

Modelo productivo de

marañón

(*Anacardium occidentale* L.)

para la región Caribe de Colombia

AGROSAVIA
EDITORIAL

Modelo productivo de

marañon

(*Anacardium occidentale* L.)

para la región Caribe de Colombia

Autores

Ender Manuel Correa Álvarez | Joaquín Alfonso García Peña |
Lilibet Tordecilla Zumaqué | Liliana María Grandett Martínez |
María del Valle Rodríguez Pinto | Wilson Anchico Jojoa |
Jorge Luis Romero Ferrer | Antonio María Martínez Reina |
Manuel Ramón Espinosa Carvajal | Rubén Darío Rojas Pantoja |
Diana Beatriz Sánchez López | José Antonio Cantero Rivero |
Víctor Alfonso De La Ossa Albis | Jessica Johana Rivera Meneses |
Ulises Rafael García Rodríguez | Jazmín Vanessa Pérez Pazos |
Ana Milena Vásquez Bettín | Julio Ernesto Muñoz Falcon |
Yesith Darith Montero Cantillo | Marlon José Yacomelo Hernández |
Elías David Flórez Cordero | Leonora Rodríguez Polanco |
Vanessa Valencia Rodríguez | Adelina Rosa Caballero López |
Jaime Andrés Arias Rojas | Javier Orlando Orduz Rodríguez |
Ángela María Arcila Cardona |

AGROSAVIA
EDITORIAL

Modelo productivo de marañon (Anacardium occidentale L.) para la región Caribe de Colombia. / Ender Manuel Correa Álvarez [y otros veintiséis] – Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2026.

176 páginas (Colección Alianzas AGROSAVIA)

Incluye referencias bibliográficas, ilustraciones y gráficos.

ISBN e-Book: 978-958-740-856-0

1. *Anacardium occidental* 2. Manejo del cultivo 3. Factor climático 4. Huerto familiar 5. Acondicionador del suelo 6. Tecnología postcosecha 7. Producción 8. Comercialización.

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

Centro de Investigación Turipaná. Kilómetro 13, Vía Montería-Cereté, Córdoba.
Código postal: 230550, Colombia

Centro de Investigación Turipaná. Sede Carmen de Bolívar. Km. 1 vía Zambrano, El Carmen de Bolívar, Bolívar.
Código postal: 132058, Colombia.

Centro de Investigación Motilonia. Km 5 vía a Becerril, Agustín Codazzi, Cesar.
Código postal 202050, Colombia.

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

Centro de Investigación Caribia. Corregimiento de Sevilla, municipio Zona Bananera, departamento del Magdalena, a 65 km al sur de la capital de Santa Marta. Código postal 478037, Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).
Centro de Investigación Nataima. Kilómetro 9, vía Espinal-Chicoral, Tolima. Código postal 733520, Colombia.

Esta publicación se deriva del proyecto Fase. F1 Modelo productivo marañón para Caribe colombiano, ID 1002670 y Fase. F2 Model productivo marañón para Caribe colombiano ID 1002908. Financiado con recursos públicos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR).

Colección: Prácticas Agropecuarias
Tipología: Modelo productivo

Fecha de recepción: 08/04/2025
Fecha de evaluación: 08/08/2025
Fecha de aceptación: 27/08/2025

Publicado: febrero de 2026
Preparación editorial
Editorial AGROSAVIA
editorial@agrosavia.co
Dirección editorial: Astrid Verónica Bermúdez Díaz
Edición: Nathalie De la Cuadra N.
Corrección de estilo: Osmar peña
Ilustraciones: Érika Torres
Foto de portada: Daniel Eduardo Mulford Soto
Diseño de pauta: Mónica Cabiativa
Diagramación: María Paula Berón

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

Correa Álvarez, E. M. García Peña, J. A., Tordecilla Zumaqué, L., Grandett Martínez, L. M., Rodríguez Pinto, M. del V., Anchico Jojoa, W., Romero Ferrer, J. L., Martínez Reina, A. M., Espinosa Carvajal, M. R., Rojas Pantoja, R. D., Sánchez López, D. B., Cantero Rivero, J. A., De la Ossa Albis, V. A., Rivera Meneses, J. J., García Rodríguez, U. R., Pérez Pazos, J. V., Vásquez Bettín, A. M., Muñoz Falcon, J. E., Montero Cantillo, Y. D., Yacomelo Hernández, M. J., Flórez Cordero, E. D. … Arcila Cardona, A. M. (2026). *Modelo productivo de marañón (Anacardium occidentale L.) para la región Caribe de Colombia.* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7408560

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones y de la información recogida 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: (+57) 601 914 4677
atencionalcliente@agrosavia.co
www.agrosavia.co

Contenido

11 Agradecimientos

12 Autores

CAPÍTULO 1. Generalidades del cultivo de marañón — 23

CAPÍTULO 2. Requerimientos edafoclimáticos — 29

29 Aspectos climáticos

36 Aspectos edafológicos

CAPÍTULO 3. Material de siembra — 37

41 Vivero

46 Huertos básicos

capítulo 4. Establecimiento de huertos comerciales — 53

53 Selección del lote de siembra

53 Acondicionamiento del suelo

54 Trazado y ahoyado

54 Densidad de siembra

55 Establecimiento en campo

CAPÍTULO 5. Manejo agronómico 57

57 Riego
60 Podas
66 Control de arvenses
66 Nutrición
83 Componente fitosanitario

CAPÍTULO 6. Cosecha, poscosecha y transformación 127

CAPÍTULO 7. Comercialización y mercados 139

139 Producción mundial del marañón
146 Producción de marañón en América
149 Producción de marañón en Colombia
152 Perspectivas del consumo de la almendra de marañón y oportunidades para la producción en Colombia
155 El mercado del carbono: una oportunidad de valorización para el sistema productivo del marañón
159 Referencias

Lista de figuras

Figura 1	Fruto del marañón	25
Figura 2	Distribución geográfica del marañón en el mundo	30
Figura 3	Distribución de la temperatura media anual (°C) de la región Caribe de Colombia, promedio multianual, 1994-2024	31
Figura 4	Distribución de la humedad relativa media anual (%) de la región Caribe de Colombia, promedio multianual, 1994-2024	33
Figura 5	Distribución de la precipitación total anual (mm) de la región Caribe de Colombia, promedio multianual, 1994-2024	35
Figura 6	Vivero de marañón	48
Figura 7	Clones mejorados de marañón para la región Caribe de Colombia	49
Figura 8	Injertación en púa lateral en marañón	50
Figura 9	Huerto básico de producción de yemas de clones mejorados de marañón en Chinú, Córdoba (Colombia)	51
Figura 10	Trasplante en campo	56
Figura 11	Podas en marañónto	65
Figura 12	Muestreo de suelo por zonas homogéneas del terreno	68
Figura 13	Procedimiento ilustrado para la toma de muestras de suelo y envió a laboratorio	70
Figura 14	Muestreo de suelos en cultivo de marañón establecido	71
Figura 15	Diagrama para la identificación y el diagnóstico de deficiencias nutricionales en plantas cultivadas	73
Figura 16	Toma de muestras de hojas para análisis foliar	74
Figura 17	Aplicación de fertilizante en corona en el tercio exterior del árbol	83
Figura 18	Termitas o comején	85

Figura 19 Daño superficial en la corteza de los árboles de marañón causado por galerías de termitas 86

Figura 20 Picudo verde defoliador en marañón 88

Figura 21 Hormiga arriera 89

Figura 22 Trips 91

Figura 23 Chinche patón 92

Figura 24 Hormigas de la subfamilia Myrmicinae 94

Figura 25 Salivazo en inflorescencias de marañón 94

Figura 26 Cochinillas o escamas 95

Figura 27 Artrópodos benéficos 97

Figura 28 Observación y registros como estrategia de monitoreo en campo para detección de problemas fitosanitarios en el cultivo de marañón 100

Figura 29 Monitoreo de artrópodos en árboles de marañón con uso de lupas de 30x y 40x de aumento 101

Figura 30 Antracnosis 103

Figura 31 Triángulo de la enfermedad en plantas 104

Figura 32 Síntomas de antracnosis en hojas jóvenes de marañón 105

Figura 33 Síntomas de antracnosis en inflorescencia de marañón 106

Figura 34 Daños ocasionados por antracnosis en pseudofruto de marañón 107

Figura 35 Resinosis 109

Figura 36 Síntomas de resinosis en tallos y ramas de árboles de marañón 110

Figura 37 Resisnosis en hojas 111

Figura 38 Síntomas de mancha amarilla en hojas maduras de marañón 113

Figura 39 Mancha anaranjada de la hoja en el marañón 115

Figura 40 Oidio 117

Figura 41 Síntomas de oidio en inflorescencia, pseudofruto y nuez del marañón 118

Figura 42 Aislamiento puro de bacteria presente en muestra de tejido foliar de marañón 120

Figura 43 Síntomas de mancha foliar causada por *Xanthomonas* en hojas de marañón 121

Figura 44 Síntomas de *Xanthomonas* en nuez de marañón 122

Figura 45 Esquema de monitoreo en árbol de marañón 123

Figura 46 Productos ofertados por asociaciones de productores 132

Figura 47 Procesamiento de la nuez de marañón 137

Figura 48 Distribución de la producción mundial de marañón y destino de las exportaciones a los países compradores de nuez en fresco 141

Figura 49 Principales países procesadores de la nuez de marañón para la obtención de almendra y el destino de las exportaciones de almendra 143

Figura 50 Principales países consumidores de almendra de marañón 145

Figura 51 Consumo de almendra de marañón en las diferentes regiones del mundo 148

Figura 52 Cultivos de marañón en Colombia 151

Figura 53 Distribución y proyección de la tasa de crecimiento del mercado de marañón a nivel mundial 153

Lista de tablas

Tabla 1	Colecciones internacionales de marañón	26
Tabla 2	Características agronómicas de clones de marañón con registro ICA para el Caribe colombiano	39
Tabla 3	Parámetros de productividad de clones mejorados de marañón en Brasil, recomendados por Embrapa	40
Tabla 4	Estimación de densidades de siembra, de acuerdo con el distanciamiento y el sistema de siembra que se emplee	55
Tabla 5	Valores medios de área de proyección de copa y volumen de agua para ser aplicados a árboles de marañón en función de la edad de la planta	58
Tabla 6	Extracción de nutrientes en fruto (nuez + manzana) por cada mil kilogramos de fruta cosechada	76
Tabla 7	Eficiencia de fuentes de fertilizantes	79
Tabla 8	Extracción total de nutrientes en función del rendimiento del cultivo en árboles de marañón, mayores de cinco años	80
Tabla 9	Estimación de la demanda de fertilizantes en función de la extracción de nutrientes por la fruta en árboles mayores de cinco años	81
Tabla 10	Listado de otros insectos del orden Coleoptera, reportados en el cultivo de marañón	88
Tabla 11	Otros artrópodos asociados al cultivo de marañón en la región Caribe colombiana	96
Tabla 12	Principales especies de artrópodos plaga presentes en los cultivos de marañón y algunas estrategias de manejo	98
Tabla 13	Estrategias para el manejo de enfermedades fúngicas en el marañón	125
Tabla 14	Producción anual de clones mejorados de marañón, periodo 2017-2020, en la localidad de la Zona Bananera, Magdalena (subregión Caribe seco)	128

Tabla 15 Producción anual de clones mejorados de marañón, periodo 2017-2019, en la localidad Chinú, Córdoba (Colombia) (subregión Caribe húmedo) 129

Tabla 16 Desempeño de genotipos de marañón en el rendimiento de la almendra 131

Tabla 17 Desempeño de genotipos de marañón en el proceso de clasificación según el tamaño de las nueces 135

Tabla 18 Estadísticas sobre parámetros de área cosechada y producción del cultivo de marañón a nivel mundial, año 2023 140

Tabla 19 Área cultivada, rendimiento y producción de marañón en América 146

Tabla 20 Proyectos de carbono en Colombia 156

Tabla 21 Esquema metodológico para la estructuración de proyectos de carbono 158



Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a todos los actores que integran la cadena productiva del marañón en Colombia, quienes, a través de sus diversas actividades de conservación, prácticas agrícolas, transformación y consumo, han contribuido de manera significativa al desarrollo y fortalecimiento de este sistema productivo. Su compromiso y visión han permitido reconocer el potencial del marañón en cada uno de sus eslabones, y lo han posicionado progresivamente como un cultivo relevante dentro de la dinámica agrícola del país. Los esfuerzos realizados por estos actores han sido fundamentales para promover la mejora continua de los procesos productivos, el desarrollo de tecnologías orientadas al fortalecimiento de la cadena y la proyección del cultivo hacia procesos de transformación con mayor valor agregado.

De igual manera, los autores agradecen a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, institución financiada con recursos públicos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), cuyo apoyo ha permitido la generación de conocimiento científico y el desarrollo de tecnologías orientadas a la diversificación, optimización y fortalecimiento del sector agropecuario colombiano. Así mismo, se reconoce el valioso apoyo de todo el equipo de investigadores, profesionales de apoyo a la investigación y asistentes de investigación, los cuales, desde sus distintos roles, han aportado de manera significativa a la construcción y consolidación de este modelo productivo.

Autores

Ender Manuel Correa Álvarez
Correo: ecorrea@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-7876-5052

Ingeniero agrónomo y magíster en Ciencias Agronómicas con énfasis en Fitomejoramiento de la Universidad de Córdoba, Colombia. Investigador MSc sénior en el Centro de Investigación Turipaná de AGROSAVIA, con más de 15 años de experiencia en investigación de cultivos hortícolas, frutales, yuca, café canéfora y especies forestales. Líder y colaborador en el desarrollo de variedades vegetales e integrante del grupo de investigación Sistemas Agrícolas del Trópico (SAT).

Lilibet Tordecilla Zumaqué
Correo: ltordecilla@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-0263-6427

Ingeniera agrónoma y magíster en Ciencias Agronómicas con énfasis en Sanidad Vegetal de la Universidad de Córdoba, Colombia. Investigadora MSc asociada en el Centro de Ivestigación Turipaná de AGROSAVIA, con más de 14 años de experiencia en la evaluación fitosanitaria de cultivos hortícolas, frutales y perennes. Líder de proyectos agroalimentarios con enfoque agroecológico orientados al desarrollo sostenible de los territorios y miembro del grupo de investigación Sistemas Agrícolas del Trópico (SAT).

Liliana María Grandett Martínez
Correo: lgrandett@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-9755-2017

Ingeniera agrónoma y magíster en Ciencias Ambientales con énfasis en Manejo Integrado de Cultivos. Cuenta con experiencia en el manejo de plagas en cultivos como algodón, maíz y hortalizas, y cacao. Líder en proyectos de agricultura urbana y periurbana. Ha participado en la cadena de valor del cacao y en la mejora de la calidad sanitaria del aguacate en Montes de María y restauración ecológica de plantaciones de cacao.

María del Valle Rodríguez Pinto
Correo: mdelvrodriguez@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-4820-8287

Ingeniera agrónoma y máster en Ciencias Agronómicas con énfasis en Sanidad Vegetal de la Universidad de Córdoba, Colombia. Investigadora máster asociada en el Centro de Investigación Turipaná. Tiene experiencia de más de 10 años en manejo integrado de cultivos, reconocimiento y monitoreo de artrópodos en los sistemas productivos, como berenjena, ají dulce, ahuyama, aguacate, cacao, café canéfora, marañón, agricultura urbana y periurbana, algodón y maíz. Ha sido líder regional de la Estrategia de Jóvenes Rurales.

Wilson Anchico Jojoa
Correo: wanchico@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-1993-1644

Ingeniero agropecuario egresado de la Universidad del Cauca, magíster en Agronomía con énfasis en Recursos Genéticos y Mejoramiento Vegetal de la Universidad de Brasilia y doctor en Agronomía con énfasis en Recursos Genéticos y Mejoramiento Vegetal de la Universidad de Brasilia. Asociado al Centro de Investigación Turipaná. Cuenta con experiencia en caracterización y evaluación vegetal, adaptación de cultivos a diferentes ambientes, estudios fenológicos, descripción de características agronómicas, estudio de parámetros genéticos, procesos de hibridación, entre otros.

Joaquín Alfonso García Peña
Correo: jagarcia@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-1805-9487

Ingeniero agrónomo del Universidad del Tolima, máster en Suelos y PhD en Suelos y Nutrición Vegetal de la Universidad Federal de Viçosa, Brasil. Está vinculado a AGROSAVIA desde 1993 y cuenta con experiencia en manejo de suelos, fertilización de cultivos, manejo, conservación y recuperación de suelos agrícolas degradados, estudios sobre fijación biológica de nitrógeno en cultivos (algodón, maíz, soya, sorgo, arroz, yuca, ñame, batata, palma de aceite y marañón).

Jorge Luis Romero Ferrer
Correo: jromero@agrosavia.org.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-7249-6549

PhD en producción vegetal de la Universidad Estatal del Norte Fluminense, Brasil. M.Sc. en fisiología vegetal de la Universidad Federal de Lavras, Brasil e Ingeniero agrónomo de la Universidad de Córdoba (Colombia). Investigador PhD Asociado en el Centro de Investigación Turipaná de AGROSAVIA, con más de 25 años de experiencia en investigación de cultivos hortícolas, arroz, yuca entre otros. Líder de proyectos de producción de semillas, fisiología vegetal y transferencia de tecnologías agrícolas. Integrante del grupo de investigación Sistemas Agrícolas del Trópico (SAT).

Antonio Martínez Reina
Correo: antoniomarti40@gmail.com
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-9312-842X

Economista de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, máster en Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia y doctor en Ciencias Económicas de la Universidad Autónoma de Baja California, México. Estuvo vinculado a AGROSAVIA en el periodo 1994-2024 como investigador PhD asociado, en el Centro de Investigación Turipaná. Desarrolló proyectos de investigación en el área de evaluación de resultados de investigación de las tecnologías de producción agropecuarias, encadenamientos productivos y análisis de política sectorial.

Manuel Espinosa Carvajal
Correo: mespinosa@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-8939-5472

Ingeniero agrónomo, magíster en Ciencias Ambientales con énfasis en Biodiversidad. Tiene experiencia en investigación en manejo de suelos, manejo del recurso hídrico, producción intensiva de especies forrajeras, medición de servicios ecosistémicos, agroclimatología y manejo de cultivos. Tiene experiencia en medición de gases de efecto invernadero y su interacción con los sistemas productivos, diseño de modelos productivos intensivos y autosostenibles, implementación de estrategias de mitigación y adaptación para los diferentes escenarios climáticos en sistemas productivos hortícolas y frutales de clima cálido.

Rubén Darío Rojas Pantoja
Correo: rdrojasp@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0009-0006-3044-822x

Ingeniero agrónomo y magíster en Ciencias Biológicas con énfasis en Biotecnología Vegetal. Es especialista en investigación en Fitopatología y Microbiología Agrícola, con experiencia en el uso de herramientas moleculares aplicadas a la identificación de microorganismos y estudios de diversidad genética. Competente en la formulación, ejecución y transferencia de proyectos interdisciplinarios, enfocados en la sostenibilidad y el fortalecimiento de sistemas agroecosistémicos.

Diana Sánchez López
Correo: dbsanchezlopez@correo.unicordoba.edu.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-9715-4097

Bacterióloga de la Universidad Metropolitana, magíster en Ciencias Biológicas con énfasis en Microbiología de la Pontificia Universidad Javeriana y estudiante del Doctorado en Ciencias Agrarias con énfasis en Fitopatología en la Universidad de Córdoba, Colombia. Tiene experiencia en microbiología de alimentos, inocuidad, implementación de estándares internacionales como BPL, BPM y APPCC. Tiene experiencia en investigación en biología y conservación de suelos, degradación de materia orgánica y biotecnología aplicada a bioinsumo microbianos, biorremediación de suelos contaminados y diagnóstico de enfermedades vegetales con enfoque agroecológico.

José Antonio Cantero Rivero
Correo: jcantero@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-5067-4105

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Córdoba, Colombia. Cuenta con experiencia en investigación agrícola, producción, transferencia de tecnología y acompañamiento técnico a productores de la región, en cultivos como maíz, arroz, sorgo, berenjena, ají y ahuyama. Está vinculado a AGROSAVIA como profesional de apoyo a la investigación, donde ha participado en proyectos de reducción del riesgo y adaptación al cambio climático, en procesos de producción de semilla básica y certificada

de variedades de maíz, registro y liberación de variedades de ahuyama (Agrosavia La Plata) y ají dulce tipo topito (Agrosavia Tropical).

Víctor Alfonso de la Ossa Albis
Correo: vdelaossa@agrosavia.co
Correo: https://orcid.org/0000-0003-0038-3008

Ingeniero agrónomo. Cuenta con una trayectoria profesional de 10 años en investigación en los programas de mejoramiento genético de yuca, ñame, especies hortícolas (ají, berenjena y ahuyama) y frutales; también tiene experiencia en el manejo de información científica, bases de datos, manejo de experimentos y análisis de información científica.

Jessica Johana Rivera Meneses
Correo: jriveram@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-4175-1519

Microbióloga de la Universidad de Pamplona y magíster en Biotecnología de la Universidad de Santander. Está vinculada a AGROSAVIA como profesional de apoyo a la investigación, y cuenta con más de 10 años de experiencia en estrategias de manejo y control de plagas en diferentes sistemas productivos, como cacao, cebolla ocañera, aguacate, durazno, plátano, marañón, maíz, café canéfora, entre otros. Cuenta con experiencia en manejo de laboratorios de microbiología agrícola para todo lo que se requiere en su plan normal de funcionamiento.

Ulises Rafael García Rodríguez
Correo: ugarcia@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0009-0003-8503-5826

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Córdoba, Colombia. Desde 2024 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 apoyo en el establecimiento de ensayos de abonos orgánicos como compost y vermicultura, ensayos agrícolas en cultivos de ñame, batata, ahuyama, berenjena y ají.

Jazmín Vanessa Pérez Pazos
Correo: jvperez@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-1889-8248

Bióloga de la Universidad de Nariño y magíster en Ciencias Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia. Está vinculada a actividades de investigación en AGROSAVIA desde 2015, y cuenta con experiencia en biotecnología en cultivo de tejidos *in vitro* (batata, yuca y plátano), caracterización de microorganismos con marcadores moleculares y análisis metagenómicos para determinar la diversidad microbiana, estudios de diversidad en plantas mediante GBS (batata, arroz, aguacate, sacha inchi y yuca), diseño y análisis de experimentos de invernadero y vivero con bioproductos en los cultivos de yuca, batata, ñame, plátano, cacao, aguacate y marañón.

Ana Milena Vásquez Bettin
Correo: avasquezb@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-6435-8464

Ingeniera agrónoma de la Universidad de Córdoba, Colombia. Actualmente, se desempeña como profesional de apoyo a la investigación en el Centro de Investigación Turipaná, y está adscrita a la Red de Innovación de Cacao. Tiene 11 años de experiencia en establecimiento de experimentos y manejo agronómico de cultivos tropicales de cacao, plátano y aguacate, y palma de aceite; además, ha participado en los últimos 7 años en la restauración ecológica de plantaciones improductivas de cacao y la multiplicación de semillas de calidad de plátano en altas densidades para mejorar los sistemas productivos de los agricultores.

Julio Ernesto Muñoz Falcon
Correo: jemunozf@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-1375-2426

Ingeniero agrónomo de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Venezuela, y doctor en Biotecnología Vegetal de la Universidad Politécnica de Valencia, España. Investigador PhD del Centro de Investigación Caribia de AGROSAVIA en el área de mejoramiento genético de plantas. Tiene más de 15 años de experiencia en investigación sobre conservación de recursos fitogenéticos, fitomejoramiento, producción de semillas de calidad, fortalecimiento de capacidades técnicas con pequeños productores y comunidades étnicas orientados a la gestión sostenible de la agrobiodiversidad.

Yesith Darith Montero Cantillo
Correo: ymonteroc@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-0521-2016

Ingeniero agrónomo de la Universidad del Magdalena. Es profesional de apoyo a la investigación en el Centro de Investigación Caribia de AGROSAVIA. Actualmente, hace parte de la Red de Innovación de Cultivos Permanente, y cuenta con más de 10 años de experiencia en cultivos como palma de aceite, forestales y frutales (marañón, mango, guayaba). También apoya los proyectos del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA) denominados Plan Nacional de Semillas y Bancos de Germoplasma Vegetal.

Marlon José Yacomelo Hernández
Correo: myacomelo@agrosavia.co
Orcis: https://orcid.org/0000-0002-5831-5246

Investigador de la Red de Innovación de Frutales en AGROSAVIA. Tiene habilidades para desarrollar programas de investigación y transferencia de tecnologías, con capacidades para identificar limitantes y proponer soluciones en el área de suelo, agua y nutrición vegetal que garanticen la preservación de los recursos naturales y contribuyan al aumento de la productividad de los cultivos.

Elías David Flórez Cordero
Correo: edflorez@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-5157-9898

Ingeniero agrónomo y magíster en Ciencias Agronómicas con énfasis en suelos de la Universidad de Córdoba, Colombia. Está vinculado como profesional de apoyo a la investigación en el Centro de Investigación Caribia de AGROSAVIA y cuenta con más de 10 años de experiencia en investigación en las áreas de fitotecnia, manejo y conservación de suelos, manejo agronómico de cultivos tropicales de importancia económica (plátano, cacao, banano, mango y cítricos), así como en el uso de sistemas de información geográfica (SIG) y en la aplicación de tecnologías de agricultura de precisión orientadas a la optimización y sostenibilidad de los sistemas productivos.

