profundas que van desde el borde de los folíolos hasta las nervaduras centrales (Bellotti et al., 1983).

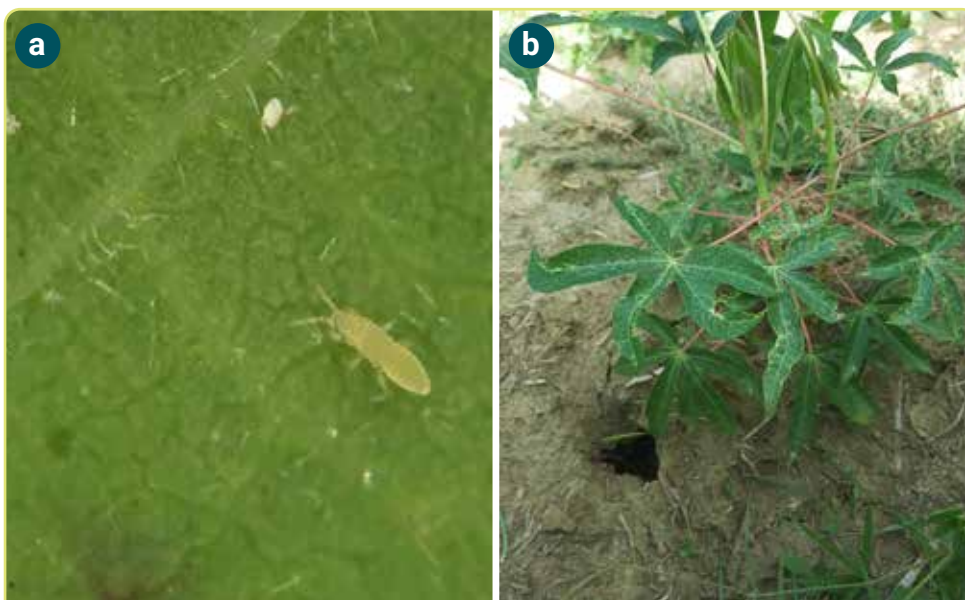


Figura 25. Trips de la yuca. a. Ninfas de trips de color verde amarillento en el envés de las hojas; b. Deformación de hojas por ataques de trips.

Fotos: Lily Lorena Luna Castellanos

En ataques severos, el daño se extiende a los pecíolos y el tallo, cuyo tejido se torna de color marrón. También se observa acortamiento de entrenudos o muerte del punto de crecimiento, lo que provoca rebrotes laterales que también son afectados por los ataques de la plaga (Bellotti et al., 1983).

Manejo integrado: para evitar daños considerables en la producción de yuca, se recomienda emplear variedades resistentes y adoptar prácticas agronómicas de manejo del cultivo que faciliten la regulación de las poblaciones de la plaga.

Ácaros, arañitas, ácaro rojo o ácaro verde

Nombre científico: al cultivo de la yuca se han asociado los géneros *Mononychellus* sp., *Tetranychus* sp. y *Oligonychus* sp. (Acari: Tetranychidae).

Descripción del daño: los ácaros son una plaga universal de las plantas de yuca. En el follaje se han identificado más de cuarenta especies que causan diferentes tipos de daños (figura 26a); se ubican principalmente en el envés de las hojas y causan raspaduras en las nervaduras (figura 26b). A continuación se describen los principales daños causados por las dos especies de ácaros más dañinas en el cultivo de yuca:

- Daños producidos por el ácaro rojo (*Tetranychus* sp.): el complejo de ácaro rojo en yuca está conformado por las especies *T. urticae* Koch y *T. cinnabarinus*. Estos ácaros forman una telaraña para desplazarse de una parte de la planta a otra o entre plantas (figura 26c). Los daños ocasionados por el complejo de arañitas rojas se ubican en los tercios medio e inferior de la planta de yuca. Bajo condiciones de sequía, en genotipos susceptibles, los ácaros pueden causar la muerte de las plantas (Bellotti et al., 1983; Cañarte et al., 2021).
- Daños producidos por el ácaro verde (*Mononychellus* sp.): la yuca es el principal hospedante de las especies *M. tanajoa* y *M. caribbeanae* (figuras 26d y 26e). Este ácaro se alimenta de las hojas apicales y tiernas, las yemas y los tallos, y no produce telarañas en el envés de las hojas de la planta. El daño inicia con un punteado amarillento que luego se extiende a toda la hoja. En ataques severos, los brotes pierden su color verde y las hojas presentan puntos amarillos distribuidos uniformemente en la superficie, con una apariencia moteada, amarillenta y bronceada, en forma de mosaico. Los tallos se escarifican, se tornan ásperos y de color marrón, y en ocasiones sufren muerte descendente. Se han reportado pérdidas del 13 % al 80 % durante el ciclo del cultivo (Bellotti et al., 1983; Cañarte et al., 2021). Monitoreos fitosanitarios en el genotipo de yuca industrial Corpoica Ropain han permitido identificar los daños causados por los ácaros (figura 26f) y su grado de tolerancia.