Eleonora Rodriguez Polanco
Correo: lrodriguezp@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-8553-2449

Ingeniera agrónoma de la Universidad del Tolima, magíster en Ciencias Agrarias con énfasis en Fitopatología de la Universidad Nacional de Colombia y PhD en Fitopatología de la Universidad Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Tiene 20 años de experiencia en el manejo integrado de enfermedades en cultivos como cacao, mango, aguacate, cítricos, pasifloras y plátano. Está enfocada en el conocimiento de la etiología y biología del patógeno, la comprensión de procesos de infección, los mecanismos de defensa activados por la planta y la aplicación de diferentes estrategias de manejo de enfermedades. Está vinculada como investigadora PhD asociada al Centro de Investigación Nataima de AGROSAVIA.

Vanessa Valencia Rodríguez
Correo: vvalencia@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-5803-4172

Microbióloga industrial de la Universidad de Santander. Cuenta con 6 años de experiencia en investigación, identificación, diagnóstico y control de enfermedades en diferentes sistemas productivos como maíz, cacao, pimienta, mango y marañón. En la actualidad, es profesional de apoyo a la investigación en el Centro de Investigación Nataima de AGROSAVIA, en líneas de fitopatología, biología molecular y poscosecha.

Adelina Rosa Caballero López
Correo: acaballerol@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-3656-2879

Ingeniera agrónoma de la Universidad de Córdoba, Colombia, y magíster en Agroforestería y Agricultura Sostenible del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Catie). Tiene experiencia en planificación, diseño, establecimiento, manejo y evaluación de sistemas agroforestales, y en el desarrollo de metodologías para valoración de diversidad florística y los servicios ecosistémicos asociados a agroecosistemas del trópico bajo, orientadas a la gestión sostenible de los sistemas productivos. Actualmente, está vinculada al Centro de Investigación Motilonia de AGROSAVIA.

Jaime Andrés Arias Rojas
Correo: jarias@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0003-1744-4997

Ingeniero forestal de la Universidad del Tolima, profesional de apoyo a la investigación adscrito a la Red de Cultivos Permanentes en el Centro de Investigación Motilonia de AGROSAVIA. Tiene experiencia en proyectos de investigación en temáticas como propagación, desarrollo y supervivencia de especies arbóreas nativas, comportamiento y silvicultura de plantaciones forestales, servicios ecosistémicos y ambientales, sistemas agroforestales y agroclimatologia.

Javier Orlando Orduz Rodríguez
Correo: jorduz@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-5286-7659

Ingeniero agrónomo de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, máster en Citricultura de la Universidad Politécnica de Valencia, España, y doctor en Fisiología de Cultivos de la Universidad Nacional de Colombia. Está vinculado a AGROSAVIA desde 1994 en el Centro de Investigación La Libertad. Cuenta con experiencia en ecología de cultivos y desarrollo de cadenas de valor de frutales en los Llanos Orientales, desarrollo de nuevos agronegocios de frutales para el trópico bajo de Colombia en cítricos, frutales asiáticos (mangostino y rambután), aguacates verdes, marañón y especies de interés en bioeconomía, orientados a mercados de valor.

Ángela María Arcila Cardona
Correo: aarcila@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-7353-5207

Bióloga y doctora en Ciencias Biológicas. Tiene 18 años de experiencia en las líneas de investigación: biología, ecología y manejo de insectos sociales (termitas y hormigas), ecología de especies invasoras, relaciones entre las características del paisaje, biodiversidad asociada y servicios ecosistémicos, modelación de distribución de especies aplicada a estudios de efectos del cambio climático y evaluación de riesgo fitosanitario, optimización de técnicas de muestreo de insectos en cultivos y estudios de caracterización de entomofauna asociada a cultivos. Actualmente, es investigadora PhD asociada al Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA.





CAPÍTULO 1.

Generalidades del cultivo de marañón

Clasificación botánica. La posición sistemática del marañón es:

Reino: Vegetal
División: Spermatophyta
Subdivisión: Angiospermae
Clase: Dicotyledoneae
Subclase: Archichlamideae
Orden: Sapindales
Familia: Anacardiaceae
Género: *Anacardium*
Especie: *Anacardium occidentale* L.

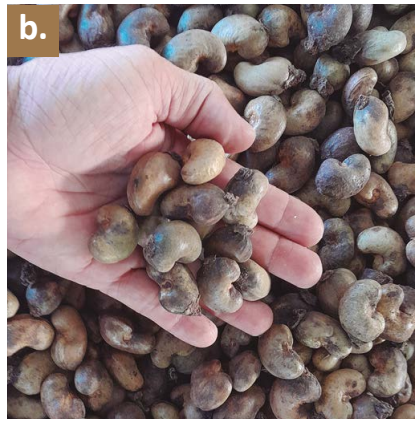
El marañón es un árbol perenne, con follaje coriáceo, de color verde oscuro y copa irregular. Es una planta de porte bajo y compacto de hasta 10 m de altura, la amplitud de la copa media esta entre 7-14 m (Orduz y Rodríguez, 2022). El marañón tiene hojas simples, gruesas y coriáceas, de textura lisa por ambas caras y dispuestas de forma alterna, son de oblongas a obovadas, tienen ápice romo y en la base son ligeramente cónicas. Respecto a las nervaduras, estas presentan nerviación pinnada con nervaduras paralelas que sobresalen en el envés (Lim, 2012; McLaughlin et al., 2006).

La raíz principal del árbol de marañón adulto penetra profundamente en el suelo y extiende sus raíces primarias y secundarias en forma de red para asegurar a la planta suficiente nutrición y agua. Se estima que la extensión de las raíces laterales depende de la edad del árbol, presentando una longitud de hasta 1,2 m en árboles de 1,5 años, de 4,6 m para un árbol de 2,5 años, de 5,6 m para árboles de 3,5 años y de 7,3 m para árboles de 6 años, mientras que la distribución horizontal puede alcanzar los 2 m de radio (Panda, 2013).

En relación con la floración, los árboles de marañón son polígamos y tanto las flores estaminadas como las hermafroditas se producen en la misma inflorescencia. La inflorescencia del marañón es una panícula abierta que generalmente se encuentra al final de las ramas terminales, por esta razón, la mayoría están en la periferia del árbol. La inflorescencia puede tener forma cónica, piramidal o irregular. El perianto es estrictamente pentámero, el cáliz tiene cinco sépalos estrechos pubescentes y la corola tiene cinco pétalos lanceolados con ápice en ambas superficies lineales (Lim, 2012; Panda, 2013; Orduz y Rodríguez, 2022).

El fruto del marañón está conformado por el pedúnculo y la nuez (figura 1). El pedúnculo botánicamente corresponde a un hipocarpio derivado del agrandamiento del pedicelo y el receptáculo de la flor. Se le conoce también como “manzana” o “pseudofruto” (Lim, 2012; Prabhakaran, 2010). La nuez o fruto verdadero, botánicamente es un aquenio con forma reniforme (Mothé et al., 2017; Hemshekhar et al., 2012). La almendra corresponde a la parte comestible de la nuez que se consume una vez se retira la cáscara y es de gran interés por su composición nutricional: 8,6% agua, 18,3% proteína, 41,9% extracto etéreo, 0,5% fibra cruda, 2,4% ceniza, 28,9% carbohidratos, 0,5% fósforo, 0,7% potasio, 0,2% magnesio, 588 ppm de calcio, 65 ppm de hierro y 66 ppm de zinc (Coto, 2003).







Fotos: Yesith Darith Montero Cantillo

Figura 1.

Fruto del marañón. a. Fruto completo del marañón, conformado por el pedúnculo y la nuez; **b.** Nuez, fruto verdadero; **c.** Almendra.

El marañón es un árbol nativo de los países tropicales de América, donde se le considera como su centro de origen al bosque amazónico de Brasil (Mashood, 2012). El género *Anacardium* registra alrededor de 21 especies, siendo el *Anacardium occidentale* L. la única especie cultivada del género, además de ser la especie de mayor dispersión a nivel mundial. Así mismo, se asocian como centros primarios y secundarios de diversidad del género *Anacardium*, a la región amazónica y El Cerrado brasileño, respectivamente (Paiva et al., 2003). *A. occidentale* es una especie diploide (2n = 42), predominantemente alógama y con alto grado de heterocigosis, lo cual repercute en la necesidad de requerir grandes muestras para representar la variabilidad contenida en las poblaciones naturales (Paiva et al., 2003; Aliyu y Awopetu, 2007).

Los primeros reportes de introducción de germoplasma de marañón se remontan al siglo XVI, cuando los portugueses introdujeron materiales provenientes de América a la India y a países africanos como Mozambique y Nigeria (Archak et al., 2009). Brasil, por su parte, ha adelantado colectas desde los años 50 en áreas de sabana y en otras regiones de su territorio. En el caso de Colombia, en los años 60, el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria (INCORA) introdujo materiales comerciales de marañón desde la India y, en los años 80, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) (antes CORPOICA) adelantaron la introducción de germoplasma de Brasil y de áreas de sabana en el país. Así, para el año 2010, a nivel mundial se estimó un total de 9.671 accesiones conservadas en diferentes bancos de germoplasma. Colombia conserva alrededor de 400 accesiones, lo que representa el 4,0% del germoplasma conservado (tabla 1). Estas colectas y la conservación de estos recursos genéticos del género *Anacardium* ha sido muy importante en la preservación de la especie y como fuente de variabilidad genética para los programas de mejoramiento genético en el mundo.

Tabla 1. Colecciones internacionales de marañón

Grupo de cultivos	Género	Banco de germoplasma		Accesiones		Tipo de accesión (%)				
		CI*	Sigla	#	%	ES	VL	LM	CA	OT
Anacardos	*Anacardium*	GHA005	CRIG	3.382	35			100		
Anacardos	*Anacardium*	IND003	CPRI	880	9					100
Anacardos	*Anacardium*	THA022	PHES	744	8				100	
Anacardos	*Anacardium*	BRA146	CNPAT	621	6					100
Anacardos	*Anacardium*	NGA008	CRIN	574	6					100
Anacardos	*Anacardium*	MOZ003	UDAC	530	6		100			
Anacardos	*Anacardium*	COL029**	AGROSAVIA	394	4					100
			Otros (64)	2.546	26	<1	32	9	4	55
			Total	**9.671**	**100**	**<1**	**14**	**37**	**9**	**40**

AGROSAVIA: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria; CA: cultivares avanzados; CI: código del instituto; CNPAT: Embrapa Agroindústria Tropical (Brasil); CRIG: Cocoa Research Institute of Ghana; CRIN: Cocoa Research Institute of Niger; CPRI: Central Potato Research Institute (India); ES: especies silvestres; LM: líneas en mejoramiento; OT: (otros) de tipo desconocido o una mezcla de dos o más tipos; PHES: Plew Horticultural Experimental Station (Thailand); UDAC: Unidade de Direcção Agraria de Cajú (Mozambique); VL: variedades locales.

Fuente: Food and Agriculture Organization [FAO] (2010)*; Valencia et al. (2010)**

Los trabajos de investigación sobre el cultivo de marañón en Colombia fueron iniciados por el ICA en el año 1988 y, a partir de 1994, fue continuado por AGROSAVIA. La investigación se ha centrado principalmente en la mejora genética del material de siembra, para ello, con el apoyo del centro de investigación Embrapa Agroindustria Tropical, se seleccionaron diez (10) accesiones de marañón, procedentes del banco de germoplasma de Colombia, por sus atributos sobresalientes en rendimiento y calidad de nueces; de los cuales, finalmente en el año 2016, se registraron ante el ICA tres (3) clones denominados comercialmente como Agrosavia Mapiria, Agrosavia Yopare y Agrosavia Yucao, con dominio de recomendación para la altillanura plana de los llanos orientales de Colombia (Arango et al., 2016; Román Hoyos, 1992). Actualmente, en el país se están llevando a cabo investigaciones en la exploración de materiales poliméricos funcionales, biopolímeros, óxido de grafeno y filamentos para impresión en 3D, entre otros a base de la cáscara de marañón, con miras a lograr el aprovechamiento de este subproducto desde un enfoque de economía circular (Arrieta et al., 2025; Acosta et al., 2025; Arrieta, Combatt y Palencia, 2024; Arrieta, Nuñez y Pestana, 2024; Paternina et al., 2023).

La Cadena Nacional del Marañón calcula que, para el año 2030, las diferentes regiones con potencial de siembra del cultivo en el país pueden llegar a tener alrededor de 30.000 hectáreas plantadas, de las cuales más de 10.000 hectáreas podrían estar en producción, con lo cual, se pueden producir entre 2.500 y 3.000 toneladas de almendra, lo que posicionaría a Colombia como el segundo productor de almendra de marañón en las Américas, después de Brasil; además, con el incremento del área plantada y del aumento de la producción de almendra se necesitarían identificar los nichos de mercado para esa producción en los mercados globales, aumentar el consumo local, tanto de almendra como de productos de la manzana en los mercados regionales, y para su uso en la agroindustria (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022).

A nivel gubernamental, algunos instrumentos que buscan promover el sistema productivo del marañón se enmarcan en el Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del sector Agropecuario colombiano (PECTIA), que relaciona las demandas de investigación para el sistema productivo de marañón, en las cuales se destacan: 1) validación y estandarización de procesos agroindustriales, 2) consolidación y validación

del paquete tecnológico del cultivo, 3) procesos de transferencia de tecnología a los productores, 4) investigación, desarrollo e innovación en el aprovechamiento de los subproductos e 5) identificación, evaluación y selección de clones de alta productividad y con adaptación a las condiciones edafoclimáticas de la región, principalmente (Betancourt y Ramírez, 2017). Así mismo, la Cadena Nacional del Marañón y su agroindustria, inscrita y reconocida por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) en Colombia, bajo la Resolución 000087 del 2022, señala que sus integrantes han establecido acuerdos en aspectos mínimos como: 1) mejora de la productividad y competitividad; 2) desarrollo del mercado de bienes y factores de la cadena; 3) disminución de los costos de transacción entre actores de la cadena; 4) desarrollo de alianzas estratégicas; 5) mejora de la información; 6) formación del recurso humano, y 7) investigación y desarrollo, principalmente (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022).

El Caribe colombiano es proyectado como el nuevo epicentro de la productividad del marañón, al presentar condiciones climáticas y de suelo propicias para el cultivo, tales como épocas secas bien definidas para la recolección de la cosecha y suelos bien drenados; sin embargo, prácticas imperantes como: 1) la siembra de materiales criollos de marañón de baja productividad y alta heterogeneidad; 2) la escaza implementación de prácticas de manejo agronómico (análisis de suelo, uso de clones mejorados, planes de fertilización, podas, control de arvenses, plagas y enfermedades principalmente), y 3) el manejo artesanal y la semimecanización del proceso de poscosecha para la obtención de la almendra y el aprovechamiento del pseudofruto, limitan el desarrollo del sistema productivo. Es por ello que el objetivo del presente documento es dar a conocer las tecnologías, las recomendaciones, las prácticas y los procesos desarrollados a partir de procesos de investigación e innovación regional, nacional e internacional, como guía técnica para el establecimiento y el manejo de huertos comerciales de marañón en la región Caribe de Colombia.

CAPÍTULO 2.

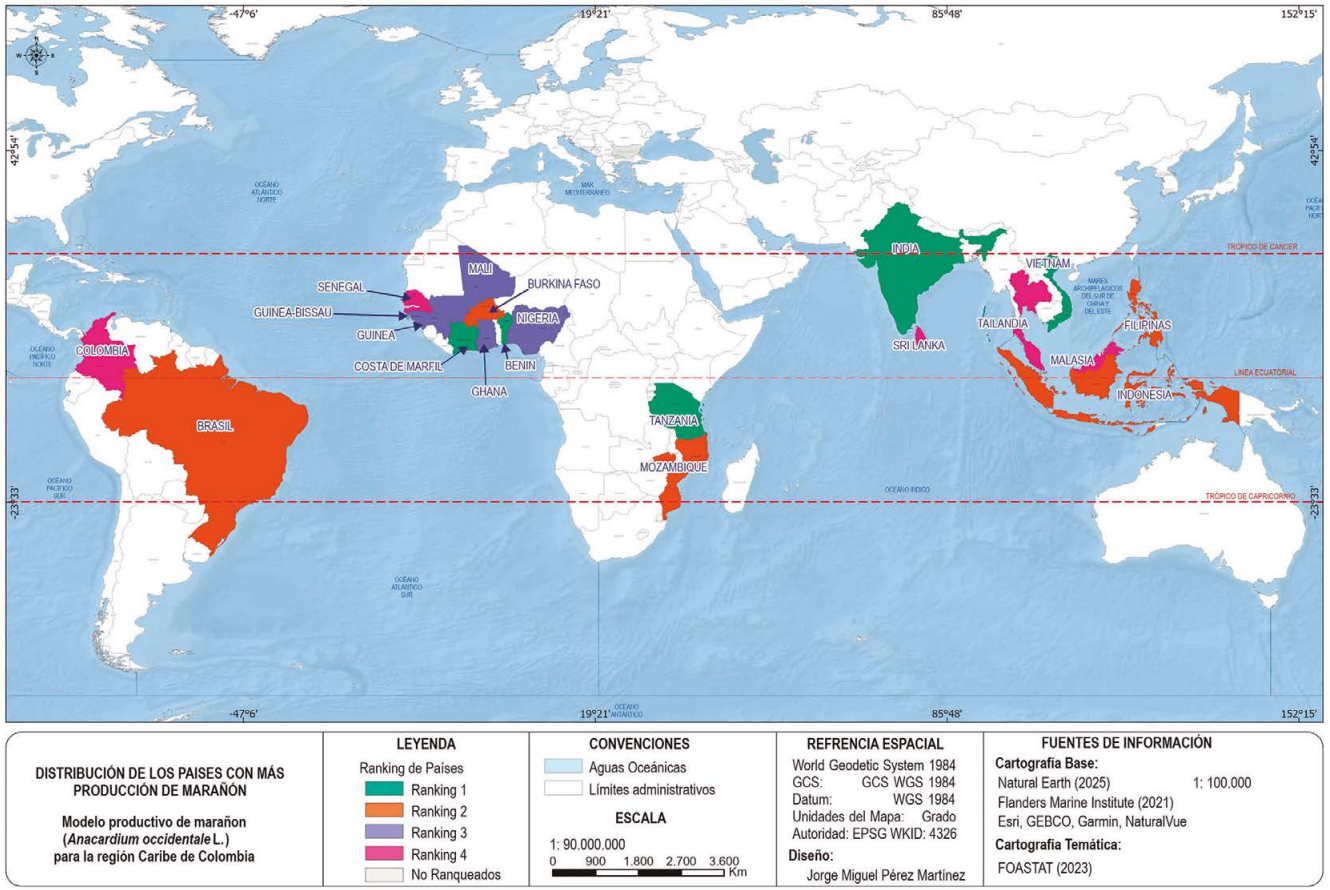
Requerimientos edafoclimáticos

Aspectos climáticos

Temperatura

Debido a su origen tropical, la planta de marañón presenta un rango de adaptación a temperaturas entre los 22 °C y los 38 °C. Los huertos comerciales de marañón se han establecido principalmente en sitios con temperaturas medias anuales de 27 °C, dado que temperaturas inferiores a los 18 ºC afectan su crecimiento y productividad, debido a su sensibilidad a las bajas temperaturas (Olubode et al., 2018; De Araujo, 2015; Panda, 2013; Prabhakaran, 2010).

Las principales regiones productoras se concentran en la zona intertropical, en especial cerca de la línea ecuatorial, donde se localizan los principales países productores de Asia, África y América, como son Costa de Marfil, India, Tanzania, Indonesia, Benín, Brasil, Vietnam, Ghana, Guinea-Bisáu, Mozambique, Burkina Faso y Filipinas (Food and Agriculture Organization [FAO], 2023) (figura 2).



Nota: Los *ranking* 1, 2, 3 y 4 corresponden a los grupos de cinco países con mayor producción de nueces de marañón a nivel mundial. *Ranking* 1: Costa de Marfil, India, Vietnam, Benín y Tanzania; *Ranking* 2: Indonesia, Mozambique, Burkina Faso, Filipinas y Brasil; *Ranking* 3: Ghana, Guinea Bissau, Nigeria, Guinea y Malí; *Ranking* 4: Colombia, Tailandia, Malasia, Sri Lanka y Senegal.

Fuente: Elaboración propia con datos de la FAO del año 2023

Figura 2.

Distribución geográfica del marañón en el mundo.

La mayor parte de la región Caribe de Colombia registra temperaturas medias que oscilan entre los 26 °C y los 28 °C. Los mayores valores se presentan en el extremo norte, en sectores de La Guajira y a lo largo del valle del Cesar, con valores medios ligeramente superiores a los 28 °C. Los menores valores ocurren en el sur de Córdoba, sur de Bolívar y en sectores de la franja litoral. Los valores máximos de temperatura se presentan durante el primer trimestre del año, coincidiendo con la temporada seca. En estas áreas, un segundo máximo de temperatura menos pronunciado se registra en los meses de julio y agosto, coincidiendo con el descenso de lluvias de mitad de año (Hurtado et al., 2017) (figura 3).

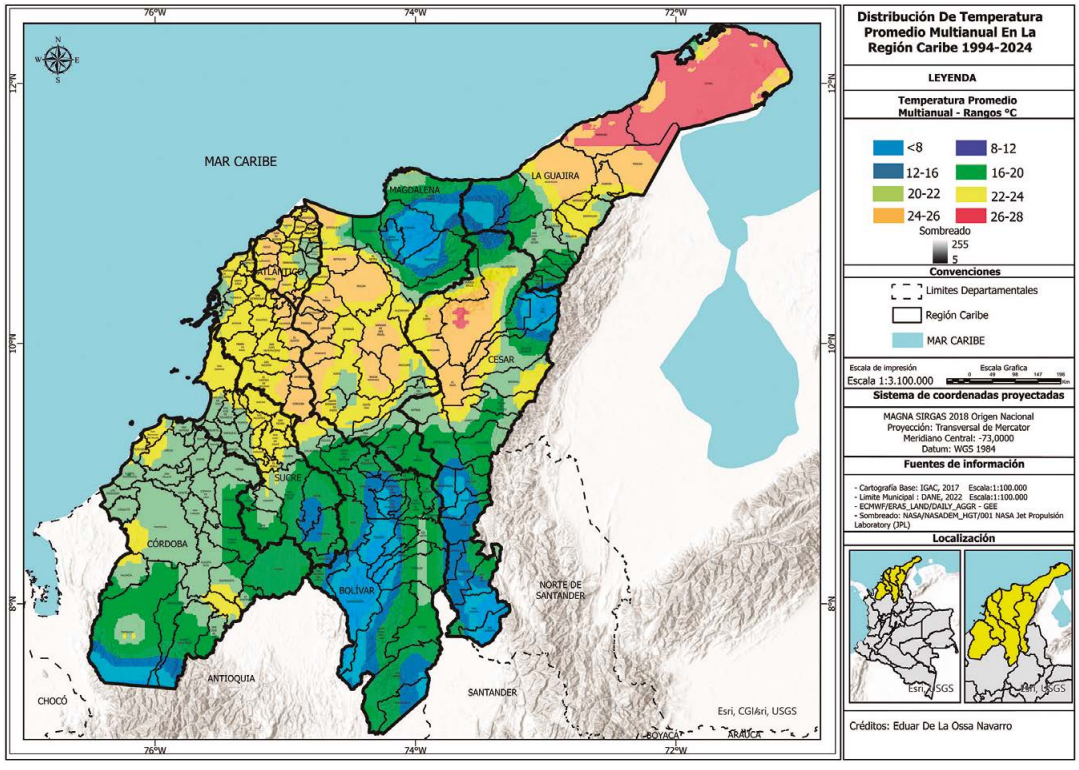


Figura 3.

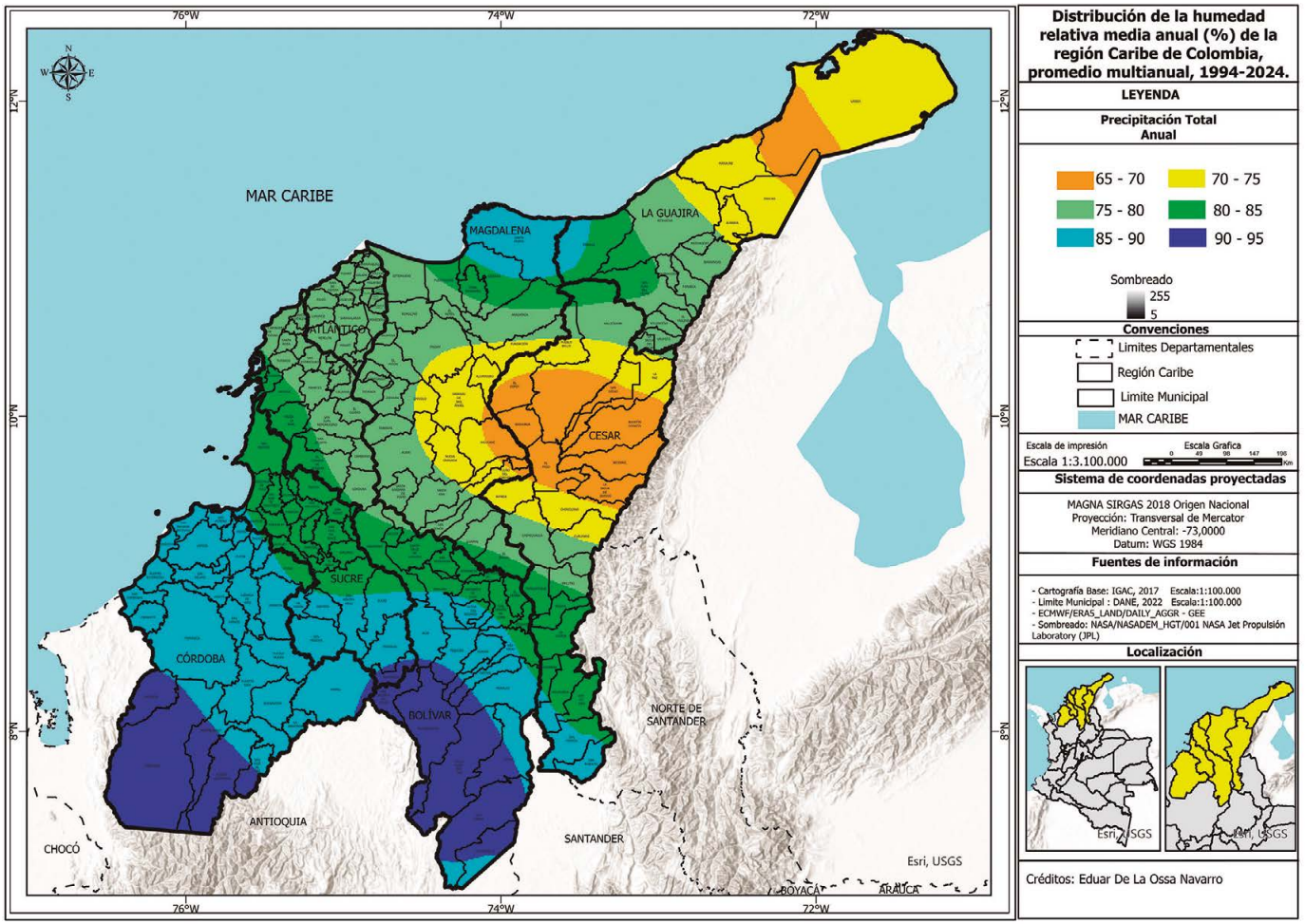
Distribución de la temperatura media anual (°C) de la región Caribe de Colombia, promedio multianual, 1994-2024.