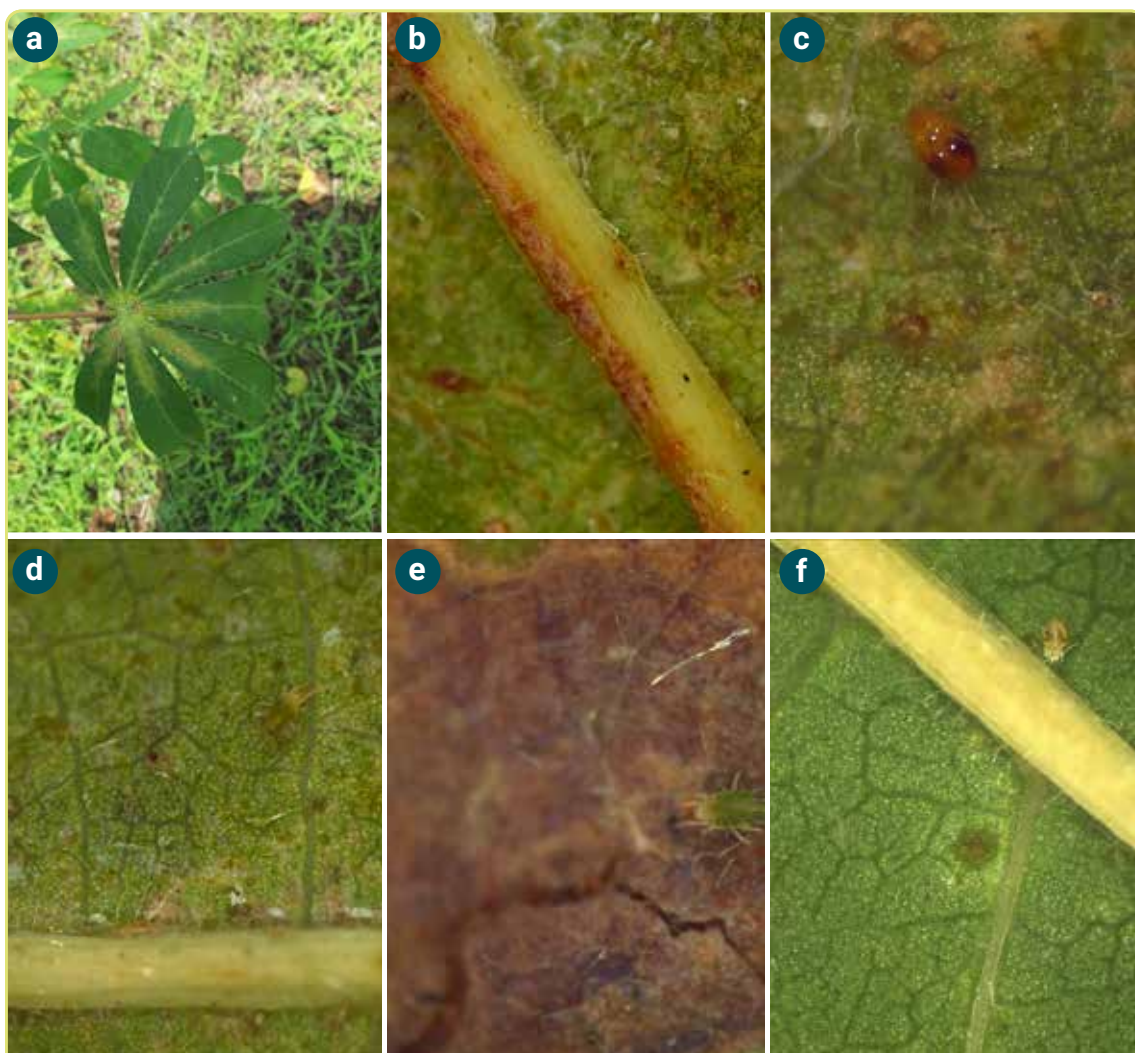


Figura 26. Ácaros en la yuca. a. Daño de ácaros en hojas; b. Raspaduras causadas por ácaros en nervaduras de hojas; c. Hembra adulta de *Tetranychus* sp.; d y e. Adulto de *Mononychellus* sp.; f. Adulto de ácaro en hojas apicales de la variedad Corpoica Ropain.

Fotos: Lily Lorena Luna Castellanos

Manejo integrado: el manejo debe estar basado principalmente en la utilización de genotipos tolerantes y de buena calidad sanitaria. Adicionalmente, se recomienda realizar el establecimiento del cultivo de yuca en el inicio de la época de lluvias. Se hace indispensable preservar los enemigos naturales de la plaga, encargados de disminuir sus poblaciones, por lo cual no es recomendable realizar aplicaciones de acaricidas de forma sucesiva (Cañarte et al., 2021).

Piojos harinosos

Nombre científico: en las regiones tropicales se han identificado dos especies de hemípteros de la familia Pseudococcidae: *Phenacoccus herreni* y *Phenacoccus manihoti*.



Figura 27. Adultos de piojos harinosos en el envés de hojas del genotipo Corpoica Tai.

Foto: Lily Lorena Luna Castellanos

Descripción del daño: los adultos (figura 27) y las ninfas de los piojos harinosos causan daños en las hojas del tercio medio y en los tallos de las plantas de yuca. La alimentación de estos insectos causa dos tipos de daño: uno directo y otro indirecto. El primero, que se produce por la succión de la savia, ocasiona amarillamiento y encrespamiento de las hojas y una formación de roseta en los puntos de crecimiento. El segundo, que se origina por el desarrollo de fumagina sobre el tejido foliar, afecta los procesos de fotosíntesis (Bellotti et al., 1983; Cañarte et al., 2021).

Manejo integrado: el manejo de este insecto se basa fundamentalmente en el uso de genotipos con resistencia varietal. Durante el establecimiento del cultivo se debe emplear semilla certificada, de buena calidad sanitaria y fisiológica. Además, la siembra de la yuca en el inicio de la época lluviosa ayuda a evadir ataques severos de la plaga.

Plagas barrenadoras del tallo de la yuca

Barrenador del tallo

Nombre científico: *Chilomima clarkei* (Lepidóptera: Pyralidae).

Descripción del daño: las larvas de *C. clarkei* causan perforaciones (figura 28a) e internamente barrenan los tallos (figura 28b) de yuca. En la costa

Caribe de Colombia, esta plaga puede causar afectaciones en más del 80 % de las plantaciones de yuca, limitando la disponibilidad de material de siembra de buena calidad (Bellotti et al., 1983). El aumento de las poblaciones de *C. clarkei* es favorecido por las lluvias frecuentes y puede darse durante todo el ciclo del cultivo (12 meses). En la parte interna del tallo, las larvas tejen una cápsula para protegerse, y a medida que cambian de instar larval, se observa un aserrín fino y abundante en la parte externa del tallo (figura 28c).

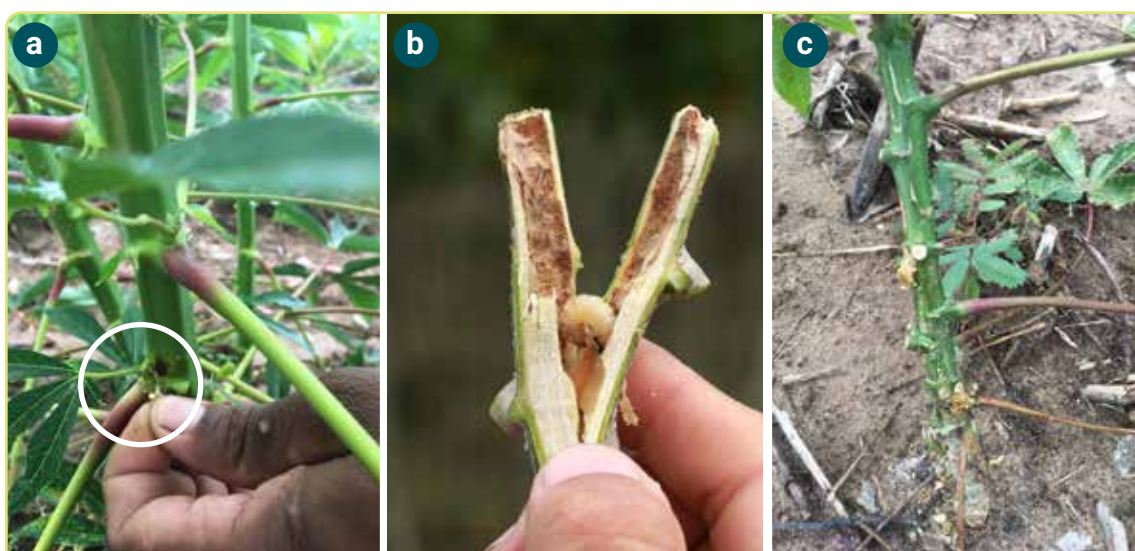


Figura 28. Barrenador del tallo en yuca. a. Perforaciones redondas en el tallo causadas por la entrada del barrenador; b. Larva de *C. clarkei* que ha barrenado tallos de yuca; c. Presencia de aserrín en la parte externa del tallo debido a la alimentación de las larvas.

Fotos: Shirley Patricia Pérez Cantero

Manejo integrado: las medidas de manejo de esta plaga deben enfocarse en la realización oportuna de prácticas culturales y el control biológico.

Como prácticas culturales se recomienda seleccionar la semilla para la siembra y desinfectar los cangres con una solución a base del insecticida fipronil (3 mL/L de agua). Durante el ciclo de crecimiento de la yuca, ante ataques del gusano, se deben retirar de la plantación los tallos afectados y proceder a quemarlos. Adicionalmente, para evitar la dispersión de la plaga en las zonas yuqueras, no se debe intercambiar cangres ni almacenar material de siembra durante largos periodos (Bellotti et al., 2002).

En general, el control químico para plagas y enfermedades debe ser dirigido por un asistente técnico o extensionista rural, ya que el monitoreo para identificar el agente causal y estimar la conveniencia del control requiere de un conocimiento previo. Todo uso de agroquímicos debe ser racionalizado con el fin de causar un bajo impacto ambiental.

Cosecha de raíces y conservación de la semilla para próximas siembras

El proceso de cosecha de raíces de yuca debe planificarse de acuerdo con el mercado para el cual va el producto final (raíces), teniendo en cuenta el tiempo de arranque y de almacenamiento, de forma que este sea el menor posible para evitar pérdidas por daño del producto. También es importante tener preparado el sitio de almacenamiento de semillas, ya que estas deben conservarse lo mejor posible para la siembra del próximo ciclo del cultivo.

Selección de semilla

La calidad de semilla para el siguiente ciclo de cultivo determina el vigor y buen desempeño agronómico de las plantas, por lo cual se recomienda tomar semilla solamente de plantas vigorosas y sanas. Para esto es necesario identificar un lote con buen vigor (10 % del área que se pretende cultivar en el siguiente ciclo) y darle un excelente manejo agronómico. El manejo de plagas, enfermedades y malezas es prioritario en este lote, ya que garantiza una mejor calidad sanitaria en el próximo cultivo. Este lote deberá ser cosechado solo antes de la siembra del próximo nuevo cultivo. De esta forma, la semilla no estará almacenada por largo tiempo, lo que garantiza su vigor y calidad.

Cuando llegue el momento de la cosecha, se recomienda arrancar toda la planta para supervisar el buen estado sanitario de las raíces antes del corte de las varas, lo que permitirá garantizar en cierta medida la baja afectación de enfermedades transmisibles por el uso de semilla contaminada (figura 29).

Una vez se ha evidenciado la no afectación de las raíces por causa de enfermedades, se procede a obtener las varas que serán almacenadas o usadas como fuente de semilla para el siguiente ciclo de cultivo.



Figura 29. Arranque de planta para inspección de raíces antes del corte de varas para extracción de semilla.

Foto: Sol Mara Regino Hernández

Conservación de la semilla para próximas siembras

La semilla de yuca se caracteriza por ser de tipo recalcitrante, por lo que posee un bajo potencial de almacenamiento y brotación; una vez realizada la cosecha, el material vegetativo (tallos) de yuca se va deteriorando durante su almacenamiento debido a la deshidratación de los tallos y la pérdida de reservas por brotación, principalmente, lo que se incrementa a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento.

A la fecha no se dispone de una tecnología que solucione estos inconvenientes, y la mejor recomendación es la identificación del “rincón de la fortuna”. Sin embargo, el potencial de almacenamiento depende de la variedad de la

yuca. Por otro lado, es de vital importancia la arquitectura de la planta, ya que, entre menos ramificaciones tenga, mejor será su comportamiento y su almacenamiento se podrá realizar a edades más tempranas.

En el almacenamiento de semilla de yuca, los tallos se deben cortar lo más largo posible para así evitar al máximo la deshidratación, ya que entre más pasa el tiempo, mayor parte se consume. En almacenamiento, se deben colocar los tallos en posición vertical para que el corte de estos quede en contacto con el suelo y, así, se evite la deshidratación y la reducción de peso. El lugar de almacenamiento debe ser fresco y debe estar aislado de los rayos del sol; si las temperaturas son muy altas, se recomienda realizar riegos manuales (figura 30).