Fuente: Elaboración propia

Humedad relativa del aire

En cuanto a la humedad relativa del aire, el marañón se desarrolla bien entre los límites del 60,0% y el 80,0%. En regiones donde la humedad relativa del aire es superior al 85,0%, se observa mayor incidencia de enfermedades fúngicas en hojas, flores y frutos, especialmente antracnosis (*Colletotrichum* sp.) y mildeo velloso (*Oídium* sp.) (De Araujo, 2015; Prabhakaran, 2010).

La alta y media Guajira registran un comportamiento bimodal de la humedad durante el año, con una época principal de bajas humedades en junio-julio-agosto y un segundo mínimo en enero-febrero. En estos meses, los valores oscilan entre el 60,0% y el 70,0%. Las humedades más altas se registran en la segunda época de lluvias, especialmente en octubre y noviembre, cuando se alcanzan valores que pueden superar el 80,0% en promedio. Sobre la franja litoral y en el resto de la región, la marcha anual es aproximadamente monomodal. Las humedades mínimas se registran en el primer trimestre y luego se presenta un ascenso paulatino hasta alcanzar un máximo en octubre y noviembre, correspondientes a la segunda temporada lluviosa. En algunas zonas, especialmente hacia el interior de la región, se insinúa un leve descenso de las magnitudes medias en julio y agosto. Los valores mensuales durante el año pueden oscilar entre el 65,0% y el 85,0% (Hurtado et al., 2017) (figura 4).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.

Distribución de la humedad relativa media anual (%) de la región Caribe de Colombia, promedio multianual, 1994-2024.

Precipitación pluviométrica

A pesar de ser una especie que tolera sequías, el desarrollo del cultivo de marañón se realiza con éxito cuando las precipitaciones anuales oscilan entre 800 mm y 1.500 mm, distribuidos en cinco a siete meses y un periodo seco de cuatro a seis meses que coincida con la floración y la fructificación del cultivo. En precipitaciones inferiores a los 800 mm anuales, es aconsejable la aplicación de riego suplementario en algunas épocas del año. El éxito del cultivo, como de muchos otros, depende más de la distribución del agua que de su cantidad. Zonas con mala distribución de lluvias o con periodos de sequía pronunciados dan como resultado una floración irregular y una disminución en la formación de frutos. Dado que el marañón no tolera encharcamiento, algunas zonas pueden ser consideradas marginales cuando la precipitación anual supera los 2.000 mm al año y los suelos presenten mal drenaje (De Araujo, 2015).

La región Caribe registra un comportamiento bimodal en la precipitación, principalmente en el norte y centro de la región. En general, el periodo seco del año comprende los meses entre diciembre y abril, con una cantidad de eventos lluviosos menor a cuatro días/mes. El periodo de lluvias corresponde principalmente a los meses de mayo y junio, durante el primer semestre, y de septiembre a octubre, durante el segundo semestre, con un máximo destacado en el mes de octubre, con una media de alrededor de 15 días lluviosos. En el mes de julio generalmente se presenta una disminución importante de los eventos lluviosos conocido como “veranillo de San Juan”, mientras que los meses de agosto y noviembre generalmente registran un comportamiento de transición entre los periodos seco-lluvioso (agosto) y lluvioso-seco (noviembre) (Hurtado et al., 2017) (figura 5).

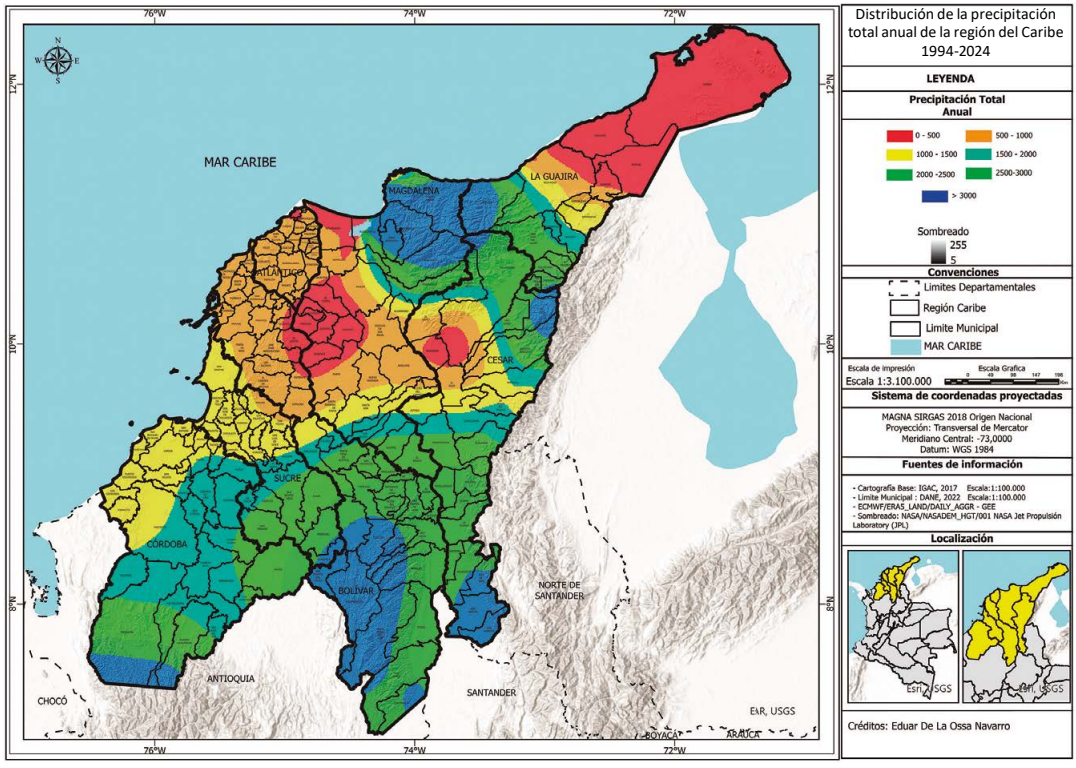


Figura 5.

Distribución de la precipitación total anual (mm) de la región Caribe de Colombia, promedio multianual, 1994-2024.

Fuente: Elaboración propia

Altitud

Para que la producción sea exitosa y se prevengan ataques de enfermedades, se recomienda sembrar a altitudes inferiores a los 450 m s.n.m. Dada la influencia de la altitud sobre la temperatura, las mayores plantaciones a nivel mundial de marañón se encuentran más cerca del ecuador (Prabhakaran, 2010).

Otros aspectos ambientales

Luminosidad: el cultivo de marañón demanda al menos seis horas de luz solar diaria. *Vientos*: en sitios con velocidades de viento frecuentes mayores de 7 m/s se presenta caída de flores y frutos. Desde estos escenarios, se recomienda el establecimiento de barreras rompevientos.

Aspectos edafológicos

El marañón se adapta a una gran diversidad de suelos, sin embargo, se recomiendan aquellos de tipo fértiles, profundos, aireados, bien drenados y con suficiente capacidad de almacenamiento de agua en el suelo. Así mismo, se debe tener claridad de que en terrenos marginales (suelos con pedregosidad, capas compactas, salinos, niveles freáticos <2 m y >10 m, etc.), las producciones serán marginales, aunque otras labores culturales estén bien realizadas. El marañón crece bien entre los terrenos de textura franco a franco arcillosos (con contenidos de arcilla entre el 16,0% y el 35,0%), con buen drenaje. Además, terrenos con contenido de arcilla superiores al 35,0% no son adecuados para el cultivo del marañón, ya que están sujetos a inundación en épocas de fuertes lluvias y su textura no permite un correcto drenaje y suficiente aireación. En suelos arcillosos, es necesario considerar las oscilaciones del nivel freático, así como el encharcamiento en épocas de alta precipitación; mientras que pendientes superiores al 25,0% no son recomendables (De Araujo, 2015; Prabhakaran, 2010).

Los suelos ideales serán aquellos que presenten textura franco-arenosa, profundos, bien drenados, fértiles y preferentemente con pH entre 5,5 y 7,0. En cuanto a la profundidad de suelo, el sistema radicular de la especie es pivotante, por lo tanto, necesita terrenos profundos para lograr una buena absorción de nutrientes, agua y anclaje. Se recomiendan aquellos con profundidad superior a 100 cm sin capas endurecidas y sin pedregosidad para que el desarrollo del cultivo se exprese en niveles aceptables. Al tener en cuenta que los árboles de marañón presentan la cosecha en época seca, se necesita utilizar el agua presente en el subsuelo como reserva para optimizar su cosecha (Crisóstomo et al., 2009; De Araujo, 2015).



CAPÍTULO 3.

Material de siembra

Se estimó que para el año 2022, en la región Caribe de Colombia, se encontraban establecidas alrededor 480 hectáreas de cultivos de marañón, de las cuales, 450 hectáreas están actualmente en producción. Estas corresponden a huertos comerciales, cuyos árboles de marañón fueron obtenidos a partir de semilla sexual de cultivares criollos, con rendimientos promedios reportados por los agricultores entre los 450 y 700 kg de nueces por hectárea.

AGROSAVIA comenzó, en el año 2013 en la región Caribe, los ensayos de adaptación y las pruebas de rendimiento de los clones mejorados y liberados para la subregión natural de la altillanura plana de la Orinoquía. Como resultado de estos ensayos, en el año 2021 y de acuerdo con la resolución ICA n.° 107182, se otorgó la ampliación de registro al clon mejorado "Agrosavia Mapiria Ao1" para la subregión natural Caribe, y en el año 2023, de acuerdo con la resolución ICA n.° 00006030, se le otorgó el registro al nuevo clon de marañón "Agrosavia Caribe" para la subregión natural Caribe de Colombia (tabla 2). En Brasil, la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), producto de la investigación desarrollada sobre el marañón, recomienda 14 clones mejorados para las diferentes zonas productivas de Brasil, los cuales expresan valores de productividad de pedúnculos, nueces y almendras próximos a los clones mejorados en Colombia (tabla 3).

El establecimiento de huertos comerciales de marañón, a partir de plantas propagadas por semilla sexual, presenta desventajas agronómicas como desuniformidad de los árboles (arquitectura, altura, dimensiones, morfología, etc.) y alta variación en la productividad de pedúnculos, nueces y

almendras en términos de cantidades, dimensiones, peso y calidad. Esto afecta negativamente su aprovechamiento como materia prima para su comercialización y posteriores procesos agroindustriales. En este sentido, AGROSAVIA recomienda la propagación vegetativa de clones mejorados: Agrosavia Mapiria y Agrosavia Caribe, a través de la tecnología de tubetes.

Los tubetes, como alternativa al uso tradicional de bolsas de vivero en la producción de material de siembra de marañón, son una tecnología desarrollada inicialmente por Embrapa y ajustada al contexto nacional colombiano por AGROSAVIA. Entre las ventajas más destacadas con el uso de tubetes, en comparación con la bolsa de vivero tradicional, se encuentran: 1) la reducción significativa de las cantidades de sustrato requerido; 2) una mayor facilidad de manejo de plantas en vivero; 3) un mejor desarrollo y protección del sistema radical durante la producción, el transporte y la siembra del árbol en campo; 4) la reutilización de los tubetes, y 5) unos menores costos de producción y transporte del material de siembra (Arango, 2020).

Tabla 2. Características agronómicas de clones de marañón con registro ICA para el Caribe colombiano

Parámetro	Unidad	Zona Bananera, Magdalena (Caribe seco)		Chinú, Córdoba (Caribe húmedo)	
		Agrosavia Mapiria	Agrosavia Caribe	Agrosavia Mapiria	Agrosavia Caribe
Inicio de fructificación	Años	3	3	3	3
Época de floración	Meses	diciembre-abril	diciembre-mayo	diciembre-abril	diciembre-mayo
Época de cosecha	Meses	marzo-mayo	marzo-mayo	marzo-mayo	marzo-mayo
Vida útil	Años	30	30	30	30
Altura de planta	m	7	6,3	7	6,1
Diámetro de copa	m	11	11,3	9,1	9,8
Diámetro de tallo	cm	29,5	25,7	26	24
Habito de crecimiento	-	Vertical y abierto	Vertical y compacto	Vertical y abierto	Vertical y compacto
Pedúnculo					
Peso (1)	g	91,5	84,6	54,7	47,5
Color		Amarillo	Rojizo	Amarillo	Rojizo
Solidos solubles totales	°brix	13,3	13,5	-	-
Rendimiento (1)	kg/ha	13.000	12.024	5.922	5.933
Nuez					
Peso (1)	g	10,7	9,2	13,1	10,4
Nueces por árbol	#	1.383	1.389	1.167	1.318
Producción de nueces por árbol	kg	14,7	12,8	14,3	13,7
Rendimiento (1)	kg/ha	1.472	1.236	1.432	1.284
Almendra					
Peso (1)	g	2,7	2,3	3,1	2,4
Rendimiento (1)	%	25,4	25	24,4	23,9
Clasificación		W180	W210	W180	W210

Nota: (1): valor promedio de los primeros cuatro años de producción en la Zona Bananera, Magdalena (2017-2020) y promedio de los tres primeros años de producción en Chinú, Córdoba (2017-2019). Distancia de siembra de 10 m × 10 m (100 árboles/ha).

Fuente: Elaboración propia con datos de las resoluciones del ICA 107182 del 2021 y 00006030 del 2023

El ICA, en su Resolución n.° 0780006 del 26/11/2020, establece los requisitos para el registro de viveros o huertos básicos, dedicados a la producción y comercialización de material vegetal de propagación para la siembra en el país (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2020). A continuación, se presentan algunos parámetros, requisitos, insumos y procesos para la producción de material de siembra de calidad, recomendados con la tecnología de tubetes por AGROSAVIA y acordes con el cumplimiento de la Resolución ICA n.° 0780006 del 2020.

Tabla 3. Parámetros de productividad de clones mejorados de marañón en Brasil, recomendados por Embrapa

CLON	Pedúnculo		Nuez		Almendra	
	Peso	Rendimiento	Peso	Rendimiento	Peso	Rendimiento
	g	kg/ha	g	kg/ha	g	%
CCP 06	95	5.400	6,5	600	1,8	27,0
CCP 76	127	13.700	8,3	1.200	2,1	24,0
CCP 09	96	11.600	8,8	1.200	2,4	28,0
CCP 1001	85	14.000	6,8	1.180	2,0	29,0
EMBRAPA 50	120	12.000	9,5	1.000	2,9	28,0
EMBRAPA 51	117	15.000	10,4	1.650	2,6	25,0
BRS 189	140	8.900	8,6	1.350	2,0	25,0
BRS 226	120	12.000	8,3	1.200	2,1	24,0
BRS 253	105	15.000	10,7	1.500	2,7	26,0
BRS 265	90	12.000	10,9	1.400	2,6	25,0
BRS 274	128	10.000	15,8	990	3,6	22,0
BRS 275	108	10.000	12,7	1.050	3,5	27,0
BRS 555	114		10,1	2.700	2,5	23,4
BRS 805		23.800	10	1.800	2,3	23,2

Nota: SST: sólidos solubles totales.

Fuente: Elaboración propia con datos de Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Embrapa, 2020, 2022) y Moura (2025)

Referencias

Embrapa (2020). Clones de cajueiro. Embrapa Agroindústria Tropical. 28p. https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1125932/clones-de-cajueiro

Embrapa (2022). Clone de cajueiro-anão BRS 555. Embrapa Agroindústria Tropical. 6p. https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1148413/clone-de-cajueiro-anao-brs-555

Moura (2025). Nova cultivar BRS 805 reforça a produção de cajueiro no Ceará. Revista Cultivar. https://revistacultivar.com.br/noticias/nova-cultivar-brs-805-reforca-a-producao-de-cajueiro-no-ceara

Vivero

Localización

Se recomienda:

- Instalar el vivero en un terreno plano o ligeramente inclinado (2,0-3,0% de pendiente), con buen drenaje y cercano a fuentes de agua disponibles.
- Alejar del vivero a árboles y construcciones que interfieran en la luminosidad y la aireación, llegando a afectar el normal desarrollo de las plantas.

Cercamiento

Este cumple con la función de evitar el libre paso de personal no autorizado y de animales. El perímetro del vivero debe estar libre de malezas y otras plantas que puedan ser hospedantes de plagas y enfermedades, que afecten la sanidad de las plántulas de marañón que se propagarán.

Infraestructura

La Resolución ICA n.° ICA 0780006 del 2020 (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2020) señala que los viveros deberán tener una infraestructura física apropiada, cubiertas para el manejo de luminosidad, radiación solar y aguas lluvias, así como sitios de desinfección de calzado y lavado de manos de las personas al ingreso para cada uno de los procesos que se realicen, garantizando las condiciones fitosanitarias del material vegetal de propagación a producir o comercializar (figura 6). Las áreas de un vivero de marañón deben ser las siguientes:

- Áreas de producción técnica y comercial de plántulas, patrones o yemas de las especies registradas de cada grupo vegetal, con un aislamiento perimetral definido por el asistente técnico y con un sitio de desinfección al ingreso.

- Áreas para ubicación de plántulas o patrones de las especies registradas de cada grupo vegetal para su injertación, crecimiento o distribución, aisladas del contacto directo con el suelo o en camas elevadas mínimo a 15 cm, sobre pisos sin encharcamientos, con un aislamiento perimetral.
- Área de manejo de sustratos y llenado de bolsas con un aislamiento perimetral y del suelo desnudo, que evite la contaminación por plagas y con un sitio de desinfección de operarios al ingreso (mínimo manos y calzado).

Otras áreas destinadas para:

- Manejo y disposición final de residuos vegetales y no vegetales.
- Almacenamiento de insumos agrícolas autorizados por el ICA.
- Dosificación y preparación de mezclas de insumos agrícolas. Todos los insumos agrícolas utilizados deben estar autorizados por el ICA.
- Almacenamiento de equipos, utensilios y herramientas de labranza.
- Tabletas, letreros o etiquetas con la identificación de las áreas establecidas en los numerales anteriores y de las especies y variedades de todas las plantas del vivero.
- Desinfección y limpieza de herramientas y equipos de trabajo.
- Área de tratamiento de agua usada en riego, de ser necesario, donde se pueda dosificar y cuantificar el uso de esta, así como el uso de los fertilizantes necesarios.

Manejo agronómico

Para la producción de plantas injertadas de marañón en tubetes, se requieren los siguientes materiales y procesos (Arango, 2020):

- Tubetes: son contenedores de polipropileno en forma de cono con dimensiones en su parte superior de 5,2 cm de ancho en la abertura exterior, pestaña del tubete de 3 mm y 4,8 cm de diámetro interno. Se recomiendan longitudes del tubete entre 18 y 19 cm, para un volumen de sustrato de 290 a 330 cm^3. El tubete presenta: 1) un orificio en su parte inferior para el drenaje del agua y así controlar el crecimiento de

las raíces (fototropismo negativo) y 2) estrías internas que permitan la conducción de las raíces hacia abajo y que impidan el enrollamiento de la raíz principal.

- Mesas portatubetes: son estructuras de metal, madera inmunizada o cualquier otro tipo de material, que sostienen las mallas donde van suspendidos los tubetes. Por su durabilidad y versatilidad, se recomienda el empleo de mesas metálicas desarmables con mallas portatubetes aceradas, onduladas y en cuadrículas, de aproximadamente 25 cm^2. Las dimensiones recomendadas de las mesas son de 1 m de altura, 1 m de ancho y 2 m de largo, con lo que se logra una capacidad de alrededor de 387 unidades de tubetes por mesa.
- Sustratos: su composición debe suplir un favorable desarrollo de raíces mediante una adecuada capacidad de retención de agua, buen drenaje, nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas a propagar y estar desinfectados para garantizar la sanidad vegetal del material de siembra. Al elegir alguna alternativa comercial de sustrato ofertada en el mercado, se debe tener presente que esta cumpla con todos los criterios descritos anteriormente o complementarlos si fuese necesario con fuentes de nutrientes o tratamientos de desinfección. Para la propagación vegetativa de plantas de marañón en tubetes, se recomienda como sustrato una mezcla en proporción 2:2:1 de material inerte (cascarilla de arroz lavada), materia orgánica (gallinaza bien descompuesta y seca) y suelo (suelo virgen sin cultivar o aluvión), respectivamente.
- Producción de patrones o portainjertos: el patrón o portainjerto recomendado por AGROSAVIA para la producción de plantas injertadas de marañón es genotipo o clon C-3680; material criollo de alta productividad de semilla y rusticidad. La semilla sexual del clon C-3680 se recomienda que sea adquirida de huertos básicos (jardín de semillas) con registro ICA de este genotipo o de viveros autorizados por el ICA para la venta y comercialización de la semilla sexual de dicho patrón. En Colombia, los huertos básicos de producción de semilla sexual del patrón C-3680 se encuentran en los Centros de Investigación (CI) de AGROSAVIA: CI Carimagua, ubicado en el municipio de Puerto Gaitán (Meta), y en el CI Caribia, ubicado en el municipio de Zona Bananera (Magdalena); en estos huertos los árboles que los integran fueron verificados genotípicamente por marcadores moleculares en el año 2023.

Los tubetes deben ser llenados completamente con el sustrato y compactados ligeramente con un suave golpe de su base contra una superficie dura. Las semillas que darán origen al patrón deben ser remojadas en solución fungicida unas 24 horas antes de la siembra en los tubetes. En este proceso, se debe retirar la semilla flotante o vana.

La semilla del patrón se coloca en el centro del tubete, a unos 3 cm de profundidad, asegurándose de que la cicatriz del pedúnculo quede hacia arriba. Desde la siembra y hasta la emergencia de las plántulas, se debe asegurar que el sustrato permanezca a capacidad de campo, para ello, durante este periodo los tubetes deben estar bajo polisombra del 60,0% y, en caso de registrar temperatura ambiente superior a los 38 °C, colocar adicionalmente polisombra del 35,0% sobre los tubetes para mantener la humedad; una vez iniciada la emergencia, las polisombras (60,0% y 35,0%) deben retirase.

El crecimiento y desarrollo de los portainjertos o patrones de marañón en vivero se expresan aproximadamente así:

- 1-7 días después de la siembra: germinación y emergencia.
- 14-21 días después de la siembra: las plantas deberán tener tres o cuatro hojas jóvenes en proceso de expansión.
- 30-35 días después de la siembra: las plantas deberán tener de seis a ocho hojas jóvenes.
- 45-50 días después de la siembra: los patrones se encuentran listos para injertar. Para ello, se deben seleccionar las plantas con diámetro del tallo entre 5,0 a 5,5 mm, una altura entre 20 y 25 cm, un número de hojas maduras de entre ocho y nueve, las plantas deben ser vigorosas, con tallos erectos y únicos. Así mismo, descartar aquellas plantas que presenten deformidades, deficiencias nutricionales y afectaciones fitosanitarias.

Finalmente, tener presente que después de la emergencia y hasta lograr plantas aptas para portainjertos (45-50 días después de la siembra), se debe mantener el vivero a plena exposición de radiación solar y protegido de la lluvia. Para ello, los viveros deben contar con techos y polisombras internas; las polisombras, en lo posible, con mecanismos

retráctiles o abatibles que permitan regular la exposición de la radiación o luminosidad interna, de acuerdo con el estado fenológico que las plantas de vivero lo requieran.

- Proceso de injertación: en la producción de árboles injertados de marañón para el establecimiento de huertos comerciales en la región Caribe de Colombia, AGROSAVIA recomienda como portainjertos o patrón el uso del clon "C-3680" y como copas los clones "Agrosavia Mapiria" y "Agrosavia Caribe" (figura 7). La semilla sexual del patrón y las yemas de las copas deben ser adquiridas de viveros o huertos básicos con registro ICA que acredite la producción y comercialización específica de dichos clones.

  Las yemas de las copas a emplear en la injertación deben tener una longitud de 20 cm y un diámetro aproximado al grosor del tallo de los patrones (entre 5,0 y 5,5 mm) y ser colectadas bajo condiciones de crecimiento vegetativo, con consistencia de herbácea a semileñosa, yema apical entumecida (próxima a brotar) y hojas terminales maduras. Adicionalmente, los árboles madre cosechados como fuente de yemas deben exhibir condiciones fitosanitarias y nutricionales óptimas, con miras a garantizar la calidad del material de siembra y el prendimiento de los árboles injertados.

  El sistema de injertación recomendado por AGROSAVIA es el de púa lateral, sin embargo, viveristas en la región han reportado buenos porcentajes de prendimiento mediante el sistema de yema terminal. La secuencia de pasos para ejecutar el sistema de injertación por púa lateral es: 1) despunte del patrón, dejando tres o cuatro hojas bajeras; 2) corte de la corteza del tallo a manera de bisel, a una altura no inferior a 3 cm y no superior a 5 cm, donde coincida con el diámetro de la vareta; 3) selección de la vareta del diámetro aproximado al del patrón. Esta vareta se corta aproximadamente de 8 a 10 cm de largo; 4) corte de tajos de la corteza en la punta de la vareta, a manera de pala o de bisel, sin tocar el corte para evitar contaminación, y 5) introducción de la vareta en el corte del patrón, buscando un acople total de los dos tejidos. Luego, se amarra el injerto con la cinta plástica, iniciando un centímetro debajo de la base del injerto y de abajo hacia arriba, superando tres centímetros por encima el injerto, presionando fuertemente, para hacer que los tejidos se unan y formen los ligamentos

perfectos y vi) protección del injerto con una bolsa transparente, para evitar el desecamiento de la vareta y la acumulación de agua, que pueden ocasionar enfermedades (figura 8).

Las plantas injertadas se trasladan al vivero bajo sombra para protegerlas de la luz solar directa. A los 25 días de realizada la injertación, se revisa el prendimiento de los injertos y se retiran las bolsas de plástico. En ese momento, se realiza el despunte del patrón en los injertos prendidos, a 10 cm por encima del injerto. Pasados 45 días después de la injertación, se realiza un segundo despunte a 2 cm por encima del injerto, cuando el injerto tenga de cuatro a seis hojas expandidas y ya pueda pasar a la aclimatación.

La aclimatación de las plantas se realiza después de que el injerto posea al menos seis u ocho hojas expandidas, lo cual, dependiendo de las condiciones en que se desarrollaron los injertos, puede ocurrir de 45 a 50 días después de la injertación y de 90 a 110 días después de la siembra de la semilla. La aclimatación consiste en recoger la polisombra del vivero para que entre la luz directa y las plantas se acondicionen para el trasplante a campo. Esta aclimatación puede realizarse por un periodo de 10 a 15 días, según las condiciones ambientales. Durante esta fase, se retira la cinta plástica utilizada para el amarre del injerto.

Huertos básicos

El ICA define como huerto básico a un grupo de plantas madre con madurez fisiológica, con estabilización de producción y plenamente identificadas, con calidad genética y sanitaria, de las cuales se obtendrán semillas, varetas o yemas para injertación (figura 9). De acuerdo con la Resolución ICA n.° 0780006 del 25/11/2020, los requerimientos aplicables para el registro de huertos básicos de clones mejorados de marañón en Colombia son:

1. Tener un cerco perimetral que delimite claramente el área del huerto básico. Cuando se trate de un cerco perimetral establecido con algún material vegetal, este no deberá estar constituido por ninguna de las especies establecidas en el anexo II de la Resolución ICA n.° 12816 de 2019.

2. Contar con la documentación que acredite la identificación varietal o genotípica de los árboles que conforman el huerto básico, mediante resultados de laboratorio de técnicas de electroforesis o de marcadores moleculares.
3. Tener un sistema de identificación de las plantas que componen el huerto básico, en el cual se indique la especie, la variedad y el patrón de cada uno de ellos (sistema de trazabilidad).
4. Tener herramientas y vestuario básico de uso exclusivo para el personal del huerto, tales como: tijeras de podar, botas, recipientes para recolectar frutos, maquinaria para aplicar agroquímicos autorizados por el ICA, así como elementos de protección personal e instrumentos para realizar plateo de las plantas y llevar a cabo un protocolo de desinfección para estos equipos.
5. Documento que acredite la asistencia técnica del huerto básico suscrito con un profesional, cuya carrera tenga la competencia para realizar actividades de manejo fitosanitario y de producción de plantas de vivero. La asistencia también puede ser prestada por un gremio o por entidades públicas prestadoras del servicio, la cual debe estar soportada por un documento de asistencia técnica.
6. Contar con condición fitosanitaria y física adecuadas en donde los árboles que componen el huerto básico no presenten**:**
    - Síntomas visuales de daños ocasionados por plagas y enfermedades.
    - Síntomas de deficiencias nutricionales ni daños mecánicos.
    - Plantas fuera de tipo conforme a las características fenotípicas propias del cultivar.

Los huertos básicos destinados para producción de yemas deben ser podados y es recomendable el establecimiento de sistemas de riego, con la finalidad de mantenerlos de manera permanente en estado vegetativo. Así mismo, realizar podas regulares cada 90 días, con fines de lograr la emisión continua de yemas aptas para la recolección, sin embargo, este tiempo puede variar de acuerdo con el clima y el estado fenológico, sanitario y nutricional de los árboles madre (Arango, 2020).



Fotos: Ender Manuel Correa Álvarez

Figura 6.

Vivero de marañón. a. Vista frontal exterior del vivero comercial de marañón en los Llanos Orientales de Colombia; **b.** Vista interior de vivero comercial; **c.** Mesones metálicos con malla eslabonada para tubetes forestales; **d.** Vivero comercial de marañón en Chinú, Córdoba (Colombia).



Fotos: Daniel Mulford

Figura 7.

Clones mejorados de marañón para la región Caribe de Colombia. a. Clon Agrosavia Mapiria; **b.** Clon Agrosavia Caribe; **c.** Patrón C-3680.



Fotos: Yesith Darith Montero Cantillo

Figura 8.

Injertación en púa lateral en marañón. a. Corte de la vareta en bisel; **b.** Unión de la vareta y el patrón; **c.** Amarre del injerto; **d.** Cubrimiento de la vareta con bolsa plástica.

Para más información, puede consultarse el video institucional "Técnica de propagación masiva de clones de marañón", en el siguiente código QR:



Fotos: Víctor Alfonso De La Ossa Albis

Figura 9.

Huerto básico de producción de yemas de clones mejorados de marañón en Chinú, Córdoba (Colombia). a. Identificación de huerto básico de clones mejorados (clones: Agrosavia Mapiria, Agrosavia Yopare y Agrosavia Caribe) con registro ICA; **b.** Vista frontal de calle de árboles de marañón en huerto básico; **c.** Identificación de árbol en huerto básico; **d.** Poda severa en árbol de huerto básico; **e** y **f.** Brotación después de la poda severa.


10



CAPÍTULO 4.

Establecimiento de huertos comerciales

Selección del lote de siembra

En la selección del lote para el cultivo de marañón (*Anacardium occidentale* L.) se deben evitar sitios inundables y bosques. Es importante que los suelos presenten una buena profundidad efectiva, sin impedimentos físicos para el correcto crecimiento de las raíces, estar bien drenados y sin capas compactadas. El terreno deberá estar limpio y sin arvenses, principalmente en el área circundante al sitio de siembra, asegurando así la no competencia con otras plantas.

Acondicionamiento del suelo

Al preparar el suelo para establecer el cultivo de marañón, se recomienda minimizar el uso de maquinaria pesada, con el fin de reducir el riesgo de compactación. Además, es necesario instalar el cultivo, teniendo en cuenta los principios de conservación, usando prácticas que busquen sostener sus características deseables y mantener la fertilidad natural por el mayor tiempo posible. Si el terreno presenta algún grado de pendiente, es necesario realizar siembras de marañón en contorno o a través de la pendiente. Así, las plantas forman barreras donde el agua lluvia que corre sobre el terreno disminuye su velocidad. Adicionalmente, el establecimiento de coberturas es una práctica que ayuda a reducir la erosión en dichos terrenos.

Trazado y ahoyado

La labor de trazado debe realizarse con antelación al trasplante, con el fin de tener el suficiente tiempo para hacer las adecuaciones de los lugares de siembra. Para esta actividad es necesario utilizar estacas, metros y guías a la medida, para que el trazado sea homogéneo. Si el trazado es en una pendiente superior al 20,0%, se debe hacer un arreglo en triángulo o tresbolillo, minimizando de esta manera la erosión, además, se podrá sembrar hasta un 15,0% más de árboles en el lote. Diversos documentos técnicos recomiendan realizar hoyos de dimensiones de 40 cm de ancho × 40 cm de largo × 40 cm de profundidad para suelos y franco arenosos; y de 50 cm × 50 cm × 50 cm en suelos arcillosos (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [Embrapa], 2004; De Araujo, 2015).

Densidad de siembra

La densidad de siembra depende de la distancia entre plantas y surcos, y puede variar según el material genético (porte de las plantas), las condiciones agroclimáticas (como disponibilidad de agua en el suelo, temperatura, humedad relativa, etc.), la fertilidad del suelo, el arreglo espacial y el tipo de sistema. Cuando se cultiva en un arreglo en triángulo o tresbolillo, la densidad de plantas puede aumentar en un 15,0% respecto al arreglo en cuadrado o rectángulo; sin embargo, altas densidades pueden llevar a la presencia de problemas fitosanitarios y al entrelazamiento de ramas y raíces. Para la región Caribe de Colombia, se recomienda la distancia de siembra de 10 m × 10 m para el establecimiento de huertos comerciales de marañón, y de 7 m × 7 m para el establecimiento de huertos básicos, con fines del aprovechamiento de yemas vegetativas a emplearse en la producción de material de siembra de calidad. En la tabla 4 se describen las densidades de siembra a obtener en función de la distancia y el sistema de siembra utilizado.

Tabla 4. Estimación de densidades de siembra, de acuerdo con el distanciamiento y el sistema de siembra que se emplee

Distancias de siembra		Número de plantas/ha^{-1}	
Entre plantas (m)	Entre surcos (m)	Cuadrado o rectángulo	Triángulo o tresbolillo
7,0	7,0	204	235
6,0	8,0	208	240
8,0	8,0	156	180
9,0	9,0	123	142
10,0	10,0	100	115
11,0	11,0	83	95
12,0	12,0	69	80

Fuente: Elaboración propia

Establecimiento en campo

El establecimiento es una labor de gran importancia para el futuro desempeño productivo de cultivos perennes, incluyendo al marañón. Su correcta implementación implica la planificación y ejecución de actividades previas como: 1) la toma de muestras para análisis de suelos, con la cual se determinan los correctivos para limitantes de naturaleza química (pH, fertilidad, salinidad, sodicidad y aluminio, principalmente) y física (compactación), y 2) la producción de material de siembra de calidad, dado que el proceso de producción de plantas de marañón injertadas comprende un periodo entre 3,5 y 4,0 meses, y se debe gestionar su obtención con antelación con viveristas locales certificados por el ICA para sincronizar la producción del material con las fechas de establecimiento planificadas. Generalmente, estos momentos corresponden a inicios de los periodos lluviosos del año en el Caribe colombiano (abril-junio o agosto-septiembre); sin embargo, estas fechas se pueden modificar con la implementación y el suministro de riego en los huertos a establecer.

En el momento del establecimiento, el suelo debe estar húmedo, ya sea por lluvias en días previos o por la aplicación de riego. En lo posible, se deben emplear árboles injertados con el pedón completo, es decir, con

el volumen de sustrato íntegro con el cual se produjo el árbol. Para ello, se recomienda no regar las plantas al menos 24 horas antes del establecimiento, esto permitirá conservar la calidad de la rizosfera en el tubete. El árbol se debe establecer en el suelo de manera vertical, en un ángulo de 90 grados, procurando no dejar cámaras de aire entre el suelo y el pedón de sustrato; así mismo, el cuello de la planta debe quedar a nivel con el suelo (figura 10). Se recomienda realizar la labor de trasplante en horas de la mañana y, posteriormente, cubrir el suelo con residuos vegetales para ayudar a la retención de agua.

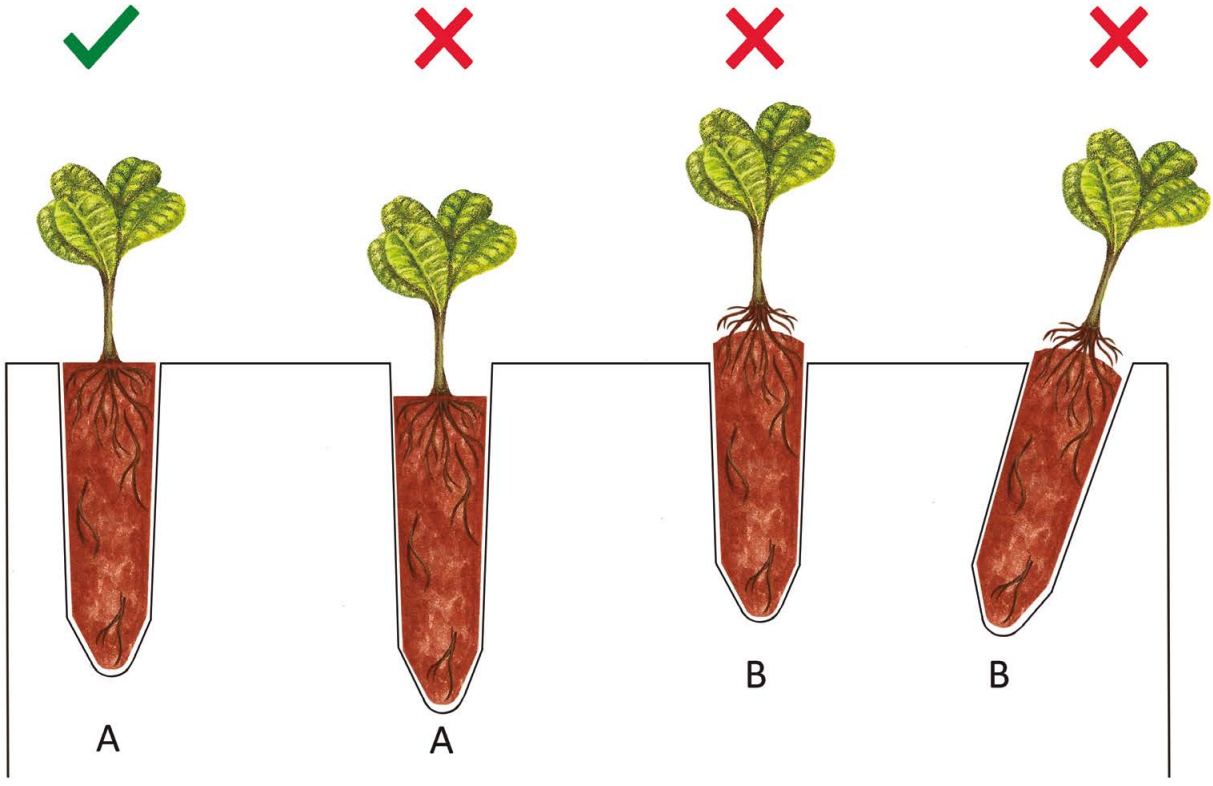


Figura 10.

Trasplante en campo. a. Pedón de sustrato en condiciones óptimas para la siembra; **b.** Pedón de sustrato con defectos para la siembra.

Nota: ✔: esquema correcto de trasplante en campo; X: esquemas incorrectos de trasplante en campo.

Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO 5.

Manejo agronómico

Riego

Si bien el marañón es considerado un cultivo tolerante a la sequía, el agua es considerada como un factor limitante para su cultivo (Gondim et al., 2020). En este sentido, el riego puede desempeñar un papel fundamental, siempre que se maneje de acuerdo con las necesidades hídricas de la planta. Su implementación no es universal, sino que depende de factores como la disponibilidad y distribución de las lluvias, la capacidad de retención de humedad del suelo, la edad del cultivo y la severidad de los periodos de sequía, especialmente durante las fases críticas de floración y llenado del fruto. Por ello, antes de su implementación, el productor debe evaluar indicadores climáticos, edáficos y fisiológicos del cultivo, que permitan determinar las necesidades hídricas para garantizar la productividad y sostenibilidad de la plantación.

Este cultivo responde bien al riego, especialmente en la etapa que va desde el inicio de la formación del fruto hasta el desarrollo completo de la nuez, esta práctica aumenta el número de frutos cosechados por planta, ya que promueve un mayor cuajado de frutos por árbol y puede aumentar la productividad hasta en un 200% (Miranda et al., 2013). Por lo anterior, el riego es una práctica que se ha fomentado con éxito en algunos países productores como India y Brasil, donde el uso de tecnologías para la conservación del suelo y el uso de riego suplementario han demostrado tener una alta correlación con incremento en el desarrollo productivo de las nueces (Bezerra y Damasceno, 2002; Mangalassery et al., 2019).

En el marañón, las pérdidas de árboles durante su establecimiento pueden ser relevantes, ya que en los primeros dos años las plantas son más vulnerables a la falta de agua (Gondim et al., 2020). Por lo tanto, asegurar su disponibilidad, ya sea a través de precipitación o la aplicación de riego suplementario, es de vital importancia para mejorar la supervivencia de las plantas en campo. La alta mortalidad de plántulas podría evitarse o reducirse, realizando la siembra al inicio de la temporada de lluvias y adoptando el riego con conocimiento de las necesidades hídricas de las plantas durante el periodo de establecimiento en campo. En este contexto, el manejo del agua es un factor importante, el cual amerita especial atención.

Necesidades hídricas

Las necesidades hídricas del marañón pueden variar según el clima, el área foliar de la planta, la fenología del cultivo y el método de riego utilizado. En épocas de alta evapotranspiración, se pueden aplicar alrededor de 5 $L{\cdot}día^{-1}$ de agua por cada metro cuadrado de superficie del suelo, sombreado por el dosel de plantas (Crisóstomo et al., 2009). La frecuencia del riego está condicionada por la capacidad de retención de agua del suelo y puede variar entre uno y cuatro días para suelos arenosos y arcillosos, respectivamente (tabla 5).

Tabla 5. Valores medios de área de proyección de copa y volumen de agua para ser aplicados a árboles de marañón en función de la edad de la planta

Edad del árbol (años)	Área de proyección de la copa (m^2)	Volumen de agua (L planta/día)
1	1	5
2	5	25
3	15	70
4	25	120
5	30	145

Fuente: Crisóstomo et al. (2009)

Se recomienda monitorear la humedad del suelo para garantizar que los volúmenes de agua aplicados y la frecuencia de riego satisfagan las necesidades de la planta, para ello se pueden utilizar tensiómetros, los cuales deben instalarse en la zona de mayor concentración del sistema radical de la planta y en lugares representativos de las condiciones del huerto. Según Ducan (2001), los tensiómetros deberán instalarse a dos profundidades, en cada lugar de monitoreo: el primero a 20 cm y el segundo a 50 cm de profundidad. La distancia de los sensores con relación al tronco de la planta varía de 30 cm en el primer año de cultivo, hasta 1,6 m en plantas adultas. Se deben tomar las lecturas del tensiómetro, preferiblemente por la mañana. En el caso de los anacardos cultivados en suelo arenoso, la tensión del agua del suelo entre riegos debe variar entre 8 y 25 centibares (cb). En suelos arcillosos, el rango ideal está entre 30 y 50 cb. Lecturas inferiores a los valores mínimos mencionados indican que el riego es excesivo, mientras que lecturas por encima del rango ideal indican que el suelo está más seco de lo deseable y se debe aumentar la cantidad de agua o reducir el turno de riego.

Dado que el marañón es un cultivo con un sistema radical profundo, el cual es bastante tolerante al estrés hídrico, en países como India, la conservación de la humedad del suelo mediante la implementación de terrazas de 2 m de radio alrededor de la base de cada árbol durante los tres primeros años del cultivo ha demostrado ser una práctica eficaz en la conservación de la humedad del suelo, prevenir la erosión de este y contribuir a la cosecha de agua de lluvia (Malhotra et al., 2017). En todo caso, se debe evitar la aplicación de riego antes de la floración, debido a que la planta necesita de un periodo de sequía para iniciar la etapa reproductiva (Oliveira, 2002). Según experiencias del cultivo en El Salvador, se recomienda iniciar el riego después de la temporada de lluvias, esperando unos 30 días después de la última lluvia que haya excedido los 10 mm (Galdámez, 2004).

Sistemas de riego

Para el riego en el cultivo de marañón, se recomienda utilizar sistemas de riego localizado, ya sea por microaspersión o goteo. Estos sistemas presentan las siguientes ventajas frente a otros métodos de riego:

- Economía de agua: posee mayor eficiencia del agua y reduce las pérdidas por evaporación.
- Economía de energía: trabaja con equipos de menor presión.
- Fertirriego: posibilita la aplicación de fertilizantes por vía del agua de riego.
- Disminuye la aparición de malezas y enfermedades foliares.
- No interfiere con las aplicaciones de insumos, ni en la cosecha.

Cuando se utilizan microaspersores, se recomienda emplear un emisor por árbol, con un caudal nominal de 30 a 70 $L{\cdot}h^{-1}$ y un diámetro húmedo de 3,5 a 5,0 m, Si el microaspersor lo permite, es recomendable la reducción del diámetro de mojado para uno a dos metros durante los primeros años de vida del cultivo. En el caso de utilizar riego por goteo, se deben utilizar al menos cuatro emisores por planta adulta en suelos arcillosos, aunque en el caso de suelos arenosos se pueden utilizar hasta ocho goteros por planta (Galdámez, 2004).

Podas

Esta práctica es esencial en árboles frutales para diversos fines como mejorar sanidad vegetal del huerto, lograr una mejor conformación de los árboles, estimular el crecimiento vegetativo y mejorar producción y calidad de los frutos (Zhang et al., 2018). Las podas deben hacerse de forma apropiada y sin excesos, para evitar daños irreversibles en la plantación. Un mal procedimiento en esta labor puede ocasionar pudrición del tallo, las ramas e incluso la interrupción del desarrollo floral, sufriendo consigo pérdidas en producción. A continuación, se presentan diferentes tipos de poda para implementar en el cultivo de marañón (figura 11a).

Poda de desbrote

Se ejecuta durante el primer año de establecimiento del cultivo. Esta poda es esencial, teniendo en cuenta que es la fase donde el árbol necesita toda la energía para un rápido y correcto desarrollo, por lo cual se deben eliminar todos aquellos brotes o ramificaciones emitidos por el patrón en la base del tallo de la planta (figura 11b). Es importante realizar los cortes con precaución, evitando heridas profundas que puedan ser la causa de entrada de plagas y enfermedades; además, es recomendable que cada corte sea cicatrizado (Galdámez, 2004).

Poda de despunte de flor

Consiste en eliminar todas aquellas flores espontáneas que emiten los árboles en el primer año de establecimiento en campo (figura 11c). Con esta actividad se impide el desarrollo de frutos, que a esa edad no representan un valor comercial, pero sí un gasto energético en el árbol, que retrasa el desarrollo vegetativo y una buena formación en su arquitectura. Esta poda realizada durante el proceso de formación mejora la estructura y reduce el crecimiento desordenado, permitiendo el desarrollo de un árbol más compacto.

Poda de formación

Se inicia en la etapa de vivero, retirando los brotes con el propósito de mantener un solo tallo principal y se completa en campo cuando los árboles alcanzan un metro de altura. La intención de las podas de formación es dejar entre tres y cuatro ramas principales, ubicadas a diferentes alturas, con el fin de conformar la copa principal del árbol y dar estructura al árbol, que le permita soportar fuertes vientos y el peso de las ramas y los frutos en la época de mayor producción (figura 11d). Como complemento, se deben retirar los brotes (chupones) que emite el árbol después de cada intervención, además de eliminar aquellas ramas fuera de sitio, enfermas o con crecimiento deficiente (Riaño et al., 2020; Serrano et al., 2021).

Poda en la etapa de desarrollo

Esta práctica es necesaria para el buen desarrollo de los árboles de marañón, ya que mantiene uniformidad en la copa al redirigir el crecimiento de las ramas primarias y secundarias que tengan orientación al suelo, entrecruzamientos de ramas o excesivo crecimiento, esto con el objetivo de dar equilibrio a la copa principal (figura 11e) (Galdámez, 2004). En esta etapa se prepara al árbol para el periodo productivo, por lo cual hay que evitar realizar podas excesivas que puedan retardar el crecimiento y la producción del árbol (Curti-Díaz et al., 2000).

La emisión de brotes o chupones en la base del tallo será abundante en respuesta a los cortes realizados durante la poda, por lo tanto, es importante la eliminación temprana para evitar su lignificación e impedir causar heridas considerables. De igual forma, se deben cicatrizar las heridas causadas para evitar la proliferación de plagas y enfermedades.

Poda sanitaria

En esta poda se eliminan las ramas secas y enfermas, así como los restos de la cosecha anterior (pedúnculos y frutos enfermos adheridos) (figura 11f), que constituyen la más importante fuente de infección de la antracnosis en la siguiente cosecha. Las podas sanitarias deben realizarse después de cada cosecha (Fundación Produce Sinaloa, 2009). Al finalizar cada intervención, se deben desinfectar las herramientas para evitar la propagación de patógenos que afecten el cultivo (Campos et al., 2023).