Figura 30. Ubicación adecuada de varas almacenadas bajo sombra y tocando el suelo son condiciones que garantizan un mejor almacenamiento.

Foto: Remberto Rafael Martínez Figueroa

A continuación, se resumen los pasos a seguir para conservar su “rincón de la fortuna” para obtener semilla fresca y de mejor calidad.

El rincón de la fortuna

¿Quiere un excelente cultivo de yuca? Siga estos pasos...

1. Identifique su rincón de la fortuna, que representa el 10 % de su lote productivo y está en la mejor parte del lote.
2. Del rincón de la fortuna usted obtendrá tallos de excelente calidad para el siguiente ciclo.
3. Tallos de buena calidad en la siembra aseguran el éxito en la cosecha al final del ciclo.
4. Dedique especial cuidado y atención a la eliminación de malezas y a la oportuna fertilización.
5. Vigile con atención su rincón de la fortuna, recórralo periódicamente y retire toda planta diferente o que presente señales de enfermedad o de haber sido atacada por insectos.
6. Coseche su rincón de la fortuna únicamente cuando falten pocos días para el inicio de las lluvias. Si necesita cosechar sus lotes comerciales de yuca antes, hágalo, pero conserve su rincón de la fortuna.
7. En el momento de cosechar el rincón de la fortuna, levante las plantas con buena producción de raíces y que no tengan síntomas de cuero de sapo o pudrición.
8. Almacene los tallos cosechados bajo sombra de un árbol frondoso. Corte los cangres solo en el momento de la plantación.
9. Una vez inicie la temporada de siembra, realice el curado de su semilla previo a la siembra.
10. Prepárese para tener una excelente nueva plantación y repetir los diez pasos de esta lista.

Fuente: Rosero et al. (2019)

Cosecha de raíces

La cosecha del cultivo de yuca industrial constituye la fase final, cuya época es definida por el agricultor en función de su productividad, las condiciones meteorológicas y la fase de madurez fisiológica del cultivo. Esta actividad se liga íntimamente a los costos de producción de yuca, ya que demanda la mayor mano de obra: la cosecha "manual" demanda cerca de 25-30 jornales/ha para una cosecha aproximada de 25-30 t/ha. Cabe resaltar que esta actividad en campo no aplica para el proceso de empaque (Ospina et al., 2002). La cosecha de yuca se logra ya sea de forma manual o mecanizada, dependiendo de la disponibilidad del productor o de la zona donde esté la plantación. Se debe considerar que la cosecha se facilita si el cultivo fue sembrado en caballones, ya que en el suelo plano puede acarrear mayores gastos; por otro lado, la textura del suelo también tiene que ver con la extracción, ya que, si es arenoso, se facilitará, y si es arcilloso (pesado), se dificultará.

Para la cosecha, se realiza primero el corte de los tallos con la ayuda de un machete, dejando una parte del tallo o tocón (entre 20 y 40 cm) pegado a las raíces para poder extraerlas del suelo. Posteriormente, se procede a la extracción de las raíces jalando hacia los lados y hacia arriba, y luego se procede a su limpieza y empaque (figura 31).

La cosecha manual se realiza de varias formas: con las manos, en suelos arenosos, donde arrancar las raíces es más fácil, o con palanca, en suelos francoarcillosos, donde la extracción es más complicada por su compactación; en este caso, el tallo sobresaliente se amarra con cuerdas a un palo, en lo posible recto y firme, para hacer palanca contra el suelo. Con arrancador, este se sujeta al tallo mediante una herramienta que se engancha como una tenaza, y se hace palanca hacia arriba (figura 32).



Figura 31. Cosecha comercial de yuca. a. Raíces unidas al tocón; b. Corte y selección de raíces; c. Empaque de raíces comerciales seleccionadas para posterior entrega a procesamiento.

Fotos: Sol Mara Regino Hernández y Amaury Aroldo Espitia Montes



Figura 32. Cosecha de yuca con arrancador. a. Agarre del implemento al tallo de yuca; b. Extracción de las raíces de yuca al ejercer fuerza hacia arriba.

Fotos: Jorge Luis García Herazo



Figura 33. Cosecha de yuca usando implemento mecanizado.

Foto: Bernardo Ospina

La cosecha mecanizada del cultivo de yuca (figura 33) posee ventajas, ya que implica una significativa disminución en la mano de obra requerida (aun cuando las cosechadoras de yuca también requieren de labor humana en el momento de extraer las raíces), en los costos de producción y en el tiempo de recolección por unidad de área. Por ende, se pueden sembrar mayores áreas, que justifiquen la inversión inicial en la maquinaria agrícola.

Cabe resaltar que para la utilización de estos implementos se deben tener en cuenta varios factores, como la humedad del suelo, la distancia de siembra y, en lo posible, el uso de caballones, con el fin de que sea factible utilizarlos.

Recomendaciones técnicas

El rendimiento de su cultivo de yuca puede mejorar con la aplicación oportuna de las siguientes recomendaciones:

- Antes de la siembra se debe garantizar que los suelos estén sueltos y con la humedad adecuada. Para esto, el suelo se debe preparar con los implementos adecuados y en momentos en los que no haya exceso de humedad.
- Use semilla de origen conocido, con buena calidad y vigor.
- Haga un manejo preventivo de malezas con herbicidas preemergentes y con rotación de cultivos. El manejo de malezas debe hacerse durante los primeros 90 días después de la brotación.
- Utilice una fertilización fraccionada (a los 0, 30 y 90 días de brotación), de acuerdo con los resultados de los análisis físicoquímicos de los suelos, los requerimientos del cultivo y las indicaciones de la asistencia técnica.
- El manejo de plagas y enfermedades debe realizarse con base en el monitoreo constante de los lotes, de manera que se logren reconocer de forma oportuna los focos de dispersión o contaminación que puedan causar problemas en el cultivo comercial.
- Para la obtención de semilla para el siguiente ciclo, se recomienda dejar una parte del lote que corresponde al 10 % del área que se espera establecer. Este lote debe ser manejado agronómicamente de forma adecuada, para que el vigor y la calidad de las plantas fuente de semilla sean los apropiados.
- Los asistentes técnicos y extensionistas rurales están a su servicio para promover el desarrollo eficiente de los cultivos de yuca en Colombia.