Poda de producción

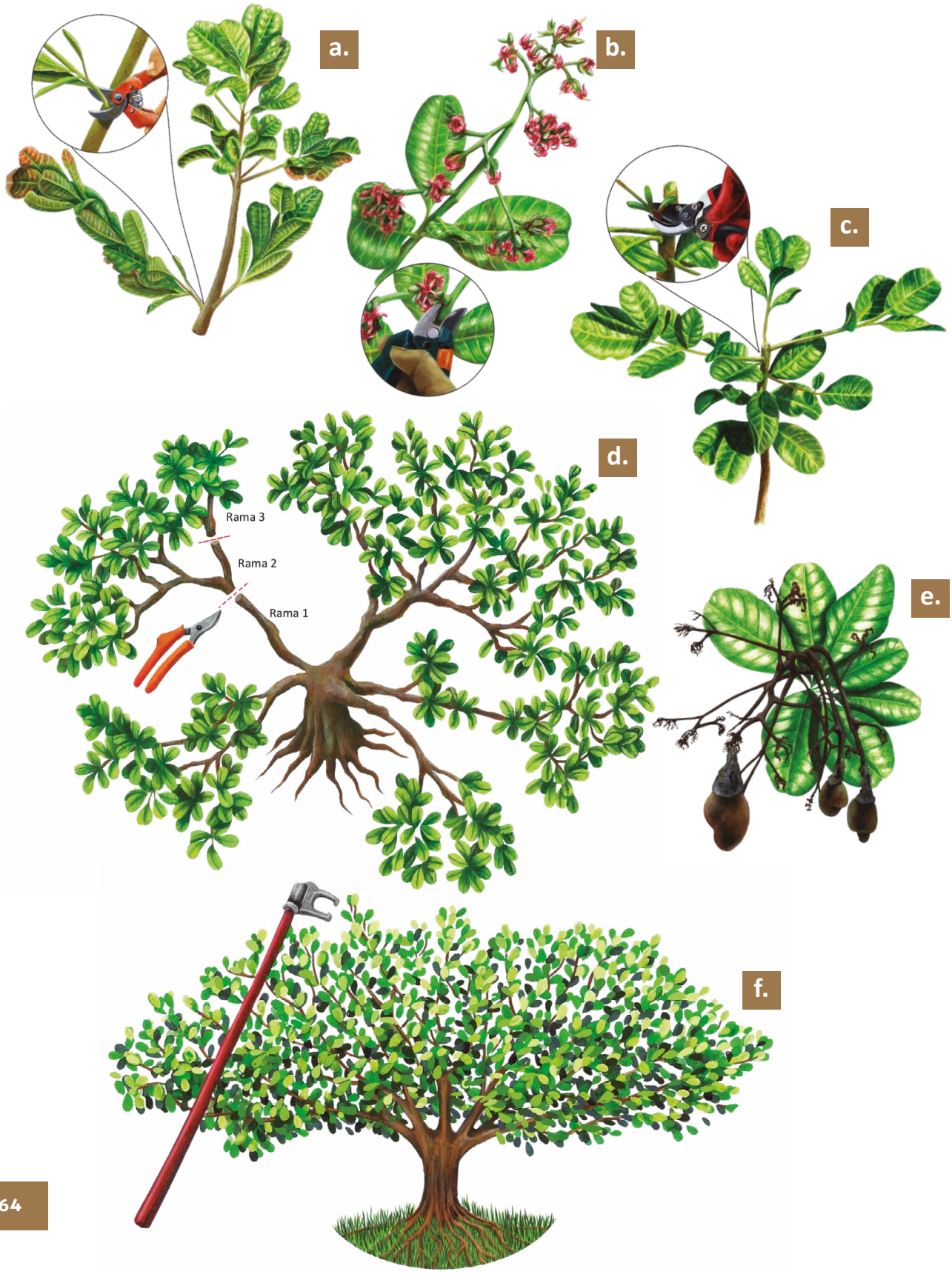
Esta poda se realiza anualmente a partir del tercer año, momento en el que los árboles inician su etapa productiva. Por lo general, se realiza al culminar la cosecha, mediante despuntes para inducir el crecimiento de nuevos brotes vegetativos, los cuales darán lugar a nuevas ramas donde se concentrará la formación de los frutos para el siguiente ciclo productivo. Esta práctica, además, permite realizar un aclareo de ramas para favorecer

un mayor ingreso de luz, así se eleva la temperatura y circula más aire dentro de la copa, lo que mitiga la incidencia de enfermedades y, a su vez, aumenta el área fotosintéticamente activa (figura 11g).

Poda de rejuvenecimiento

Se realiza cuando la producción disminuye de forma drástica, normalmente en campos con árboles de avanzada edad. Este es un tipo de poda severa, donde se retiran todas las ramas. Se recomienda el uso del corte en bisel, conservando la base de la copa establecida durante las podas de formación, con el fin de que el árbol emita nuevos brotes; posterior a este proceso, se escogen las ramas con mayor vigor y que se encuentren mejor posicionadas para formar una estructura óptima de la copa del árbol (figura 11h).




a.
b.
c.
d.
Rama 3
Rama 2
Rama 1
e.
f.

g.



Figura 11.

Podas en marañón. a. Poda de desbrote; **b.** Poda de flores; **c.** Poda de formación; **d.** Poda en ramas en etapa de desarrollo; **e.** Poda sanitaria; **f.** Poda de producción; **g.** Poda de rejuvenecimiento.

Fuente: Elaboración propia

Para más información, puede consultarse el video institucional "Podas de formación en el cultivo de marañón" en el siguiente código QR:

Control de arvenses

La producción de los cultivos se puede ver afectada por un manejo inadecuado de arvenses. En ese sentido, se recomienda realizar diferentes prácticas como plateo, siembras intercaladas con cultivos transitorios o de ciclo corto, que además permiten diversificar el sistema, fortaleciendo la seguridad alimentaria y la obtención de recursos para los productores. Se debe efectuar la selección y eliminación de arvenses por métodos mecanizados, usando guadañas o métodos manuales con machetes y palines, y como última opción, el uso de productos químicos por medio de aplicación de herbicidas. En los primeros meses de desarrollo de los árboles, se debe prestar atención a las labores de plateo, con el fin de evitar pérdida de nutrientes, agua y luminosidad a causa de un mal manejo de las arvenses. La siembra de los cultivos transitorios debe ser hecha en las calles, manteniendo una distancia del sistema radical del cultivo de marañón para no causar afectaciones o daños a las raíces. Entre las especies a cultivar, se puede mencionar frijol, maíz y hortalizas.

Se recomienda que el control de arvenses se realice por lo menos tres veces al año, dependiendo de las condiciones climáticas y la velocidad de recuperación de las malezas; sin embargo, es importante mantener la cobertura vegetal en las calles (ejemplos, maní forrajeo y kudzú tropical), con el fin de conservar los suelos y evitar la erosión.

Nutrición

Fertilidad de los suelos

La fertilidad del suelo hace referencia a la interacción que se presenta entre las propiedades físicas, químicas y biológicas de este, y su capacidad para sustentar el crecimiento adecuado de las plantas y potenciar el rendimiento de los cultivos (Havlin et al., 2014). Las plantas, para garantizar una nutrición óptima, requieren extraer del suelo principalmente 16 nutrientes: hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), boro (B), cloro (Cl), molibdeno (Mo), níquel (Ni) y carbono (C), el cual es tomado por las hojas en forma de CO_2 (Brown et al., 2022).

Herramientas de diagnóstico para el manejo de la fertilidad del suelo

La fertilidad del suelo contempla el uso y la adaptación de diversas herramientas de diagnóstico, cuya interpretación constituye la base técnica para orientar de forma integral la nutrición eficiente de cultivos. El diagnóstico hace referencia a la identificación de características (atributos o limitantes) que influyen sobre la disponibilidad de nutrientes e interactúan con factores ambientales (clima), factores del suelo (físicos, químicos, biológicos), factores del cultivo (históricos de producción, variedades, extracción nutricional, potencial genético, sistema radical y fenología) y las prácticas de manejo del cultivo (Burbano y Silva, 2010). Dentro de las herramientas de diagnóstico se tienen las siguientes.

Análisis de suelo

El análisis de suelo es una herramienta técnica fundamental que brinda información precisa para orientar y planificar el programa de manejo nutricional del cultivo de marañón. Su adecuada interpretación permite potenciar la capacidad productiva del cultivo, mejorar la calidad de la cosecha y garantizar una nutrición balanceada de los árboles. De esta manera, se fortalece su resistencia frente a la incidencia de plagas y enfermedades.

Es recomendable realizar el análisis de suelo antes de establecer el cultivo, con el fin de identificar las condiciones iniciales del terreno y diseñar un plan de fertilización acorde a sus necesidades específicas. A continuación, se relaciona el procedimiento para la toma de muestras de suelo (figuras 12 y 13):

1. En el lote se deben identificar las zonas homogéneas, de acuerdo con las características físicas, químicas o biológicas del suelo, ya sea a partir de lo que se observe directamente en el terreno o con base en un diagnóstico previo.

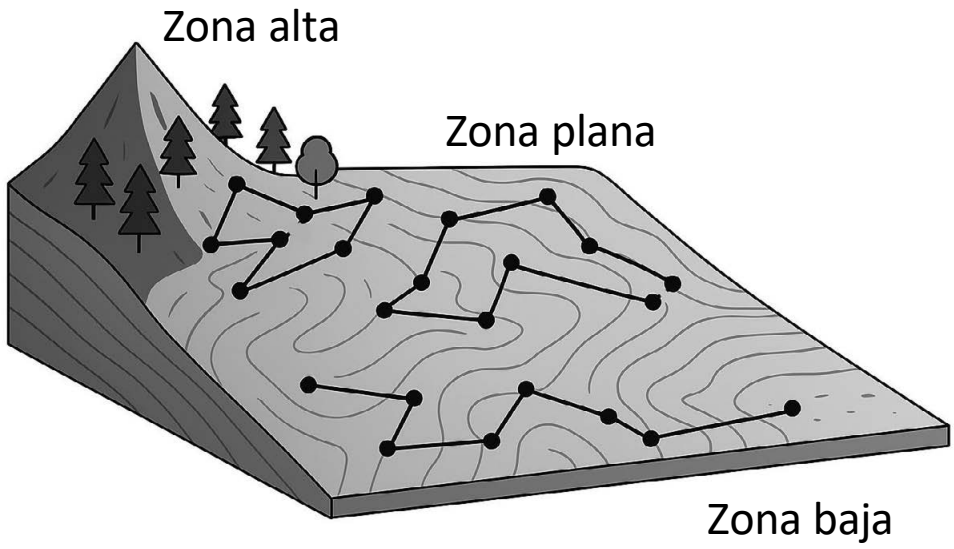


Figura 12.

Muestreo de suelo por zonas homogéneas del terreno.

Fuente: Elaboración propia

2. Una vez delimitados y agrupados los lotes en función de sus características edáficas y de manejo, se procede a la toma de muestras de suelo. Este proceso debe realizarse con una antelación mínima de dos a tres meses respecto a la siembra, con el propósito de contar oportunamente con los resultados analíticos de laboratorio y establecer, a partir de ellos, un plan de fertilización adecuado. La representatividad de la muestra es un aspecto fundamental, razón por la cual debe conformarse mediante la integración de entre 15 y 20 submuestras por hectárea. El patrón de muestreo puede adoptar diferentes esquemas tales como: al azar, en "Z", en "X" y en cuadrículas o en grillas.
3. Así mismo, se recomienda efectuar el muestreo cuando el suelo presente un nivel de humedad intermedio, equivalente al 50,0-70,0% de la capacidad de campo, condición que favorece la obtención de muestras de mayor calidad y precisión.
4. Implementos necesarios: dos baldes, un barreno o palín, un machete, bolsas plásticas resistentes y hojas de información para identificación de muestras.

5. Profundidad de muestreo. Para el cultivo de marañón, se recomienda realizar la toma en dos estratos: de 0 a 20 cm y de 20 a 40 cm. En estas profundidades se concentra más del 90,0% de los nutrientes disponibles en el suelo.
6. Preparar el sitio de muestreo: limpiar la superficie del suelo en el punto de la toma, retirando restos de hojarasca, piedras u otros materiales.
7. Extraer las submuestras. Se recomienda el siguiente procedimiento:
    - Con el palín o barreno, abrir un hoyo en forma de "V", con dimensiones aproximadas de 20 cm de ancho × 50 cm de profundidad.
    - De la pared del hoyo, extraer una porción de suelo de 20 cm de largo × 15 cm de ancho × 3 cm de grosor.
    - Seleccionar únicamente el cuadrante central de la porción extraída e incorporarlo en un balde limpio.
    - En cada punto se deben obtener dos submuestras: una de 0-20 cm y otra de 20-40 cm.
    - Utilizar un balde independiente para cada profundidad.
8. Homogeneizar y conformar la muestra compuesta. Una vez finalizada la recolección, mezclar todas las submuestras en su respectivo balde hasta lograr una muestra homogénea. Tomar aproximadamente un kilogramo de suelo representativo por cada profundidad.
9. Empaque e identificación. Se deposita cada muestra de un kilogramo en una bolsa plástica resistente, se rotula de forma clara y completa con la siguiente información: nombre de la finca y propietario, nombre del lote y ubicación geográfica, pendiente del terreno, profundidad a la cual se tomó la muestra de suelo, cultivo y tipo de análisis solicitado.
10. Envío al laboratorio. Remitir la muestra de un kilogramo de suelo por profundidad a laboratorio de suelos acreditado.
11. Conservar contramuestra por profundidad de suelos de un kilogramo en condiciones adecuadas, como respaldo en caso de pérdida, deterioro de la muestra original o necesidad de verificación de resultados.



Figura 13.

Procedimiento ilustrado para la toma de muestras de suelo y envió a laboratorio.

Fuente: AGROSAVIA (2024)

En el caso de los cultivos ya establecidos con marañón, es posible definir unidades de manejo de suelo (UMS), entendidas como áreas que comparten características similares de suelo, material de siembra y edad del cultivo. Por cada UMS debe obtenerse una muestra de suelo representativa, conformada a partir de 15 a 20 submuestras.

Las submuestras deben recolectarse entre el tercio medio y exterior, bajo el área del dosel de la planta, donde se encuentra la mayor cantidad de raíces activas de la planta, como se ilustra en la figura 14.

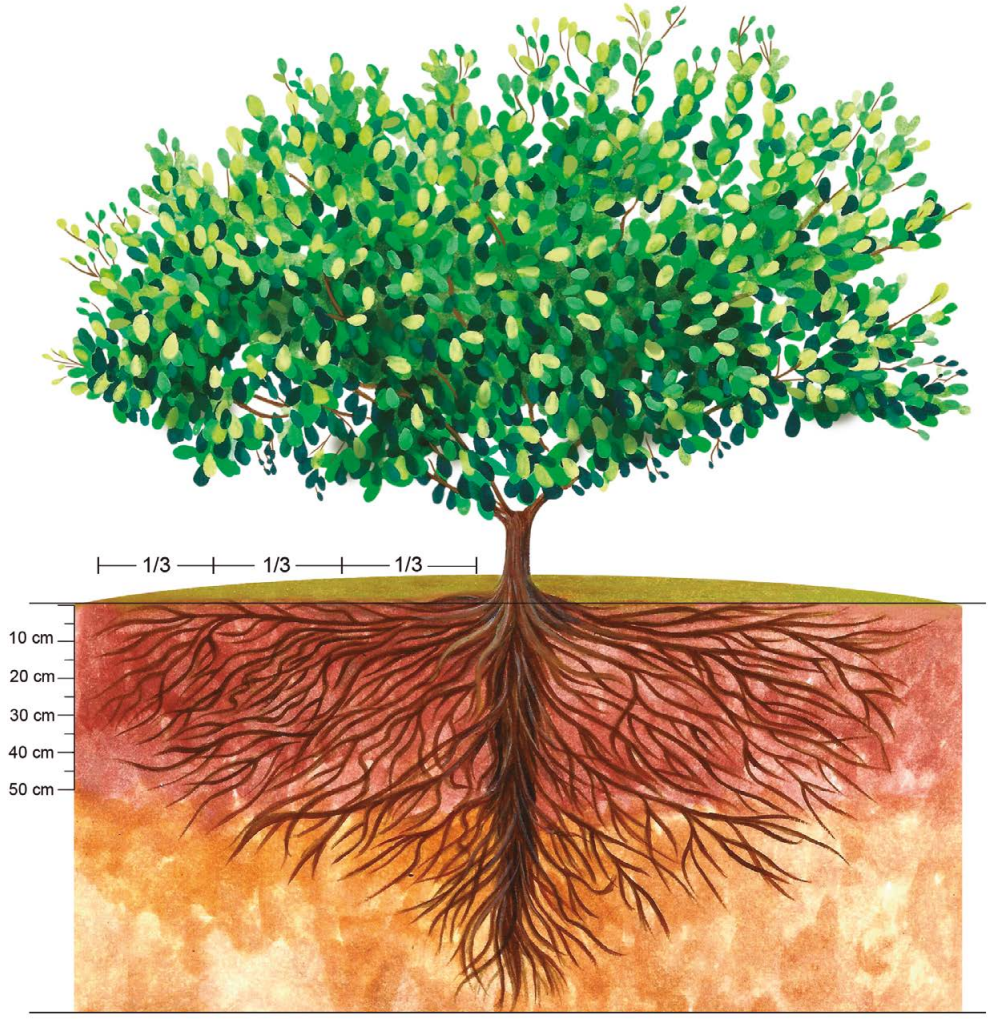


Figura 14.

Muestreo de suelos en cultivo de marañón establecido.

Fuente: Elaboración propia (*software* utilizado: CorelDRAW)

Observación directa y diagnósticos visuales

La observación directa y los diagnósticos visuales en las plantas son importantes, porque a través de los síntomas se pueden identificar deficiencias o excesos nutricionales. Según Castro Franco y Gómez Sánchez (2010), al realizar este tipo de diagnóstico se deben considerar factores como la distribución espacial de la deficiencia, la función fisiológica del nutriente, la movilidad del elemento en la planta, la posición del síntoma y la senescencia de las hojas. En los nutrientes altamente móviles (N, P, K y Mg), los síntomas aparecen en las hojas más viejas y los nutrientes de baja movilidad (Ca, Fe, Mn, Cu, Zn, B), mientras que los síntomas se manifiestan en las hojas jóvenes. Por su parte, el azufre (S) presenta una movilidad intermedia en la planta, en este caso, los síntomas se evidencian en las hojas del tercio medio de las plantas (Osorio, 2014) (figura 15).



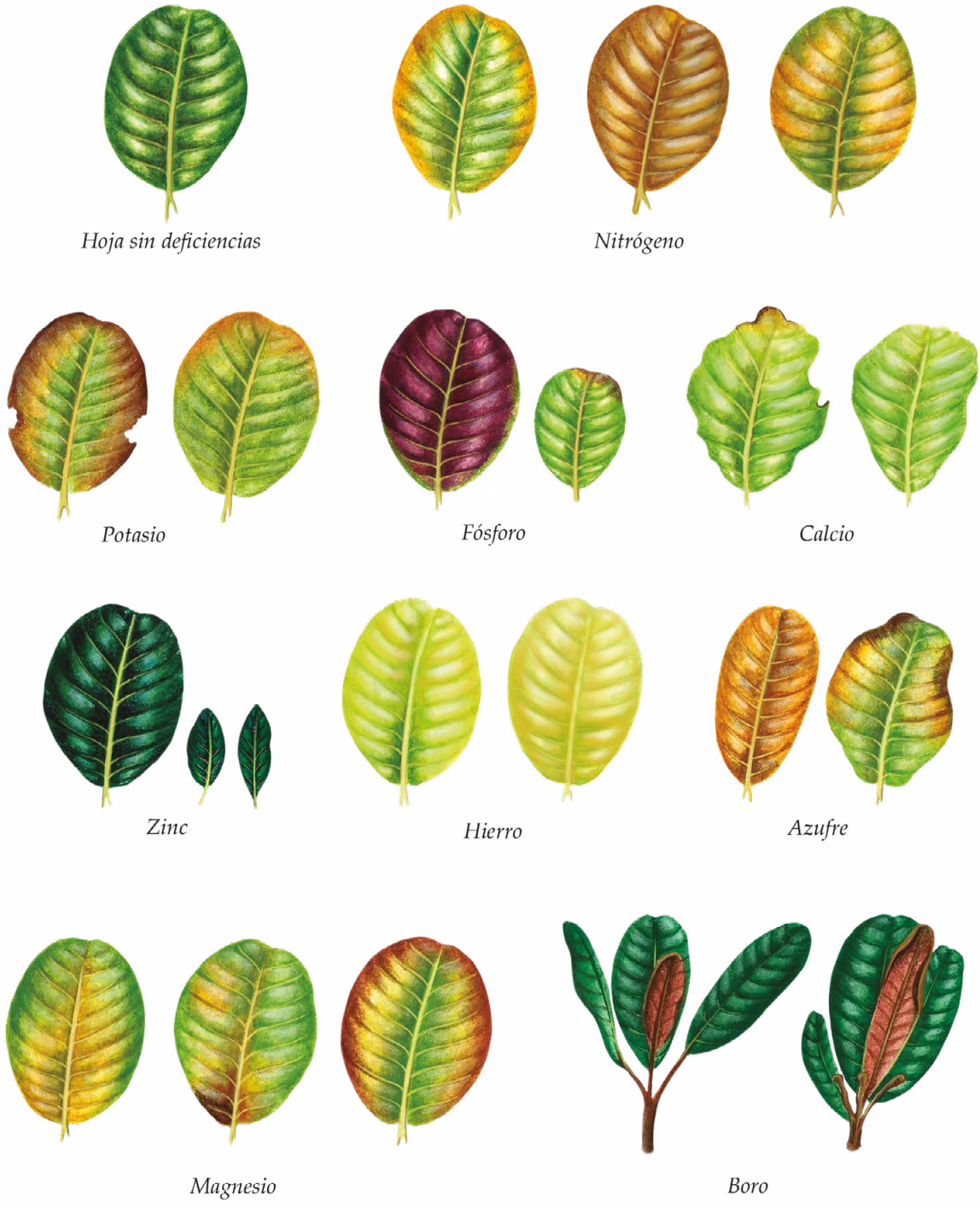


Figura 15.

Diagrama para la identificación y el diagnóstico de deficiencias nutricionales en plantas cultivadas.

Fuente: Elaboración propia

Análisis de tejidos vegetales

El análisis foliar es una herramienta de diagnóstico fundamental, porque permite conocer con precisión el estado nutricional real de los árboles. Mientras que el análisis de suelo determina la disponibilidad de nutrientes presentes en el terreno, el análisis foliar refleja la absorción efectiva de esos nutrientes por parte del cultivo. De esta manera, los planes de nutrición diseñados a partir del análisis de suelo pueden ajustarse y optimizarse, una vez que el cultivo está establecido, mediante los resultados obtenidos en los análisis foliares.

Las muestras foliares en el cultivo de marañón se toman por UMS, se recogen siguiendo un patrón de muestreo que puede ser en "Z", en "X" o en cuadrícula; tomando entre cuatro o cinco hojas por árbol, se debe evitar tomar hojas muy nuevas o demasiado viejas y con síntomas de enfermedades y cloróticas. Se recomienda seleccionarlas del tercio medio del árbol y tener como indicador 20 submuestras por UMS, las cuales deben mezclarse y sacar una muestra compuesta (figura 16).

Las muestras se almacenan en bolsas de papel, referenciando la información de la finca, el lote, el cultivo y la edad del cultivo. Las muestras foliares se deben enviar el mismo día al laboratorio o el día posterior, para evitar su deterioro.

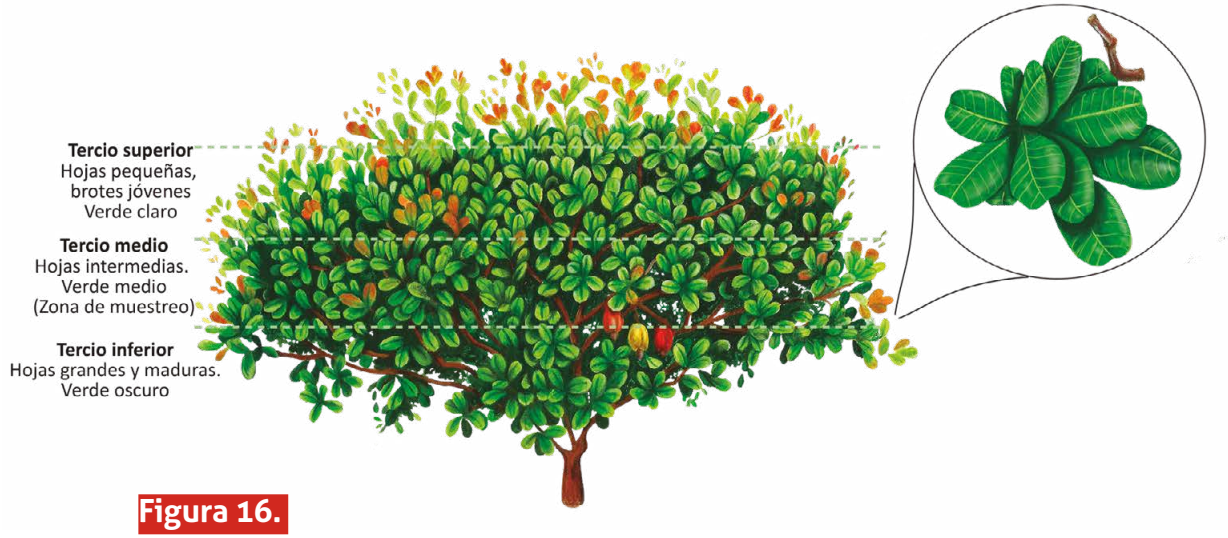


Figura 16.

Toma de muestras de hojas para análisis foliar.

Fuente: Elaboración propia

Cuando se reciben los resultados del laboratorio, el paso siguiente consiste en comparar los resultados con los requerimientos nutricionales del cultivo. Lo anterior permitirá diagnosticar si el suelo puede aportar los nutrientes en las cantidades necesarias para el óptimo desarrollo de los árboles, de no ser así, será necesario aplicar al suelo fertilizantes o enmiendas que aumenten la concentración de los nutrientes deficitarios.

Extracción de nutrientes por la fruta

La extracción de nutrientes por tonelada de fruta hace referencia a la cantidad de nutrientes que un árbol de marañón remueve del suelo y acumula en los frutos durante el proceso de crecimiento, desarrollo y maduración de estos. La determinación del contenido de elementos en los frutos indica que en ellos se encuentra una elevada proporción de los nutrientes presentes en el árbol (Hiroce et al., 1977; Avilán Rovira, 1983). Se estima que los nutrientes en el fruto son un tercio o más de las necesidades totales de la planta (Nadir, 1972). Esta cantidad se expresa comúnmente en gramos (g) o kilogramos (kg) de nutriente por cada tonelada (t) de fruta fresca cosechada.

Es importante tener en cuenta que los frutos, además de contener agua, azúcares y compuestos orgánicos, también almacenan una cantidad significativa de nutrientes absorbidos del suelo, como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), zinc (Zn) y boro (B), entre otros. Estos nutrientes quedan almacenados en el tejido vegetal y, al ser cosechada y comercializada la fruta, los nutrientes almacenados ya no regresan al suelo, lo que ocasiona una pérdida en la fertilidad del suelo. Por lo anterior, uno de los métodos para la fertilización de los cultivos se basa en la reposición de los nutrientes al suelo por extracción, que consiste en adicionar los nutrientes que las plantas remueven del suelo y exportan con la cosecha, asegurando así la sostenibilidad del sistema productivo.

En la tabla 6 se relacionan los promedios de la extracción de nutrientes por tonelada de fruta cosechada para los clones de marañón: Agrosavia Caribe, Agrosavia Mapiria y Agrosavia Yopare, cultivados en la región Caribe de Colombia.

Tabla 6. Extracción de nutrientes en fruto (nuez + manzana) por cada mil kilogramos de fruta cosechada

Nutrientes	Unidad	Clon		
		Agrosavia Caribe	Agrosavia Mapiria	Agrosavia Yopare
Nitrógeno	**kg t^{-1}**	10,64 b	11,18 a	12,5 b
Fosforo		2,13 b	2,21 b	3,04 a
Potasio		9,69 b	8,86 b	12,93 a
Calcio		0,39 b	0,45 a	0,44 a
Magnesio		1,38 b	1,31 b	1,79 a
Sodio		0,24 c	0,34 b	0,45 a
Azufre		0,77 b	0,78 b	0,95 a
Hierro	**g·t^{-1}**	19,46 a	21,27 a	19,59 a
Cobre		8,23 a	8,65 a	8,51 a
Manganeso		9,04 a	9,78 a	9,06 a
Zinc		12,98 b	14,90 a	14,47 a
Boro		5,63 a	6,06 a	5,86 a

Nota: Letras distintas en horizontal denotan diferencias significativas según la prueba de Tukey al 5%.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de AGROSAVIA (2025)

A continuación, se relaciona el resumen para cada clon.

Clon Agrosavia Caribe

Este clon se destaca por presentar moderados rangos de extracción para la mayoría de los nutrientes analizados. En los macronutrientes primarios, mostró valores de 10,64 kg·t^{-1} de N, 2,13 kg·t^{-1} de P y 9,69 kg·t^{-1} de K, todos inferiores a los registrados en los otros dos clones. En los secundarios, el calcio fue de 0,39 kg·t^{-1}, magnesio de 1,38 kg·t^{-1}, azufre de 0,77 kg·t^{-1} y sodio de 0,24 kg·t^{-1}, siendo consistentemente el clon con menor acumulación.

En los micronutrientes, Agrosavia Caribe registró valores similares a los demás clones para Fe, Cu, Mn y B, aunque con la extracción más baja de Zn (12,98 g·t^{-1}). Lo anterior representa una menor demanda de estos nutrientes para este clon, lo cual podría estar asociado a una mayor eficiencia en el uso de nutrientes. En este sentido, este clon podría representar una

ventaja adaptativa en condiciones de suelos limitantes o sistemas de bajos insumos en comparación con los otros clones (Castro y Gómez, 2010; Malavolta et al., 1997).

Clon Agrosavia Mapiria

El clon Agrosavia Mapiria presentó valores de intermedios a altos de extracción, destacándose principalmente en nitrógeno, calcio y zinc. Con 11,18 $kg \cdot t^{-1}$ de N, fue el clon con mayor extracción de este nutriente, lo que sugiere un metabolismo más activo en la síntesis de proteínas y enzimas (Marschner, 2012). En calcio (0,45 $kg \cdot t^{-1}$) compartió la mayor extracción con Agrosavia Yopare. En zinc, Agrosavia Mapiria registró la extracción más alta (14,90 $g \cdot t^{-1}$), superando a los clones Agrosavia Caribe y Agrosavia Yopare. Este nutriente es fundamental en la regulación enzimática y procesos hormonales (Alloway, 2008), por lo que su mayor acumulación podría conferirle ventajas fisiológicas y adaptativas. En los demás nutrientes (P, K, Mg y S), Agrosavia Mapiria se mantuvo en valores intermedios, lo que sugiere que requiere un manejo nutricional equilibrado y no tan intensivo como Agrosavia Yopare, pero sí más exigente que Agrosavia Caribe.

Clon Agrosavia Yopare

El clon Agrosavia Yopare es el de mayor demanda nutricional, sobresale en varios elementos clave respecto a los clones Agrosavia Caribe y Agrosavia Mapiria. En los macronutrientes primarios, alcanzó los mayores valores de N (12,5 kg t^{-1}), P (3,04 kg t^{-1}) y K (12,93 kg t^{-1}), siendo especialmente notable el potasio, con una diferencia de más de 3 a 4 kg respecto a Agrosavia Caribe y Agrosavia Mapiria. Esto indica un mayor requerimiento de nutrientes asociados a la transferencia de energía, síntesis de ATP y transporte de carbohidratos hacia los frutos, lo cual está estrechamente vinculado al rendimiento y la calidad del fruto (Rajasekaran y Sundaresan, 2018). En los nutrientes secundarios, también mostró las mayores extracciones de Mg (1,79 $kg \cdot t^{-1}$), S (0,95 $kg \cdot t^{-1}$) y Na (0,45 $kg \cdot t^{-1}$). El magnesio es esencial para la fotosíntesis, mientras que el azufre participa en la síntesis de aminoácidos azufrados y proteínas estructurales (Marschner, 2012). En micronutrientes, Agrosavia Yopare no presentó diferencias estadísticas frente a los demás, excepto en el zinc, donde se

ubicó en un nivel intermedio (14,47 g t^{-1}), cercano a Agrosavia Mapiria y superior a Agrosavia Caribe. En conjunto, Agrosavia Yopare es el clon con más alta exigencia nutricional, especialmente en P, K, Mg y S, ideal para suelos fértiles o para sistemas de producción intensiva y uso de insumos.

En resumen, el orden de extracción para los tres clones fue N > K > P > Mg > Ca > S > Na > Fe > Zn > Mn > Cu > B, lo cual varía con respecto algunos reportes internacionales, por ejemplo, Embrapa (1995) publicó que las necesidades de nutrientes en marañón se encuentran en el orden de demanda eran de la siguiente manera N > K > P = Mg > S > Ca > Fe > B > Cu > Mn, es decir, bajo las condiciones edafoclimáticas de la región Caribe, existe mayor demanda de los nutrientes Ca que S y de Zn, Mn y Cu que de B.

Las extracciones de nutrientes reflejan diferencias claras en los perfiles de extracción nutricional entre clones, lo cual tiene implicaciones importantes para el manejo agronómico. Clones como Agrosavia Yopare requerirán estrategias de fertilización más intensivas y balanceadas, mientras que Agrosavia Caribe puede ser más adecuado para condiciones de suelos con disponibilidad limitada por su menor extracción.

Los microelementos cumplen un rol en el desarrollo de los frutos, principalmente en los procesos de respiración y la fotosíntesis de la planta (Ahmed et al., 2009), además, la deficiencia de micronutrientes con frecuencia provoca un retraso en la maduración (Iqbal et al., 2012). En el marañón la mayor extracción fue de Fe, seguido de Mn y Zn en los tres clones evaluados.

Estimación de las necesidades de fertilización con base en la extracción de nutrientes

Para cuantificar las necesidades de fertilizantes por las plantas en función de la extracción de nutrientes, se puede seguir la siguiente ecuación:

$$Dosis\ de\ fertilizante\left(\frac{kg}{ha}\right)=\frac{Extracción\ de\ nutriente\left(\frac{kg}{t}\right)\times Rendimiento\ esperado\left(\frac{t}{ha}\right)}{\text{Eficiencia del fertilizante (\%)}}$$

Donde:

- *Extracción de nutriente*: corresponde a los valores de extracción por cada nutriente (tabla 6).
- *Rendimiento esperado*: se estima en función del historial del lote o potencial del cultivo. Para el cultivo de marañón en la región Caribe, el rendimiento oscila entre 6 y 15 t/ha de fruta (manzana + nuez), dependiendo del clon y las prácticas de manejo agronómico.
- *Eficiencia del fertilizante*: considera las pérdidas por lixiviación, volatilización o fijación en el suelo; el valor varía en función del nutriente y del fertilizante. A continuación, se relaciona la eficiencia de cada nutriente bajos condiciones de climas tropicales (tabla 7).

Tabla 7. Eficiencia de fuentes de fertilizantes

Nutriente	Eficiencia (%)
Nitrógeno (N)	30,0-50,0
Fósforo (P)	10,0-25,0
Azufre (S)	30,0-60,0
Calcio (Ca)	50,0-70,0
Magnesio (Mg)	50,0-70,0
Potasio (K)	50,0-70,0
Boro (B)	5,0-20,0
Cobre (Cu)	5,0-20,0
Hierro (Fe)	5,0-30,0
Manganeso (Mn)	5,0-20,0
Zinc (Zn)	5,0-20,0

Fuente: Congreves et al. (2021)

Ejemplo: en la tabla 8 se relacionan los valores de 1) la extracción de nutrientes por tonelada de fruta cosechada y 2) la extracción total en función de los rendimientos de la cosecha anterior del cultivo. Para este caso, los rendimientos fueron de 10 t/ha para el clon Agrosavia Mapiria y de 7 t/ha para los clones Agrosavia Caribe y Agrosavia Yopare.

Tabla 8. Extracción total de nutrientes en función del rendimiento del cultivo en árboles de marañón, mayores de cinco años

Nutriente		1) Extracción de nutrientes			2) Extracción total en función del rendimiento		
		A	B	C	A × 7	B × 10	C × 7
N	kg/ha	10,64	11,18	12,5	74,48	111,8	87,5
P		2,13	2,21	3,04	14,91	22,1	21,28
K		9,69	8,86	12,93	67,83	88,6	90,51
Ca		0,39	0,45	0,44	2,73	4,5	3,08
Mg		1,38	1,31	1,79	9,66	13,1	12,53
Na		0,24	0,34	0,45	1,68	3,4	3,15
S		0,77	0,78	0,95	5,39	7,8	6,65
Fe	g/ha	19,46	21,27	19,59	136,22	212,7	137,13
Cu		8,23	8,65	8,51	57,61	86,5	59,57
Mn		9,04	9,78	9,06	63,28	97,8	63,42
Zn		12,98	14,9	14,47	90,86	149	101,29
B		5,63	6,06	5,86	39,41	60,6	41,02

Nota: A: clon Agrosavia Caribe; B: clon Agrosavia Mapiria; C: clon Agrosavia Yopare. A × 7: clon Agrosavia Caribe por rendimientos de 7 t/ha; B × 10: clon Agrosavia Mapiria por rendimientos de 10 t/ha; C × 7: clon Agrosavia Yopare por rendimientos de 7 t/ha.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de AGROSAVIA (2025)

Una vez se tiene el valor de extracción total, se procede a cuantificar la dosis de fertilizante. Para ello, se divide el valor de extracción total sobre la eficiencia del fertilizante (tabla 9).

Tabla 9. Estimación de la demanda de fertilizantes en función de la extracción de nutrientes por la fruta en árboles mayores de cinco años

Clon	I	II	III	EF (%)	DF-CAC	DF-CAM	DF-CAY
Macronutrientes (kg/ha)							
Nitrógeno	74,48	111,8	87,5	35	212,80	319,43	250,00
Fósforo	14,91	22,1	21,28	45	33,13	49,11	47,29
Potasio	67,83	88,6	90,51	75	90,44	118,13	120,68
Calcio	2,73	4,5	3,08	75	3,64	6,00	4,11
Magnesio	9,66	13,1	12,53	60	16,10	21,83	20,88
Sodio	1,68	3,4	3,15	20	8,40	17,00	15,75
Azufre	5,39	7,8	6,65	70	7,70	11,14	9,50
Micronutrientes (g/ha)							
Hierro	136,22	212,7	137,13	20	681,10	1063,50	685,65
Cobre	57,61	86,5	59,57	20	288,05	432,50	297,85
Manganeso	63,28	97,8	63,42	20	316,40	489,00	317,10
Zinc	90,86	149	101,29	20	454,30	745,00	506,45
Boro	39,41	60,6	41,02	20	197,05	303,00	205,10

Nota: I: extracción de nutrientes del clon Agrosavia Caribe - rendimientos de 7 toneladas; II: extracción de nutrientes del clon Agrosavia Mapiria - rendimientos de 10 toneladas; III: extracción de nutrientes del clon Agrosavia Yopare - rendimientos de 7 toneladas; EF: eficiencia del fertilizante; DF-CAC: demanda de fertilizante, clon Agrosavia Caribe; DF-CAM: demanda de fertilizante, clon Agrosavia Mapiria; DF-CAY: demanda de fertilizante, clon Agrosavia Yopare.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de AGROSAVIA (2025)

Entre las ventajas del método se puede resaltar que es sencillo y práctico, dado que permite diseñar dosis con base en datos reales de rendimiento y extracción. Es sostenible, puesto que evita el agotamiento del suelo al mantener un balance equilibrado. Se considera eficiente, porque reduce riesgos de sobrefertilización y pérdidas al ambiente y es un método flexible, ya que se adapta a diferentes cultivos, zonas y tecnologías.

Este método no sustituye el análisis de suelos, sino que lo complementa. Es recomendable usarlo junto con:

- *Análisis de suelo:* para conocer la oferta natural del suelo y ajustar las dosis finales.
- *Análisis foliar:* para validar la absorción efectiva por parte de las plantas.

Método de aplicación de fertilizantes

Los fertilizantes sólidos se aplican directamente en la zona de mayor absorción radical, la cual está ubicada en el área debajo del dosel de la planta. El fertilizante se puede aplicar al voleo o en corona, incorporándolo al suelo. Cuando se aplica al voleo, debe realizarse desde el tercio medio hasta el tercio exterior de la proyección de la copa del árbol. Para la aplicación en corona, se realizan zanjas de 15 cm de profundidad en la proyección de la copa del árbol o en el tercio exterior y se cubre el fertilizante con suelo. Con este último método se debe evitar causar lesiones a las raíces.

Estudios con respecto al sistema radical del cultivo de marañón indican que es un árbol con un sistema radical profundo y extendido. La mayoría de las raíces absorbentes se encuentran en las capas superficiales: el 85,0% de las raíces gruesas y el 45,0% de las raíces finas está en los primeros 15 cm del suelo. El patrón de distribución de las raíces depende de la edad del árbol, el material de siembra, el riego, la nutrición de las plantas y las condiciones físicas del suelo.

Antes de aplicar el fertilizante, la zona de gotera de la planta debe estar libre de arvenses y el suelo debe estar con humedad a capacidad de campo para favorecer la absorción del fertilizante. En época de alta precipitación, se recomienda fraccionar el fertilizante en varias aplicaciones para minimizar las pérdidas por lavado; en época de sequía, se sugiere incorporar el fertilizante para evitar pérdidas por volatilización y disponer de riego para humedecer el suelo (figura 17).



Foto: Elías David Flórez Cordero

Figura 17.

Aplicación de fertilizante en corona en el tercio exterior del árbol.

Componente fitosanitario

El esquema fitosanitario representa un pilar fundamental en los sistemas productivos de marañón, especialmente en regiones del trópico, donde las condiciones ambientales favorecen la presencia y proliferación de diversos artrópodos plagas y de enfermedades. En el desarrollo del manejo fitosanitario se priorizan las prácticas preventivas, iniciando con la identificación o el reconocimiento de los principales agentes que afectan negativamente el cultivo, sus hábitos, comportamientos y épocas de aparición, como herramienta crucial para implementar acciones

de monitoreo, prevención y control, enfocado a un manejo integrado y sostenible del sistema productivo.

En este apartado se abordarán dos grandes grupos del componente fitosanitario, como son los artrópodos plagas (insectos y ácaros) y las enfermedades (causadas por hongos y bacterias), asociados a las plantaciones de marañón. Esta información se presenta como resultado de investigaciones realizadas en torno al inventario y estatus fitosanitario asociado a esta especie, así como el desarrollo de una línea base fundamentada en el diagnóstico y reconocimiento de daños y síntomas en fincas productoras de marañón en la región Caribe de Colombia.

Artrópodos plaga

Los artrópodos plaga, de acuerdo con la clasificación taxonómica de especies, son organismos pertenecientes al filo Arthropoda, este incluye a dos grandes grupos de la entomología, como son los insectos (de la clase Insecta) y ácaros (clase Arachnida), ambos grupos con potencia de causar daño significativo de forma directa o indirecta (vectores de enfermedades) en los diferentes órganos de la planta, como hojas, flores, frutos, ramas, tallos y raíces (Food and Agriculture Organization [FAO], 2025). El marañón, como otros cultivos, es afectado por diferentes órdenes taxonómicos de estos grupos.

En Colombia, el ICA, en su rol de inspección, vigilancia y control en el cultivo de marañón, menciona a los trips y a la hormiga arriera como plagas de control oficial (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2023a). Por su parte, publicaciones de AGROSAVIA relacionan 21 órdenes taxonómicos de insectos plagas en regiones productoras del cultivo de marañón en el departamento del Vichada (Colombia) y en la región Caribe (Magdalena, Colombia). Estudios realizados por Brochero et al. (2023) mencionan los órdenes Hymenoptera, Coleoptera, Hemiptera y Blattodea como plagas de interés asociadas al sistema productivo. En zonas productoras de marañón a nivel internacional, en países como Nicaragua reportan como plagas al chinche patas de hoja (*Leptoglossus zonatus*, Dallas) (Hemiptera-Coreidae), la abejita negra o congo (*Trigona silvestrianun* Vachal) (Hymenoptera-apidae) y los comejenes (*Heterotermes* sp.) (Isoptera-Termitidae) (Jiménez y Gómez, 2020).

A continuación, se relacionan los artrópodos plagas y benéficos observados en el Caribe colombiano, presentes en árboles de marañón y algunas estrategias de manejo integrado, de acuerdo con los reportes de diversos autores.

Termitas o comején

Orden: Blattodea

Nombre científico: *Microcerotermes arboreus* (famila Termitidae)

Etología: en las fincas productoras de marañón localizadas en los departamentos de Córdoba, Sucre y Atlántico, se diagnosticó su presencia en tallos, ramas y suelo; donde formaron nidos aéreos característicos de esta especie. Estos insectos viven en colonias y se alimentan exclusivamente de celulosa (xilófagos). Durante los monitoreos de campo, se observaron en madera viva y madera en descomposición (figura 18). Estos hallazgos coincidieron con lo reportado por autores como Jiménez et al. (2014); Brochero et al. (2023); Campos et al. (2023).



Fotos: María del Valle Rodríguez Pinto

Figura 18.

Termitas o comején.
a. Colonia de termitas establecidas en árbol de marañón; **b.** Formación de nidos aéreos de termitas sobre tallo principal del árbol de marañón.

Bionomía: poseen castas (reproductores, obreras y soldados) y metamorfosis incompleta. La reina puede vivir hasta 25 años y poner más de 1.000 huevos al día. Además, las obreras procesan alimento vegetal en descomposición (Jiménez et al., 2014).

Daños: estos insectos excavan galerías en raíces, troncos y ramas, vaciando internamente la madera, y este daño no es visible externamente en las primeras etapas, pero con el tiempo se debilita la estructura del árbol (Campos et al., 2023). Observaciones en campo evidencian galerías o caminos (activos) con daño superficial sin comprometer por completo la corteza de los árboles (figura 19).



Fotos: María del Valle Rodríguez Pinto

Figura 19.

Daño superficial en la corteza de los árboles de marañón causado por galerías de termitas.

Picudo verde

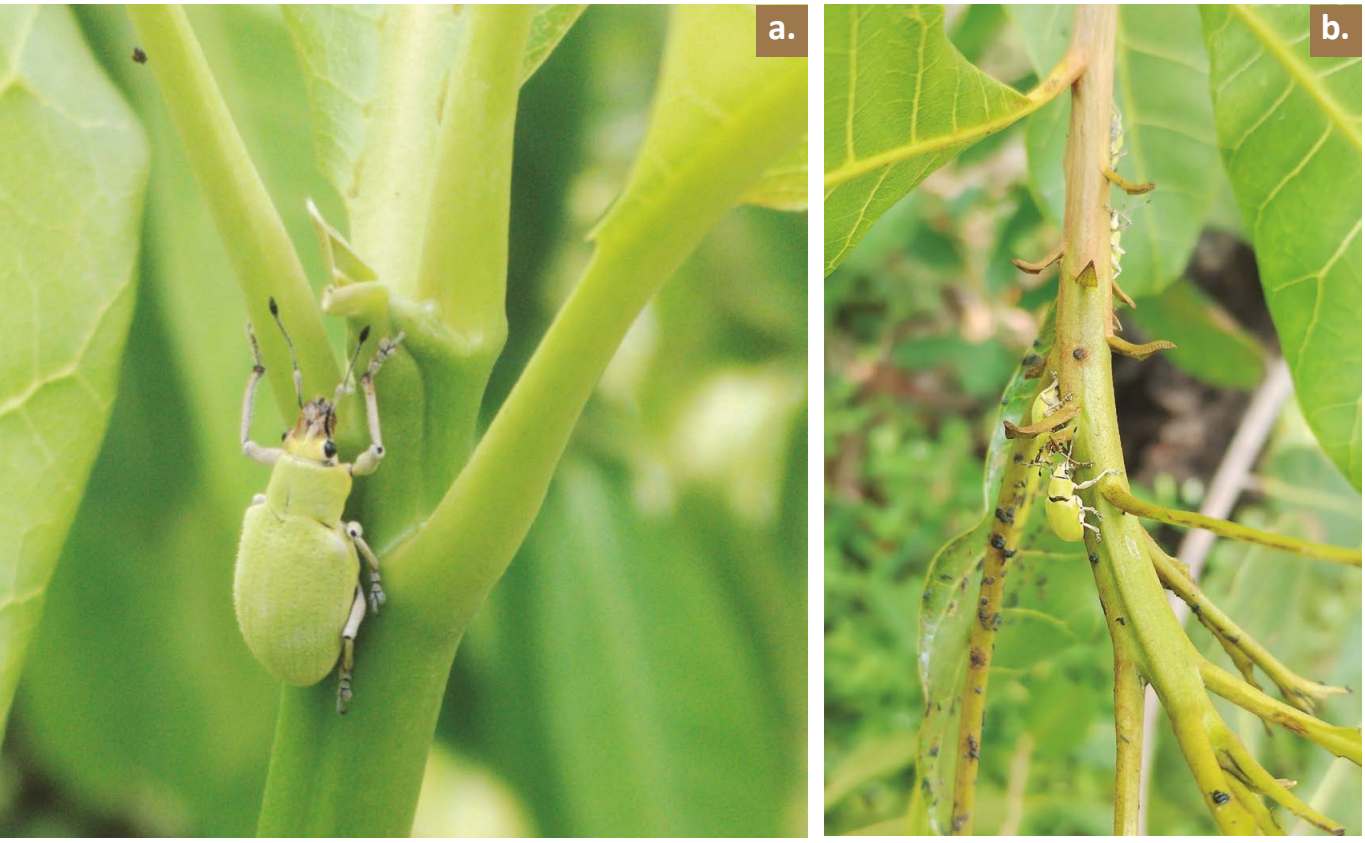
Orden: Coleoptera

Nombre científico: *Compsus* sp. (familia Curculionidae)

Etología: es un insecto polífago y es reconocido como una plaga de importancia económica en otros frutales como cítricos y mangos (figura 20). Se le considera como una plaga de doble impacto debido a que en su etapa larval se alimenta de raíces, mientras que los adultos afectan las hojas, las flores y los frutos, reduciendo la capacidad productiva del cultivo (Carabalí y Cardona, 2019; Brochero et al., 2023).

Bionomía: presenta un ciclo de vida con cuatro estados: huevo, larva, pupa y adulto. La relación de sexos en esta plaga es de 1:1. Las hembras pueden vivir 9,5 meses, mientras que los machos 12 meses o más (Peñaloza y Díaz, 2004).

Daños: en el marañón causan cortes en las hojas y defoliación. Para su monitoreo se recomienda seleccionar al azar el 10,0% de los árboles, colocar plástico negro alrededor del tallo y golpear suavemente las ramas para verificar la caída de adultos, de manera que estos puedan ser contabilizados y calcular el promedio de picudos por árbol. Adicionalmente, se deben inspeccionar los bordes de las hojas para identificar posibles cortes irregulares (Brochero et al., 2023; Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2023b).



Fotos: María del Valle Rodríguez Pinto

Figura 20.

Picudo verde defoliador en marañón. a. Adulto de *Compsus* sp. posado sobre ramas de marañón; **b.** Grupo de *Compus* sp. causando defoliación.

El cultivo de marañón alberga otros artrópodos plaga del orden Coleoptera, reportado por diversos autores. Estos se relacionan en la tabla 10, lo que evidencia la diversidad de plagas que pueden afectar este sistema productivo.