Referencias

- Achicanoy López, H. (2001). Estrategias integradas para el control de enfermedades de las plantas. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 54(1 y 2), 1.251-1.273. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24365>
- Agrios, G. N. (2007). *Fitopatología* (2.ª ed.). Limusa.
- Aguilera, M. (2012). La yuca en el Caribe colombiano: de cultivo ancestral a agroindustrial. *Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional*, (158). https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/dtser_158.pdf
- Álvarez, E., Llano, G. A., & Mejía, J. F. (2012). Cassava disease. En B. Ospina, & H. Ceballos (Comps.), *Cassava in the Third Millennium: Modern production, processing, use, and marketing systems* (pp. 165-199). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Álvarez, E., Mejía, J. F., Llano, G. A., Loke, J. B., Calari, A., Duduk, B., & Bertaccini, A. (2009). Characterization of a phytoplasma associated with frog skin disease in cassava. *Plant Disease*, 93(11), 1.139-1.145. <https://doi.org/10.1094/PDIS-93-11-1139>
- Álvarez, E., Pardo, J. M., Mejía, J. F., Bertaccini, A., Thanh, N. D., & Hoat, T. X. (2013). Detection and identification of 'Candidatus Phytoplasma asteris'-related phytoplasmas associated with a witches' broom disease of cassava in Vietnam. *Phytopathogenic Mollicutes*, 3(2), 77-81. <https://doi.org/10.5958/j.2249-4677.3.2.018>
- Álvarez, E., Pardo, J. M., Mejía, J. F., Santos de Oliveira, S. A., Zacher, M., Cardoso, L., & Gómez, Y. (2015). *Manejo del 'cuero de sapo', enfermedad limitante de la yuca*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Andrade Foronda, D., & Gutiérrez Rodríguez, E. (2020). Estimación del porcentaje de sodio intercambiable en función de la relación de adsorción de sodio para suelos afectados por sales en el valle alto de Cochabamba. *Revista de Agricultura (Bolivia)*, 62, 31-36.

- Bellotti, A., Herrera, B. V., & Hyman, G. (2012). Cassava production and pest management: Present and potential threats in a changing environment. *Tropical Plant Biology*, 5(1), 39-72. <https://doi.org/10.1007/s12042-011-9091-4>
- Bellotti, A., & Van Schoonhoven, A. (1978). Ácaros e insectos plagas de la yuca. *Revisión Anual de Entomología*, 23(1), 39-67.
- Bellotti, A. C., Arias, B., & Reyes, J. A. (2002). Manejo de plagas de la yuca. En B. Ospina, & H. Ceballos (Comps.), *La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización* (pp. 220-233). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Bellotti, A. C., Reyes, J. A., Vargas, O., Arias, B., & Guerrero, J. M. (1983). *Descripción de las plagas que atacan la yuca (Manihot esculenta Crantz) y características de sus daños. Guía de estudio*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Bellotti, A. C., Smith, L., & Lapointe, S. L. (1999). Recent advances in cassava pest management. *Annual Review of Entomology*, 44, 343-370.
- Cadavid López, L. F. (2008). *Fertilización del cultivo de la yuca (Manihot esculenta Crantz)*. Universidad Nacional de Colombia. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/19225>
- Calle, F. (2002). Control de malezas en el cultivo de la yuca. En B. Ospina, & H. Ceballos (Comps.), *La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización* (pp. 126-128). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Calvert, L., & Cuervo, M. (2002). Enfermedades virales de la yuca en América del Sur. En B. Ospina, & H. Ceballos (Comps.), *La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización* (pp. 262-268). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- 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. A., Cuervo, M. I., Ospina, M. D., Fauquet, C. M., & Ramirez, B.-C. (1996). Characterization of cassava common mosaic virus and a defective RNA species. *Journal of General Virology*, 77(3), 525-530. <https://doi.org/10.1099/0022-1317-77-3-525>

- Cañarte, E. G., Navarrete, J. B., Muñoz, X. C., Hinojosa, F. O., & Valarezo, G. O. (2021). *Reconocimiento y manejo de artrópodos asociados al cultivo de la yuca (Manihot esculenta Crantz) en Ecuador*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Iniap). <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/118223>
- Carvajal-Yepes, M., Olaya, C., Lozano, I., Cuervo, M., Castaño, M., & Cuellar, 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>
- Castillo-Valdez, X., Etchevers-Barra, J. D., Hidalgo-Moreno, C. M. I., & Aguirre-Gómez, A. (2021). Evaluación de la calidad de suelo: generación e interpretación de indicadores. *Terra Latinoamericana*, 39, artículo e698. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.698>
- Ceballos, H. (2002). La yuca en Colombia y el mundo: nuevas perspectivas para un cultivo milenario. En B. Ospina, & H. Ceballos (Comps.), *La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización* (pp. 1-13). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Chen, C. T., & Lee, S. M. (1979). A new leaf-spot disease of cassava caused by *Petriconia manihotica*. *Taiwan Sugar*, 26(4), 123-127.
- Chupp, C. (1953). *Monograph of the fungus genus Cercospora*. Cornell University.
- Contreras-Santos, J. L., Martínez-Atencia, J., Cadena-Torres, J., & Falla-Guzmán, C. K. (2020). Evaluación del carbono acumulado en suelo en sistemas silvo-pastoriles del Caribe colombiano. *Agronomía Costarricense*, 44(1), 29-41.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). (2017). *Un modelo de manejo integrado del cultivo, validado para mejorar la sostenibilidad de los sistemas de producción de yuca en monocultivo y asocio* [informe final interno]. AGROSAVIA.
- 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(1), 10-17.
- Cuervo, M. (2006). *Caracterización molecular de algunos aislamientos del virus del cuero de sapo de la yuca recolectados en diferentes zonas de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- De Olanda Souza, G. H., De Oliveira Aparecido, L. E., Da Silva Cabral de Moraes, J. R., & Botega, G. T. (2022). Climate change and its influence on planting of

- cassava in the Midwest region of Brazil. *Environment, Development and Sustainability*, (2022), 1-21. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-02088-3>
- Faostat. (2011). *Datos sobre alimentación y agricultura*. <http://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Faostat. (2012). *Cassava: Post-harvest operations*. <https://www.fao.org/3/au998e/au998e.pdf>
- Fauquet, C., & Fargette, D. (1990). African cassava mosaic virus: Etiology, epidemiology, and control. *Plant Disease*, 74(6), 404-411. <https://doi.org/10.1094/PD-74-0404>
- Graziosi, I., Minato, N., Alvarez, E., Ngo, D. T., Hoat, T. X., Aye, T. M., Pardo, J. M., Wongtiem, P., & Wyckhuys, K. A. (2016). Emerging pests and diseases of South-east Asian cassava: A comprehensive evaluation of geographic priorities, management options and research needs. *Pest Management Science*, 72(6), 1.071-1.089. <https://doi.org/10.1002/ps.4250>
- Gutiérrez, W., Morán, J., Daboin, B., Ferrer, J., Medina, B., & Villalobos, Y. (2008). Evaluación de diferentes herbicidas sobre el control de malezas, desarrollo, rendimiento y beneficio neto relativo del cultivo de la yuca *Manihot esculenta* Crantz bajo las condiciones agroecológicas de la planicie de Maracaibo. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 25(1), 26-42.
- Howeler, R. H. (1979). *Nutrición mineral y fertilización de la yuca*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2014). *Compendio Nacional de Estadísticas 2014*. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjuzqrpqH4AhXqp3lE-HdhSCK4QFnoECAkQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ecuadorencifras.gob.ec%2Fdocumentos%2Fweb-inec%2FBibliotecas%2FCompendio%2FCompendio-2014%2FCOMPENDIO_ESTADISTICO_2014.pdf&usg=AOvVawo6mPJlgLsDv_pL1tZ2sbcZ
- Julião, E. C., Santana, M. D., Freitas-Lopes, R. do L., Vieira, A. dos P., De Carvalho, J. S. B., & Lopes, U. P. (2020). Reduction of brown leaf spot and changes in the chlorophyll a content induced by fungicides in cassava plants. *European Journal of Plant Pathology*, 157(2), 433-439. <https://doi.org/10.1007/s10658-020-02001-0>
- Kemp, B. P., Horne, J., Bryant, A., & Cooper, R. M. (2004). *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* gumD gene is essential for EPS production and pathogenicity

- and enhances epiphytic survival on cassava (*Manihot esculenta*). *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 64(4), 209-218. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2004.08.007>
- Lozano, J. C. (1986). Cassava bacterial blight: A manageable disease. *Plant Disease*, 70(12), 1.989-1.993.
- Mafla, G., Roa, J. C., & Roca, W. M. (1984). *Erradicación de la enfermedad cuero de sapo de la yuca (Manihot esculenta) por medio del cultivo de meristemos: efecto de la termoterapia y del tamaño del explante en la tasa de saneamiento*. Congreso Nacional de Cultivo de Tejidos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D. C.
- Maraité, H., & Perreux, D. (1979). Comparative symptom development in cassava after infection by *Xanthomonas manihotis* or *X. cassavae* under controlled conditions. En E. R. Terry, G. J. Persley, & S. C. A. Cook (Eds.), *Cassava bacterial blight in Africa. Past, present and future* (pp. 17-24). Centre for Overseas Pest Research.
- Mendoza Ortega, G. P., Hernández Hernández, G. C., & Vergara Rodríguez, C. J. (2017). Cadena de suministro agroalimentaria de la yuca en el departamento de Sucre. En Editorial Cekar (Ed.), *Apuestas del departamento de Sucre en sectores agroindustria y minería* (pp. 30-49).
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). (2017). *Documento clúster de tubérculos en los departamentos de Bolívar, Córdoba y Sucre para las líneas productivas de ñame, yuca y batata*. <https://sioc.minagricultura.gov.co/DocumentsContexto/A890-DOCUMENTO%20CLUSTER%20TUBE%CC%81R-CULOS%20UV.docx>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). (2019). *Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA*. <https://www.datos.gov.co/Agricultura-y-Desarrollo-Rural/Evaluaciones-Agropecuarias-Municipales-EVA/2pnw-mmge/data>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). (2021). *Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA*. <https://www.datos.gov.co/Agricultura-y-Desarrollo-Rural/Evaluaciones-Agropecuarias-Municipales-EVA/2pnw-mmge/data>
- Monger, W. A., Seal, S., Cotton, S., & Foster, G. D. (2001). Identification of different isolates of *Cassava brown streak virus* and development of a diagnostic test. *Plant Pathology*, 50(6), 768-775. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2001.00647.x>
- Olsen, K. M., & Schaal, B. A. (2001). Microsatellite variation in cassava (*Manihot esculenta*, Euphorbiaceae) and its wild relatives: Further evidence for a