Tabla 10. Listado de otros insectos del orden Coleoptera, reportados en el cultivo de marañón

Familia	Nombre científico	Nombre común	Estructura que ataca
Cerambycidae	*Placeaderus ferrugineus*	Barrenador	Tallo, ramas y semillas
Chrysomelidae	*Monolepta longitarsus*	Perforadores	Hojas
Chrysomelidae	*Coytiera* sp.	Perforadores	Hojas, brotes tiernos y nuez
Chrysomelidae	*Coscinoptera* sp.	Barrenador	Nuez
Curculionidae	*Chamaelops fissirostris*	Perforador	Raíces, hojas y frutos

Fuente: Brochero et al. (2023); Campos et al. (2023); Panda (2013).

Hormigas arrieras o cortadoras

Orden: Hymenoptera

Nombre científico: *Atta laevigata* y *Acromyrmex* sp. (familia Formicidae)

Etología: estas especies de hormigas cortan y transportan trozos de hojas frescas hacia los hormigueros, donde utilizan este material vegetal como sustrato para la obtención de un hongo que produce micelio y fructificaciones, que finalmente emplean para alimentar al resto de las hormigas (figura 21).

Daños: los árboles de marañón presentan cortes en forma de medialuna, principalmente en flores y hojas. Estas hormigas son consideradas insectos defoliadores relevantes en cultivos tropicales (Campos et al., 2023).



Foto: Liseth Cárdenas

Figura 21.

Hormiga arriera.

Trips

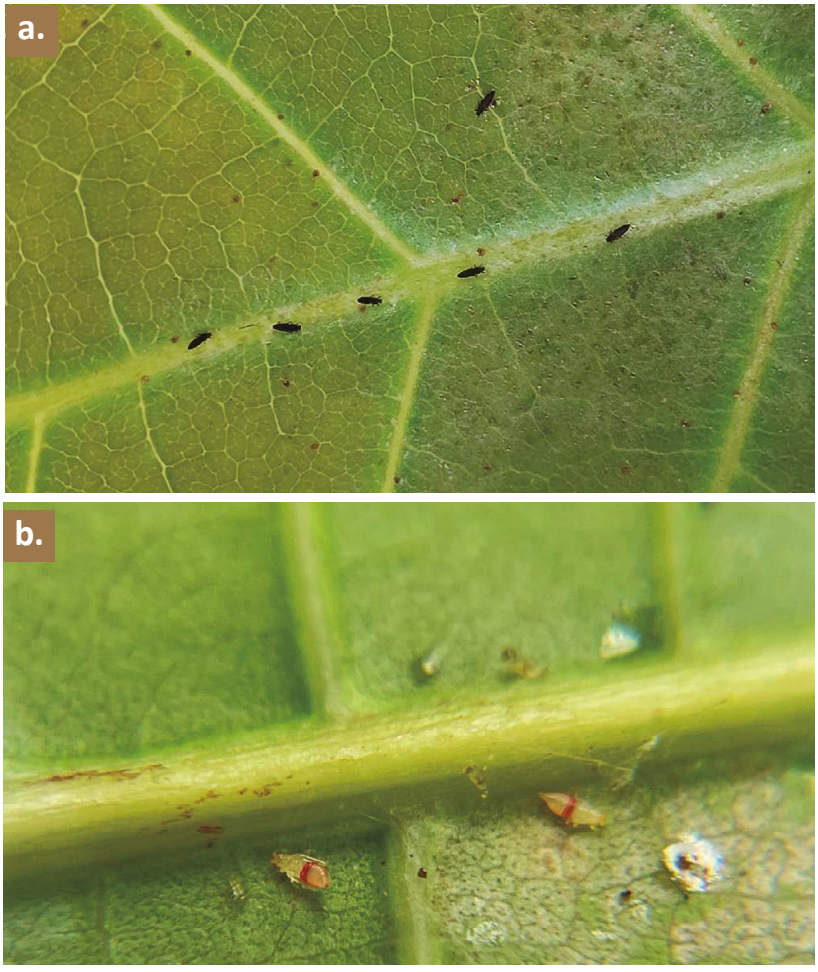
Orden: Thysanoptera

Nombre científico: *Selenothrips rubrocinctus* (familia Thripidae)

Etología: las hembras ovipositan bajo la epidermis de las hojas y cubren los huevos con una sustancia oscura. Los trips se pueden presentar durante todo el desarrollo del cultivo y los daños en el envés de las hojas comienzan principalmente en la época seca del año. Además, las ninfas son más numerosas que los adultos (Campos et al., 2023; Román Hoyos y Arango Wiesner, 2007).

Bionomía: los adultos de trips se distinguen por su cuerpo alargado y sus alas flecadas. Su aparato bucal es de tipo "masticador chupador", lo que les permite alimentarse eficazmente de los tejidos de las plantas. Su ciclo de vida dura aproximadamente un mes (Panda, 2013; Atencio-Valdespino et al., 2023) y las hembras ovipositan en promedio 50 huevos (figura 22). Por su parte, las ninfas emergen en un promedio de 12 días, presentan un color amarillo con los dos primeros segmentos del abdomen en rojo y se alimentan durante 15 días. La transición de huevo a adulto puede tardar entre dos y tres semanas, dependiendo de las condiciones ambientales. Debido a su dieta, los trips son considerados plagas agrícolas, ya que pueden causar daños significativos en los cultivos y afectar la calidad de los productos.

Daños: en vivero y en campo, *S. rubrocinctus* pueden atacar hojas, yemas, inflorescencias y frutos, lo que genera inicialmente clorosis y luego un color plateado en los tejidos (figura 22). Su acción raspadora favorece la defoliación severa, especialmente bajo condiciones de sequía, al arrugar y tornar marrones las hojas (Panda, 2013). La identificación temprana requiere de un monitoreo donde se puede aplicar la escala de Da Silva (1998), que va del nivel 0 (sin trips) hasta el nivel 4 (presencia de colonias con bronceado generalizado). La metodología recomendada consiste en revisar una rama por planta en los cuatro puntos cardinales, registrando la presencia del insecto y los síntomas asociados visibles.



Fotos: María del Valle Rodríguez Pinto

Figura 22.

Trips. a. Adultos de color negro en la nervadura central de la hoja; **b.** Ninfas de banda roja en hojas; **c.** Daños causados en hojas de marañón presentes en fase de vivero.

Chinche patón

Orden: Hemíptera

Nombre científico: *Leptoglossus sonatus* (familia Coreidae)

Etología: es una especie polífaga con una amplia gama de hospederos, reportada como plaga en cultivos de algodón, berenjena, cítricos, durazno, granada, marañón, pistachos, tomate y sandía (Daane et al., 2019; Jiménez y Gómez, 2011). En los muestreos realizados en la región Caribe, se constató su presencia.

Bionomía: los adultos presentan una coloración café y una banda color amarillo claro en zigzag sobre sus alas. Sus patas posteriores presentan tibias aplanadas en forma de hoja (figura 23). En sus estados ninfales presentan tonalidad rojo anaranjado y, a medida que se va desarrollando, el individuo adquiere una coloración café (Campos et al., 2023).

Daño: en campo se observó posado sobre hojas y frutos en arboles de marañón. De acuerdo con la literatura, este insecto causa daños directos al succionar jugos de frutos y nueces tiernas, generando manchas, causando caída y abortos florales (Campos et al., 2023). Además, las heridas actúan como puertas de entrada de patógenos, lo que provoca pudrición o decoloración (Joyce et al., 2019; Campos y Echeverría, 2004; Díaz y Orellana, 2000).



Fotos: María del Valle Rodríguez Pinto

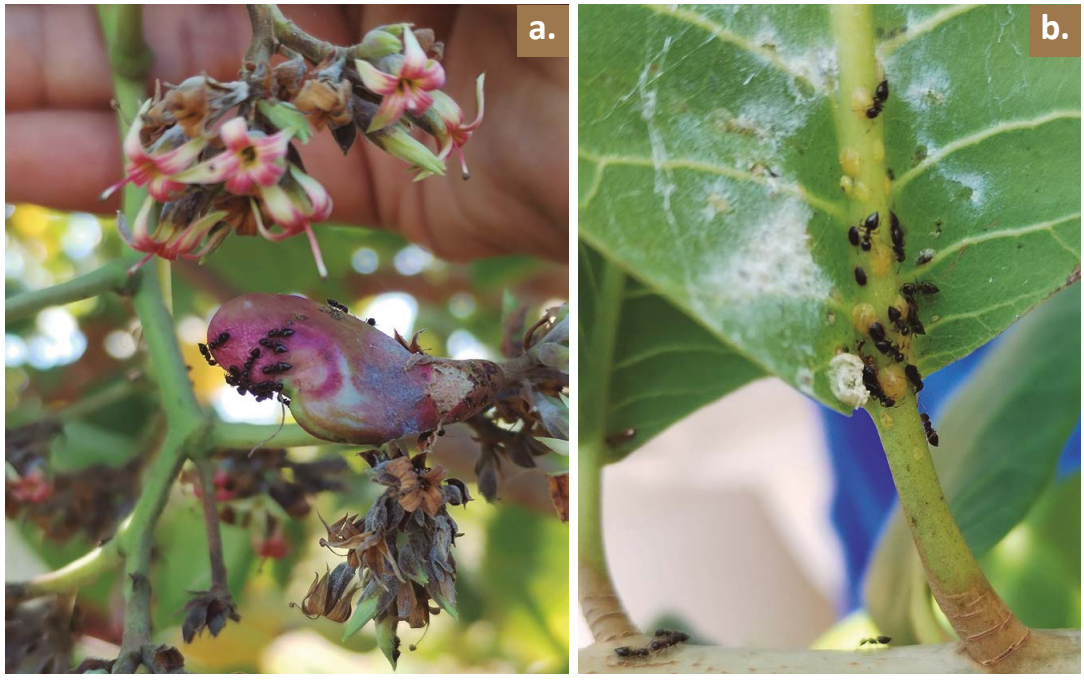
Figura 23.

Chinche patón. a. Chinche adulto posado sobre hoja; **b.** Chinche adulto atacando frutos en formación de marañón.

Además de *Leptoglossus* sp., se han reportado a otros insectos que afectan directamente a flores como *Trigona silvestriana* (familia Apidae: Meliponini), los cuales roen ramas, frutos y pseudofrutos en formación que permiten la entrada de patógenos (Campos et al., 2023). Los pulgones *Aphis* spp. colonizan inflorescencias y dificultan la polinización. Estos insectos pueden incidir sobre las estructuras reproductivas y ser potenciales plagas en la región Caribe colombiana.

Otros artrópodos asociados al cultivo de marañón en la región Caribe de Colombia

En departamentos como Atlántico, Córdoba y Sucre, se han registrado ejemplares de varios órdenes, entre ellos Coleoptera, Hymenoptera y Hemiptera. En el municipio de Santo Tomás, Atlántico, se han identificado especies de Coccinellidae y Chrysomelidae, así como hormigas (Formicidae, subfamilia Myrmicinae) (figura 24) que interactúan con diferentes partes del árbol. En Chinú, Córdoba (Colombia), se destaca la presencia de picudos de las familias Curculionidae y Brentidae. Por su parte, en San Benito Abad, Sucre, se ha identificado en las inflorescencias daños asociados por artrópodos del orden Hemiptera, familia Cercopidade, el cual se identifica por primera vez en la región Caribe (figura 25).



Fotos: María del Valle Rodríguez Pinto

Figura 24.

Hormigas de la subfamilia Myrmicinae. a. Hormigas afectando estadio inicial del fruto en formación de marañón; **b.** Hormigas en hoja de marañón.

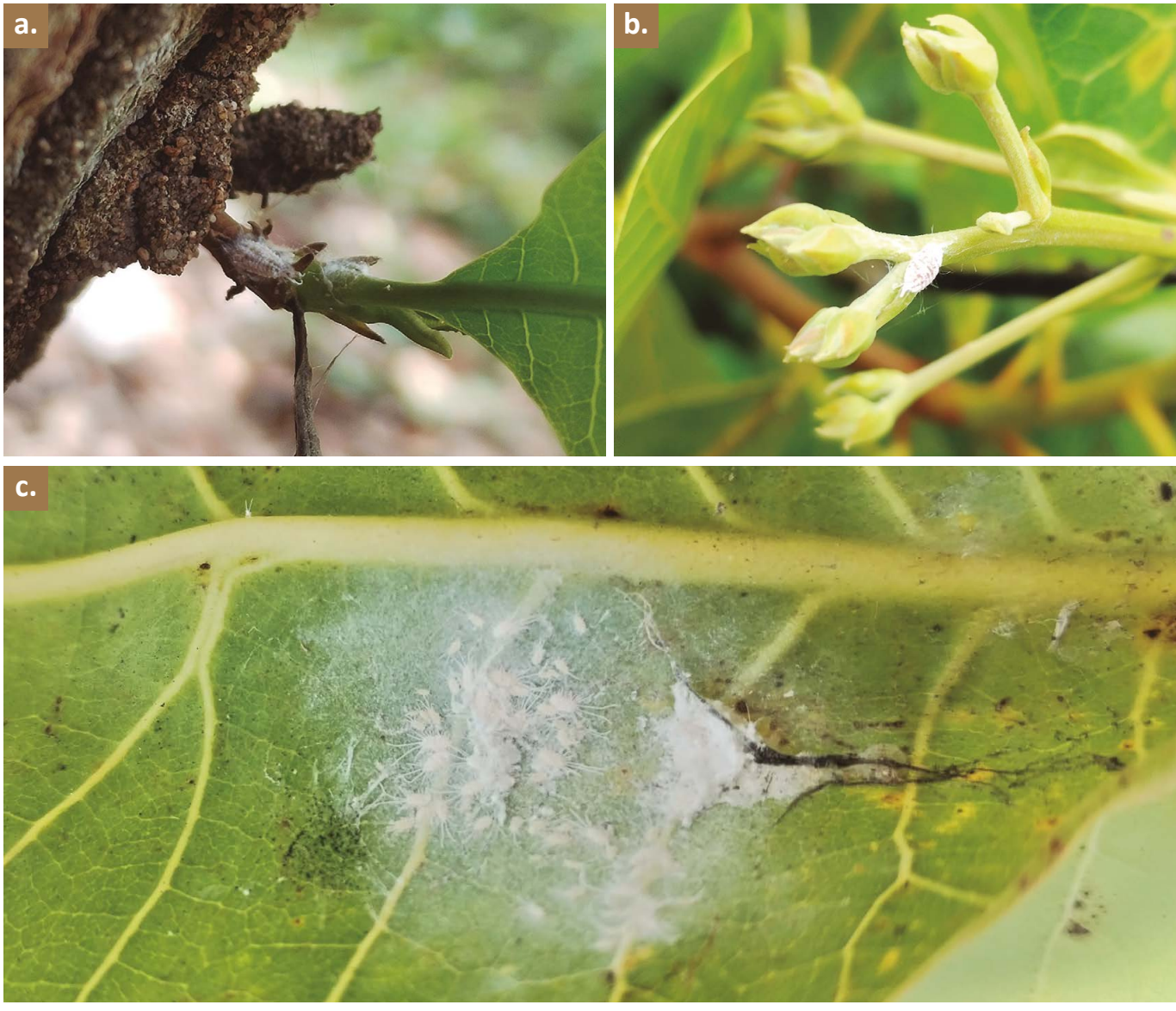


Fotos: María del Valle Rodríguez Pinto

Figura 25.

Salivazo en inflorescencias de marañón (a y b).

Otros artrópodos asociados al cultivo de marañón en la región Caribe colombiana se encuentran actualmente en proceso de identificación taxonómica; entre estos están las cochinillas, que pertenecen al orden Hemíptera, familia Pseudococcidae (figura 26), destacándose su presencia en diversos órganos de la planta como hojas, inflorescencias, nueces, tallos y ramas (tabla 11).



Fotos: María del Valle Rodríguez Pinto

Figura 26.

Cochinillas o escamas. a. Cochinilla en rama cerca al tallo; **b.** Cochinilla sobre inflorescencia de marañón; **c.** Colonia de cochinilla en hoja de marañón.

Tabla 11. Otros artrópodos asociados al cultivo de marañón en la región Caribe colombiana

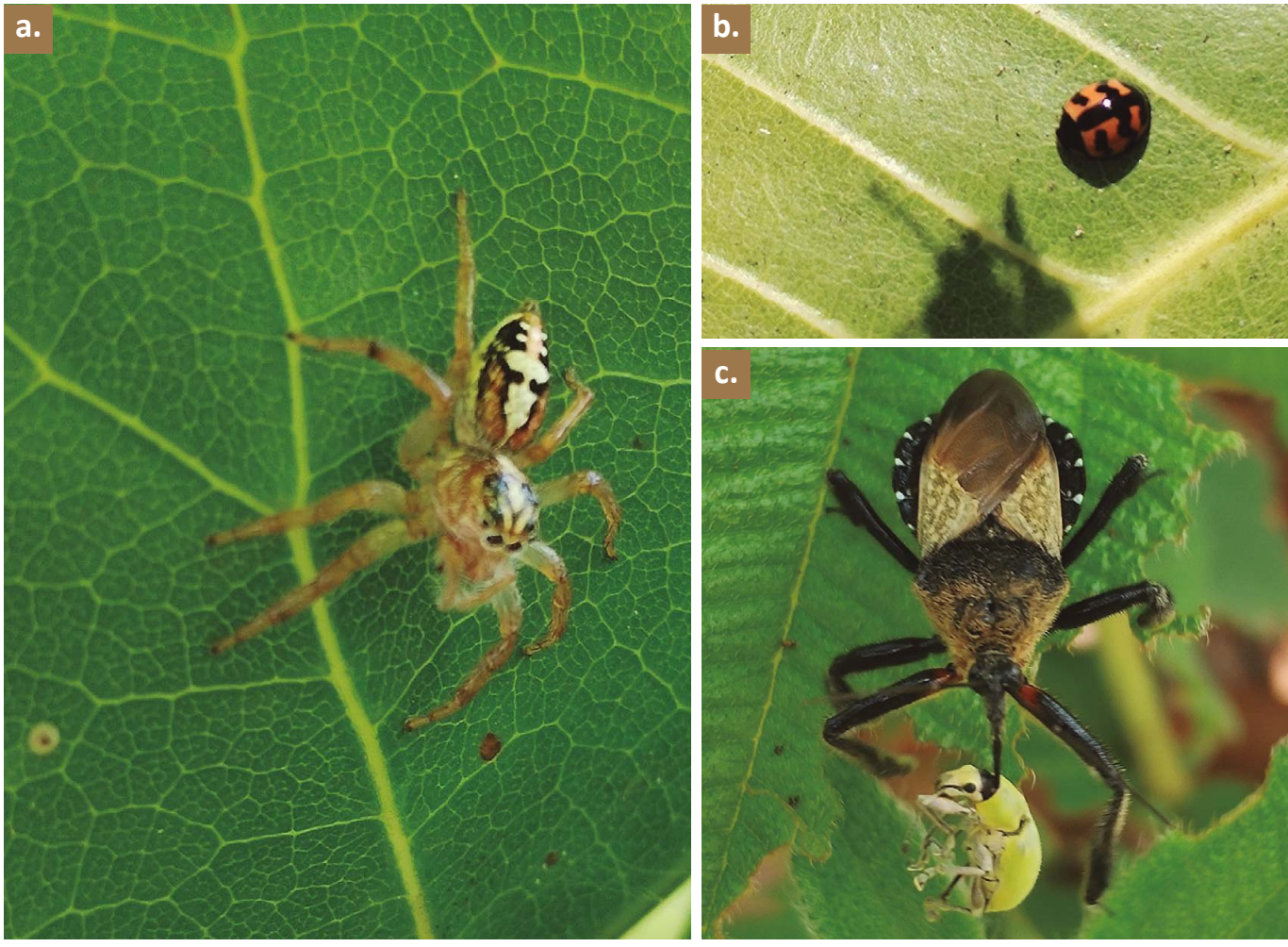
Departamento	Órgano del árbol	Orden taxonómico	Familia	Subfamilia
Atlántico	Hojas	Coleoptera	Coccinellidae	N/A
	Tallos, ramas, hojas	Hymenoptera	Formicidae	Myrmicinae
	Nuez	Coleoptera	Curculionidae	Scolytinae
	Inflorescencia	Coleoptera	Latridiidae	Corticariinae
	Hojas, tallos, ramas	Hymenoptera	Formicidae	Myrmicinae
	Inflorescencia	Coleoptera	Alleculidae	N/A
	Hojas	Coleoptera	Chrysomelidae	Eumolpinae
Córdoba	Tallos	Blattodea	Termitidae	N/A
	Inflorescencia	Coleóptera	Curculionidae	Anthonominae
	Inflorescencia	Coleóptera	Brentidae	Apioninae
Sucre	Hojas	Hemiptera	Cicadellidae	Deltocephalinae
	Hojas	Coleóptera	Curculionidae	Entiminae
	Tallos, ramas, hojas	Hymenoptera	Formicidae	Formicinae

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en evaluaciones de campo en fincas de marañón en la región Caribe de Colombia

La diversidad de artrópodos plaga asociados al cultivo de marañón resalta la importancia de continuar el estudio de fluctuación poblacional y el comportamiento de estas especies, para establecer estrategias de manejo adaptadas a las condiciones locales.

Artrópodos benéficos

En el cultivo de marañón en la región Caribe colombiana se registró, en los departamentos de Atlántico, Sucre y Córdoba, la presencia de diversos artrópodos benéficos, entre ellos arañas, coccinélidos y hemípteros depredadores, los cuales desempeñan un papel importante en la regulación natural de poblaciones de plaga (figura 27).



Fotos: María del Valle Rodríguez Pinto

Figura 27.

Artrópodos benéficos. a. Arácnido presente en el cultivo de marañón; **b.** Adulto de la familia Coccinellidae (orden Coleoptera); **c.** Adulto de la familia Reduviidae (orden Hemíptera), predador en el cultivo de marañón.

Estrategias integradas para el manejo de artrópodos plaga en marañón

En el sistema productivo de marañón, el manejo integrado de plagas (MIP) debe enfocarse desde un punto de vista preventivo y sostenible. En la región Caribe, a través de los muestreos en campo, se diagnosticó la presencia de insectos como termitas, chinche patón, picudo verde, hormigas y trips, que pueden afectar raíces, hojas, flores y frutos con potencial disminución de los rendimientos. El MIP inicia con un monitoreo en las

unidades productivas, lo que permite identificar la presencia de insectos plaga y tomar decisiones oportunamente. Este proceso se fortalece con el reconocimiento de las principales especies presentes en la región Caribe, lo que facilita seleccionar las medidas de manejo adecuadas de acuerdo con el contexto local. En concordancia con lo reportado con autores nacionales e internacionales, las estrategias MIP deben integrar prácticas culturales, biológicas, físicas y químicas de bajo impacto, priorizando siempre la conservación de los enemigos naturales de las plagas. En la tabla 12 se presentan los artrópodos plaga más relevantes en el cultivo de marañón en la región Caribe, junto con sus umbrales de acción y las estrategias de manejo.

Tabla 12. Principales especies de artrópodos plaga presentes en los cultivos de marañón y algunas estrategias de manejo

Especie	Umbral de acción	Estrategias de manejo integrado	Fuente
Termitas: *Microcerotermes arboreus*	No se establece un umbral específico.	Revisión de árboles directamente, eliminación de madera muerta, extractos vegetales (*neem*, ajo o ají), trampas físicas, manejo de humedad del suelo, destrucción manual de nidos con herramientas para facilitar su descomposición, aplicación de bioinsumos (chile y jabón) a los insectos caídos y muestreo previo del suelo para detectar presencia de obreras. Si se encuentra comején en alguno de los puntos evaluados, no se recomienda establecer el cultivo.	Jiménez et al. (2014); Arcila et al. (2013)
Picudo de los cítricos: *Compsus* sp.	En marañón, actuar al detectar daño visible o adultos presentes.	Monitoreo de árboles, siembra de plantas con registro ICA, prácticas de recolección manual, instalación de cintas blancas o transparentes para confusión de la hembra al momento de oviposición, podas, control de arvenses, uso de entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*	Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2023b; Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2004
Chinche patón: *Leptoglossus* sp.	En frutales, intervenir con daño visible en flor o fruto. Se recomienda para frutales 1-2 adultos/frutos.	Control manual, aplicación de entomatógenos	Asociación Hortifrutícola de Colombia [Asohofrucol], 2024; Joyce et al., 2019
Pulgones: *Aphis* sp.	Colonias en ≥20,0% de brotes tiernos.	Observación de presencia de melaza, jabón potásico, extracto de ajo o tabaco, atrayentes de enemigos naturales y control de sombra excesiva.	Fontes y Valadares-Inglis, 2020; Riaño et al., 2020; Agencia de Cooperación Internacional de Japón [JICA] et al., 2010

Especie	Umbral de acción	Estrategias de manejo integrado	Fuente
Cochinilla/ escama blanca: *Coccus hesperidum*	Infestación visible en >10,0% de ramas o frutos.	Revisión de terminales y envés de las hojas. Aplicación de aceite agrícola mineral más fuente de cobre. Jabón potásico + extracto de *neem*, conservación de la fauna benéfica, especialmente crisopas y coccinélidos	Asociación Hortifrutícola de Colombia [Asohofrucol], 2024; Martínez-Blay et al., 2018; Ramos et al., 2018
Hormigas: *Atta laevigata*	Presencia de caminos activos o daño en más del 5,0% de hojas jóvenes.	Observar visualmente tallos, ramas y suelo buscando termiteros o nidos, uso de cebos para monitoreo de nidos antes y posterior al establecimiento, prácticas culturales, destrucción de nidos con herramientas después del vuelo nupcial de reinas en marzo-mayo, evitar abonos ricos en celulosa (por ejemplo: cascarilla de arroz); aplicar solarización. Uso de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, y aplicar bioinsumos de chile con jabón sobre los insectos caídos.	Asociación Hortifrutícola de Colombia [Asohofrucol], 2024; Joyce et al., 2019; Jiménez et al., 2014
***Acromyrmex* sp.**	Igual que Atta: caminos activos y defoliación visible.		Grupo COLCO Plantwise et al., 2020
Selenothrips rubricinctus	En cultivos de frutales se han definido 86 adultos por ha, ≥6 trips por flor o daño visible en el 10,0% de inflorescencias.	Poda fitosanitaria, evitar exceso de fertilización nitrogenada, conservar los enemigos naturales, productos a base de *neem*, como extracto de aceite de semilla de *neem*. Uso de entomopatógenos como *Metarhizum anisopliae* o *Beauveria bassiana.*	Álvarez y Rengifo, 2020; Centro Internacional de Agricultura y Biociencias [CABI], 2018

Fuente: Elaboración propia

Monitoreo de artrópodos

El monitoreo de artrópodos plaga en cultivos de marañón es uno de los pasos fundamentales del MIP, ya que es relevante para la toma de decisiones oportunas y sostenibles. Este proceso debe seguir un sistema de muestreo que considere tanto la frecuencia de observación y registros en formatos físicos o digitales de los indicadores específicos de cada plaga, que pueden ser cuantitativos (número de insectos por planta y presencia de daño) o cualitativos (síntomas visibles como manchas, perforaciones, viruta o aserrín y deformaciones) (figura 28).