- southern Amazonian origin of domestication. *American Journal of Botany*, 88(1), 131-142. <https://doi.org/10.2307/2657133>
- Ospina, B., García, M. L., & Alcalde, C. A. (2002). Sistemas mecanizados de siembra y cosecha para el cultivo de la yuca. En B. Ospina, & H. Ceballos (Comps.), *La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización* (pp. 326-339). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Parra, J. (2020). *Subsector productivo de la yuca*. Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales [a 30 de junio de 2020]. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). <https://sioc.minagricultura.gov.co/Yuca/Documentos/2020-06-30%20Cifras%20Sectoriales%20Yuca.pdf>
- Persley, G. J., & Crosse, J. E. (1978). A bacteriophage specific to race 2 of the cherry strain of *Pseudomonas morsprunorum*. *Annals of Applied Biology*, 89(2), 219-222.
- Rivas, L., & Herrera, C. J. (2003). *Impacto económico potencial en Colombia del uso de variedades transgénicas de yuca resistentes al barrenador del tallo, Chilomima clarkei (Lepidoptera: Pyralidae)*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/72086>
- Rwegasira, G. M., & Rey, C. M. E. (2012). Response of selected cassava varieties to the incidence and severity of cassava brown streak disease in Tanzania. *Journal of Agricultural Science*, 4(7), 237-246. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v4n7p237>
- Silva, D. M., Kitajima, E. W., & Oliveira, A. R. (1963). Obtencao do virus do mosaico comun da mandioca purificado. *Ciencia e Cultura*, 15, 304-306.
- Sfeir Durán, N. M. (2021). *Efecto diferencial dependiente de fosfato de la variabilidad de hongo micorrízico sobre indicadores biológicos y bioquímicos de calidad del suelo en cultivo in situ de yuca en Kenia* [tesis de pregrado]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/181308>
- Suárez, L., & Mederos, V. (2011). Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Tendencias actuales. *Cultivos Tropicales*, 32(3), 27-35. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So258-59362011000300004&lng=es&tlng=es
- Taylor, R. K., Griffin, R. L., Jones, L. M., Pease, B., Tsatsia, F., Fanai, C., Macfarlane, B., Dale, C. J., & Davis, R. I. (2017). First record of *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* in Solomon Islands. *Australasian Plant Disease Notes*, 12(1), artículo 49. <https://doi.org/10.1007/s13314-017-0275-0>

- Trujillo, C. A., Ochoa, J. C., Mideros, M. F., Restrepo, S., López, C., & Bernal, A. (2014). A complex population structure of the cassava pathogen *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* in recent years in the Caribbean Region of Colombia. *Microbial Ecology*, 68(1), 155-167. <https://doi.org/10.1007/s00248-014-0411-8>
- Wydra, K., & Verdier, V. (2002). Occurrence of cassava diseases in relation to environmental, agronomic and plant characteristics. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 93(1-3), 211-226. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00349-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00349-8)
- Zanini, A. A., Di Feo, L., Luna, D. F., Paccioretti, P., Collavino, A., & Rodriguez, 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), 1.520-1.537. <https://doi.org/10.1111/mpp.13094>.
- Zinsou, V., Wydra, K., Ahohuendo, B., & Hau, B. (2004). Effect of soil amendments, intercropping and planting time in combination on the severity of cassava bacterial blight and yield in two ecozones of West Africa. *Plant Pathology*, 53(5), 585-595. <https://doi.org/10.1111/j.0032-0862.2004.01056.x>

Los autores

Amaury Aroldo Espitia Montes

Correo: aespitia@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8057-9483>

M. Sc. en Biotecnología e ingeniero agrónomo de la Universidad de Córdoba. Se desempeña como investigador máster en AGROSAVIA, Centro de Investigación Turipaná, donde está vinculado desde 1998. Cuenta con experiencia en investigación en cultivos de tejidos vegetales, micropropagación de plantas, estandarización y desarrollo de protocolos, escalamiento y producción de semilla de alta calidad de ñame, yuca, batata y plátano, manejo integrado de estos cultivos, fisiología vegetal, recursos genéticos, investigación participativa y abonos orgánicos. Hace parte de la Red de Innovación de Raíces y Tubérculos de la corporación. Publicaciones: "Enraizamiento *in vitro* de *Dioscorea* sp." (*Revista Colombiana de Biotecnología*, vol. 5, n.º 2) y "Reproducción de semilla de batata (*Ipomoea batatas*) var. Agrosavia Aurora en Colombia" (*Agronomía Costarricense*, vol. 45, n.º 1).

Shirley Patricia Pérez Cantero

Correo: sperezc@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5260-0321>

Magíster en Dirección del Desarrollo Local del Instituto Superior de Educación, Administración y Desarrollo (España) y de la Universidad Francisco de Paula Santander de Cúcuta (Colombia). Ingeniera agrónoma egresada de la Universidad de Córdoba (Colombia). Se ha desempeñado como ingeniera agrónoma en manejo integrado de cultivos y producción de semilla de calidad, especialmente de raíces y tubérculos. Ha trabajado en diferentes especies, como maíz, berenjena y aguacate, y como facilitadora de emprendimientos productivos en comunidades rurales, indígenas y afrocolombianas y en procesos organizacionales, así como en formulación, liderazgo y ejecución de proyectos agrícolas en AGROSAVIA. Cuenta con amplia experiencia en trabajo con pequeños productores en el mejoramiento participativo e investigación en campo.

Ricardo Enrique Támara Morelos

Correo: rtamara@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7251-1374>

M. Sc. en Ciencias Agronómicas, con énfasis en ciencias del suelo, e ingeniero agrónomo de la Universidad de Córdoba. Desde 2016 está vinculado a AGROSAVIA, Sede El Carmen de Bolívar, como investigador máster. Cuenta con experiencia en diseño e instalación de sistemas de riego y drenaje en el sector agropecuario, manejo del recurso hídrico, manejo de cultivos agrícolas de ñame, batata, yuca, ahuyama y hortalizas, y docencia universitaria en ingeniería de riegos y drenaje y agroclimatología (Universidad de Córdoba), así como en manejo de suelos agrícolas y conservación de suelos (Universidad de Sucre). Publicación: "Efecto de tipo de tutores y densidad de siembra sobre el rendimiento de ñame espino (*Dioscorea rotundata* Poir.)" (*Revista FAVE – Ciencias Agrarias*, vol. 17, n.º 2).

Hernando Alberto Araújo Vásquez

Correo: haraujo@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3679-3973>

Ingeniero agrónomo con maestría en Ciencias Agronómicas, con énfasis en fitomejoramiento. Cuenta con conocimientos en estadística aplicada al sector agrícola, conservación, manejo y caracterización de recursos fitogenéticos. Tiene trayectoria de siete años en investigación agrícola y otras áreas como innovación, desarrollo tecnológico, vinculación de conocimientos y tecnologías, especialmente en raíces tuberosas (batata), hortalizas de clima cálido (berenjena y ahuyama), cultivos transitorios (maíz, algodón, frijol y tabaco) y cultivos permanentes (aguacate). Es investigador máster de AGROSAVIA.

Joaquín Alfonso García Peña

Correo: jagarcia@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1805-9487>

Ph. D. en Suelos y Nutrición Vegetal y máster en Suelos de la Universidad Federal de Viçosa (Brasil), e ingeniero agrónomo de la Universidad del Tolima. Está vinculado a AGROSAVIA desde 1993. Cuenta con experiencia en manejo de suelos, fertilización de cultivos e investigación en temas relacionados con el manejo y conservación de suelos, la recuperación de suelos agrícolas degradados y la fertilización y nutrición de cultivos. Tiene estudios sobre fijación biológica de nitrógeno, con experiencia en cultivos como algodón, maíz, soya, sorgo, arroz, yuca, ñame, batata, palma de aceite y marañón.

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 ingeniera agrónoma de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, con estudios de Ph. D. en la Universidad Carolina (República Checa), que le otorgó su título en el área de anatomía y fisiología de plantas. Actualmente se desempeña como investigadora Ph. D. asociada en AGROSAVIA, Centro de Investigación Turipaná. Cuenta con experiencia en investigación en el área de mejoramiento y fisiología de cultivos, donde ha apoyado el desarrollo de variedades comerciales de yuca y batata en Colombia y ha contribuido al conocimiento de dichas especies en el contexto de ambientes subhúmedos.

Sol Mara Regino Hernández

Correo: sregino@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9325-7336>

Ingeniera agrónoma de la Universidad de Córdoba. Se desempeña como profesional de apoyo a la investigación y hace parte de la Red de Innovación de Raíces y Tubérculos de AGROSAVIA, Centro de Investigación Turipaná. Cuenta con experiencia en establecimiento y manejo de experimentos de investigación agrícola en cultivos de ñame, yuca y batata, de los cuales se han generado ofertas tecnológicas relacionadas con el manejo integrado de dichos cultivos y la producción de semilla de calidad para siembras comerciales. Publicación: "Caracterización socioeconómica y tecnológica del cultivo de ñame (*Dioscorea* sp.) en la región Caribe colombiana" (*Avances en Investigación Agropecuaria*, vol. 25, n.º 2).

Lily Lorena Luna Castellanos

Correo: llunac@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2172-7842>

Ingeniera agrónoma de la Universidad de Córdoba. Tiene experiencia profesional en la ejecución de proyectos de investigación agrícola en torno al mejoramiento de la productividad de cultivos de raíces y tubérculos, el seguimiento fitosanitario de enfermedades y plagas en plantas, y la evaluación y selección de biofertilizantes en cultivos de tubérculos y hortalizas. Actualmente se desempeña como profesional de apoyo a la investigación adscrita a la Red de Innovación de Raíces y Tubérculos en el Centro de Investigación Turipaná de AGROSAVIA.

Jorge Luis García Herazo

Correo: jgarciah@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0152-8299>

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Córdoba. Desde 2015 está vinculado a AGROSAVIA, Centro de Investigación Turipaná, como profesional de apoyo a la investigación adscrito a la Red de Innovación de Raíces y Tubérculos. Cuenta con experiencia en establecimiento de experimentos de investigación agrícola en cultivos de ñame, yuca y batata, encaminados a la obtención de genotipos potenciales para nuevas variedades a través de mejoramiento genético convencional. Publicación: "Multi-trait selection indices for identifying new cassava varieties adapted to the Caribbean region of Colombia" (*Agronomy*, vol. 11, n.º 9).

Remberto Rafael Martínez Figueroa

Correo: rmartinez@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7188-5609>

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Córdoba y magíster en Diseño y Gestión de Proyectos Tecnológicos de la Universidad Internacional de La Rioja (España). Cuenta con experiencia en investigación de técnicas de restauración de suelos en sistemas agroforestales, de selección de variedades promisorias, de técnicas integradas de manejo agronómico y producción de material de siembra de cultivos de raíces y tubérculos del Caribe colombiano (yuca, batata y ñame) y en transferencia de tecnología (planes de vinculación tecnológica de yuca, de batata y en la Vitrina Apícola Turipaná). En la actualidad se desempeña como profesional de apoyo a la investigación adscrito a la Red de Innovación de Raíces y Tubérculos en el Centro de Investigación Turipaná de AGROSAVIA.

Victor Alfonso De La Ossa Albis

Correo: vdelaossa@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0038-3008>

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Córdoba. Cuenta con experiencia profesional de más de diez años en la ejecución de proyectos de investigación y producción agrícola, con énfasis en mejoramiento genético y creación de bases de datos. Actualmente se desempeña como profesional de apoyo a la investigación adscrito a la Red de Innovación de Raíces y Tubérculos en el Centro de Investigación Turipaná de AGROSAVIA.



MINISTERIO DE AGRICULTURA
Y DESARROLLO RURAL

AGROSAVIA presenta al lector el *Manual de manejo de yuca industrial en el Caribe colombiano*, donde se describen las recomendaciones de manejo y las labores oportunas que deben realizarse para mejorar la productividad de los cultivos de yuca industrial, reconociendo su importancia para las industrias almidoneras y de balanceados.

La información recopilada en este manual es útil para los productores yuqueros del Caribe, las organizaciones, los técnicos del campo, los extensionistas y demás interesados en profundizar en el manejo técnico del cultivo de yuca. El manual recoge información de procesos de investigación llevados a cabo durante muchos años por AGROSAVIA y otras instituciones que dedican su misión a la mejora del cultivo de la yuca a nivel nacional e internacional.

Las recomendaciones aquí contenidas contribuirán al fortalecimiento y la apropiación tecnológica de los agricultores yuqueros de la región Caribe colombiana, quienes mediante el conocimiento de las variedades industriales mejoradas registradas para el Caribe y de las labores de manejo del material de siembra, del cultivo y de los recursos suelo-agua, contarán con la base técnica necesaria para tomar decisiones apropiadas en el manejo del cultivo. Este texto llega a sus manos con el fin de acompañar y guiar su labor de campo en el cultivo de yuca industrial, para mejorar técnicamente su rendimiento, calidad y rentabilidad.

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria



Distribución gratuita
Prohibida su venta