Foto: Liseth Cárdenas

Figura 28.

Observación y registros como estrategia de monitoreo en campo para detección de problemas fitosanitarios en el cultivo de marañón.

Entre los elementos requeridos para estos monitoreos, es indispensable el uso de lupas de 30x o de 40x, jamas y recipientes entomológicos, pinceles y alcohol al 70,0% principalmente; con el objetivo de realizar un monitoreo con mayor precisión de la información y recolectar los artrópodos que se observen para su posterior análisis e identificación taxonómica (figura 29).



Foto: Liseth Cárdenas

Figura 29.

Monitoreo de artrópodos en árboles de marañón con uso de lupas de 30x y 40x de aumento.

El recorrido de monitoreo en marañón se puede realizar empleando el esquema en zigzag en toda el área productiva; este consiste en ingresar desde distintos puntos cada semana para asegurar que se cubran todos los sectores del lote. En unidades productivas de hasta cinco (5) hectáreas, se recomienda revisar al menos diez (10) árboles de marañón; entre cinco (5) y diez (10) hectáreas, lo ideal es monitorear al menos 14 árboles. Para áreas mayores, lo más adecuado es dividir el área total en subparcelas para mejorar la precisión del muestreo.

Realizar el monitoreo permite detectar a tiempo la presencia de plagas y, de manera complementaria, orientar acciones encaminadas a la sanidad vegetal, la nutrición y el manejo de arvenses. De esta manera, las decisiones se integran en las prácticas preventivas y correctivas propias del manejo integrado, fortaleciendo una estrategia de manejo agroecológico más eficiente.

Enfermedades

Una enfermedad es considerada como cualquier anomalía o alteración que se presenta en el normal funcionamiento de una planta. Puede afectar a uno o diversos órganos de esta, y causar un impacto significativo en la producción y, por tanto, pérdidas económicas si no se realizan los manejos adecuados. Las enfermedades pueden ser ocasionadas por factores abióticos, también conocidas como no infecciosas (excesos de temperatura, luz, humedad, etc.) y enfermedades infecciosas causadas por patógenos u organismos vivos como hongos, bacterias, virus, nematodos, entre otros.

En el cultivo de marañón se han reportado afectaciones en tejidos foliares, flores, tallos, ramas y frutos o incluso, en casos más extremos, la muerte del árbol, lo cual puede limitar su explotación comercial y representar pérdidas económicas (Majune et al., 2018). En regiones productoras de varios países, incluyendo Colombia, se registra un listado importante de enfermedades asociadas al cultivo, en las que se destacan la antracnosis, el oídium y la muerte descendente de ramas, entre otras (Veloso et al., 2021).

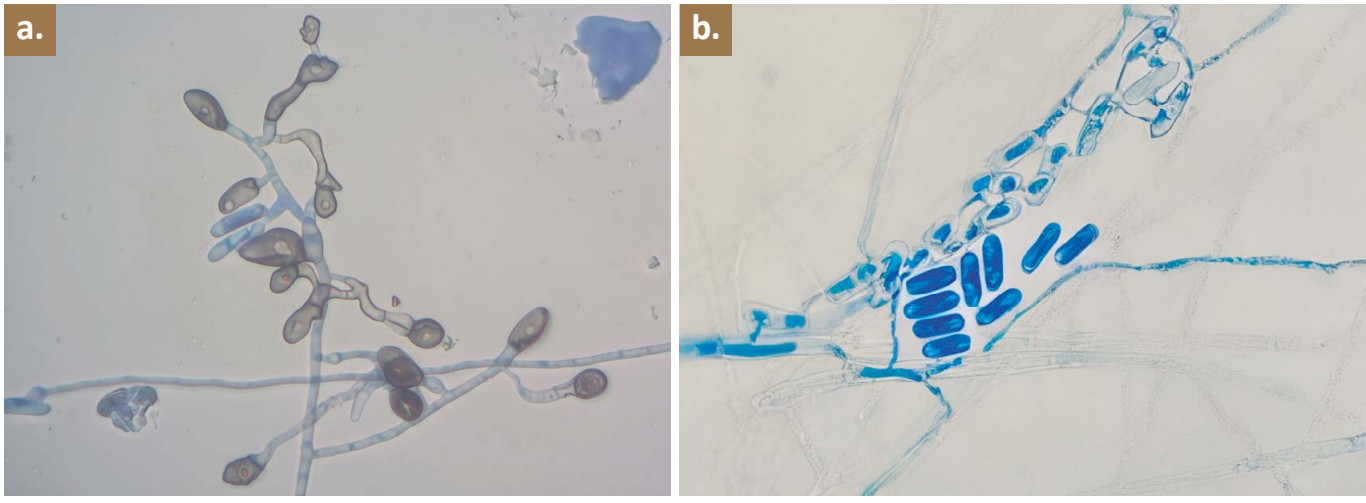
En este apartado se abordarán las principales enfermedades del cultivo de marañón en la región Caribe, específicamente las causadas por factores bióticos como hongos y bacterias, de acuerdo con información secundaria y avances en investigaciones del estatus fitosanitario en esta zona del país.

Antracnosis

Agente causal: *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc.

Importancia económica: es considerado el problema más importante del cultivo de marañón, por ocasionar pérdidas económicas en un 50,0% o más de la producción. Su capacidad de adaptación a diversos ambientes le confieren alta agresividad, además puede afectar varios órganos de la planta, permitiendo mantenerse latente hasta infectar el tejido foliar, ramas, inflorescencias y frutos, una vez se presenten las condiciones favorables para la infección (Brochero et al., 2023).

Signos: el patógeno fúngico se desarrolla sobre la superficie de los órganos de la planta a través de apresorios para facilitar su penetración e infección. Además, produce una alta cantidad de estructuras reproductivas denominadas acérvulos. Estas estructuras se observan en el haz y envés de las hojas, son subepidérmicas y brotan de la superficie de los tejidos de la planta, tienen forma de disco o cojín y son cerosas, con conidióforos simples, cortos y erectos. Al comienzo, las conidias son hialinas (transparentes), pero pueden oscurecerse con la maduración (Bolaños et al., 2009) (figura 30).



Fotos: Jessica Johana Rivera Meneses y Vanessa Valencia Rodríguez

Figura 30.

Antracnosis. a. Apresorios de *Colletotrichum* sp.; **b.** Conidios de *Colletotrichum* sp. observados con microscopio óptico (40X) en laboratorio.

Condiciones favorables: la infección es favorecida por precipitaciones, temperaturas y humedades relativas altas (Freire et al., 2002) (figura 31). El ciclo de vida del hongo depende en gran medida del agua libre en los tejidos de la planta y la humedad del ambiente, debido a que los conidios son liberados y se diseminan solo cuando los acérvulos se encuentran húmedos, los cuales generalmente son diseminados por la lluvia desplazada por el viento o al entrar en contacto con los insectos, otros animales, herramientas, etc. Es importante resaltar que los conidios germinan solamente en presencia de agua (Bolaños et al., 2009). Además, la severidad es mayor en tejidos tiernos, generados en periodos lluviosos o cuando hay alta humedad relativa (≥85,0%) durante la etapa de fructificación (Serrano, 2016; Cardoso et al., 2000).

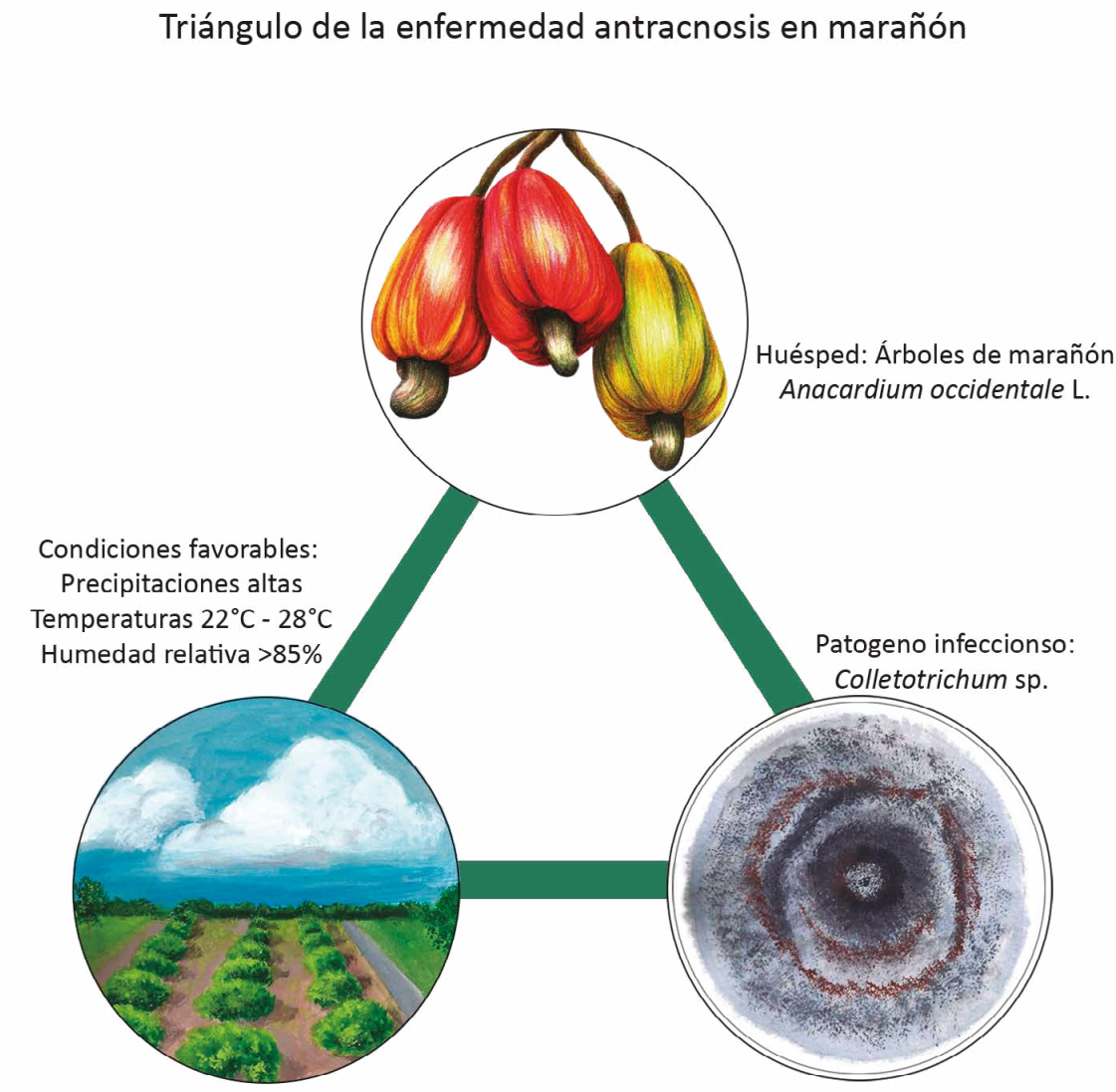


Figura 31.

Triángulo de la enfermedad en plantas.

Fuente: Elaboración propia

Síntomas: el hongo afecta a varios órganos de la planta como hojas, flores, frutos y pedúnculos, en diferentes estados de desarrollo del cultivo (Serrano, 2016; Galdámez, 2004); sin embargo, la mayor sensibilidad la presentan la inflorescencia y los frutos (semilla y falso fruto), dado su efecto directo sobre la producción. En las hojas, la enfermedad se manifiesta con un cambio en la coloración de verde a amarillo y la formación de manchas café de forma irregular. En muestreos realizados en fincas de marañón de

la región Caribe, se observó inicio del daño en el borde de la hoja con un color café, finalizando en lesiones necróticas con forma irregular, coincidiendo con lo reportado en cultivos comerciales de marañón en Panamá (figura 32). Esta enfermedad puede causar fuertes quemazones en las hojas, es decir, su daño puede ser tan severo que produce ennegrecimiento completo, deformación y caída prematura de la lámina foliar (Araúz y Frías, 2024; Serrano, 2016; Galdámez, 2004).



Fotos: Lilibet Tordecilla Zumaqué

Figura 32.

Síntomas de antracnosis en hojas jóvenes de marañón.

En la inflorescencia, este hongo causa lesiones oscuras y los tejidos necrosados evitan el movimiento normal de la savia, causando marchitamiento y posterior muerte de la inflorescencia (figura 33). En el fruto causa deformación del pedúnculo (pseudofruto o manzana) y, a medida que avanza la infección, se observan grietas de color café oscuro sobre su superficie, que ocasiona la exposición de la pulpa interna, lo cual deteriora su calidad y afectando negativamente su presentación para la comercialización (figura 34) (Martins et al., 2020; Galdámez, 2004).



Fotos: Yesith Darith Montero Cantillo

Figura 33.

Síntomas de antracnosis en inflorescencia de marañón.







Fotos: Lilibet Tordecilla Zumaqué

Figura 34.

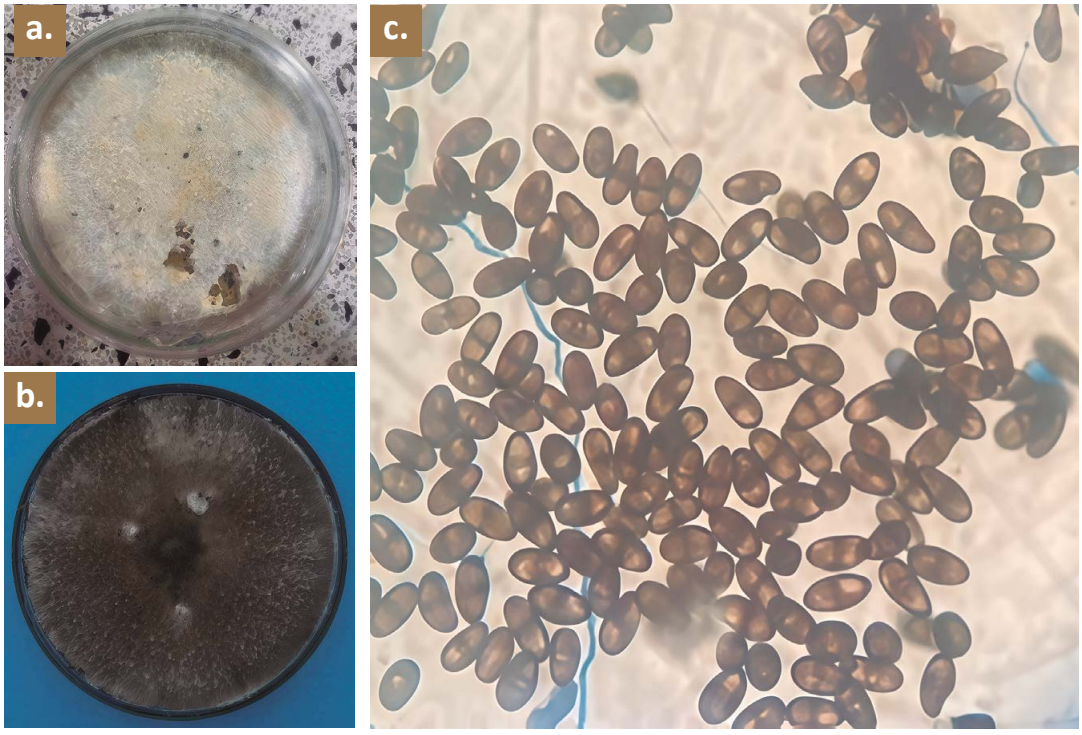
Daños ocasionados por antracnosis en pseudofruto de marañón.

Resinosis o gomosis

Agente causal: *Lasiodiplodia theobromae*

Importancia económica: *L. theobromae* es un hongo necrótrofo asociado a graves daños en diferentes cultivos en el mundo. La importancia de esta enfermedad se debe a que no existe un manejo efectivo que detenga su avance, debido a que los síntomas reaparecen después de dos a tres meses de aplicado el control y la infección persiste en las ramas al considerar un patógeno endófito. Esta enfermedad cuenta con un amplio rango de hospederos y afecta a plantaciones jóvenes y adultas, causando daños directos en la producción y acortando la vida útil de los huertos. El patógeno puede invadir los tejidos del árbol sin mostrar inicialmente los síntomas, lo que facilita su trasmisión a través de semilla o material vegetal (Rubini et al., 2005; Cardoso, Paiva et al., 2006; Cardoso et al., 1998; Alves et al., 2013; Picos-Muñoz et al., 2015). De no realizar los manejos oportunos, la infección puede provocar incluso la muerte del árbol (Brochero et al., 2023; Picos-Muñoz et al., 2015). En Colombia, la enfermedad está presente en varias fincas de marañón de la región Caribe, especialmente en aquellos huertos con mínimo manejo agronómico.

Signos: el hongo desarrolla un micelio blanco grisáceo con picnidios oscuros errumpentes, libres o agregados. Forma conidios de hasta 30 µm de largo y 15 µm de ancho, inicialmente hialinos, que al madurar se tornan marrón oscuro, presenta estrías longitudinales y adquiere una estructura bicelular (figura 35) (Flores et al., 2021; Alves et al., 2013). La presencia del tabique transversal es una característica típica que facilita su clasificación taxonómica (Alves et al., 2013).



Fotos: Jessica Johana Rivera Meneses

Figura 35.

Resinosis. a. y **b.** Características macroscópicas del aislamiento en agar PDA; **c.** Conidias maduras septadas con coloración oscura y estrías longitudinales.

Síntomas: esta enfermedad puede afectar a árboles recién trasplantados y árboles adultos. A nivel externo se presenta oscurecimiento, hinchazón y agrietamiento de la corteza, formando cancros pronunciados en el tallo y ramas leñosas, luego aparece una intensa exudación de resina o goma, los haces vasculares se tornan ennegrecidos por debajo de la corteza y, a medida que avanza la pudrición seca, se produce un secamiento de las ramas y el tronco (figura 36). En consecuencia, los árboles expresan síntomas de deficiencias nutricionales y marchitez hasta provocar su colapso total (Cardoso et al., 2009; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [Embrapa], 2004; Freire et al., 2002; Moreira et al., 2012; Hernández et al., 2023).



Fotos: Lilibet Tordecilla Zumaqué

Figura 36.

Síntomas de resinosis en tallos y ramas de árboles de marañón. a. y **b.** Daños en los tejidos internos o haces vasculares de ramas; **c.** Formación de cancros con afectación externa e interna; **d.** Exudación o gomosis a causa de la infección; **e.** Ramas completamente secas al ser afectadas por resinosis.

Inicialmente, en las hojas se observa la presencia de manchas irregulares de tono grisáceo que se expanden y llegan a cubrir gran parte de la superficie foliar. En estado avanzado, se observa una coloración oscura o ennegrecimiento de la hoja (figura 37). De acuerdo con el diagnóstico del ICA, se confirma *Lasiodiplodia theobromae* como agente asociado a estos síntomas. Este patógeno ha sido poco estudiado en el cultivo del marañón, por lo que se hace necesario conducir estudios que involucren caracteres morfológicos y genéticos de *Lasiodiplodia* sp. asociados a esta especie.



Fotos: Lilibet Tordecilla Zumaqué

Figura 37.

Resisnosis en hojas. a. Síntomas iniciales de resinosis en tejido foliar de árboles de marañón; **b.** Estado avanzado de los síntomas asociados a resinosis en hojas de marañón.

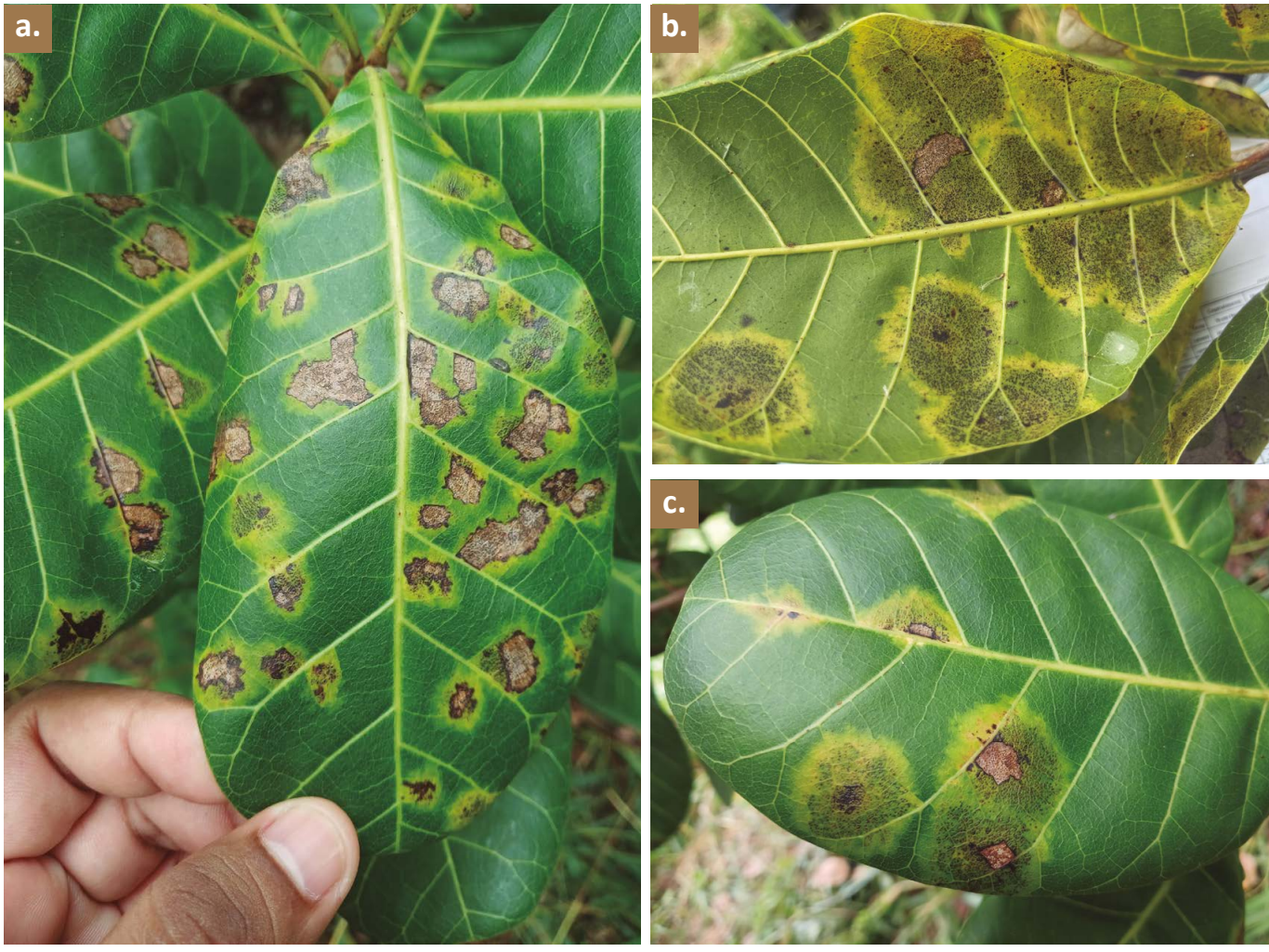
Mancha amarilla

Agente causal: *Phomopsis* sp./*Diaphorte* sp.

Importancia económica: la infección por *Phomopsis* en marañón tiene una significativa repercusión económica, principalmente debido a su impacto en la producción del cultivo. Las lesiones foliares inducidas por la infección reducen la capacidad fotosintética, lo que limita el desarrollo de la planta y su rendimiento. Las pérdidas en rendimiento y la necesidad de control fitosanitario elevan los costos de producción. En plantaciones comerciales, la propagación de *Phomopsis* sp. puede resultar en la disminución de la rentabilidad a largo plazo, al afectar tanto a árboles jóvenes y adultos, lo que genera un riesgo para la estabilidad económica de los productores de marañón.

Signos: a partir de los tejidos sintomáticos, se logró el aislamiento del hongo *Phomopsis* spp. en fincas productoras de la región Caribe, lo que sugiere una posible asociación fitopatógena; sin embargo, dado que se trata de un hallazgo preliminar, es necesario desarrollar estudios adicionales que permitan confirmar la etiología del daño y caracterizar taxonómica y patogénicamente el agente causal.

Síntomas: se detectaron lesiones cloróticas de bordes irregulares y distribución dispersa en plantas de marañón cultivadas en la región Caribe. El síntoma asociado a la infección por *Phomopsis* sp. se manifiesta inicialmente en la lámina foliar como pequeñas manchas de color amarillo pálido, que aparecen de forma irregular y se encuentran rodeadas por una ligera zona clorótica. Estas lesiones pueden ser de tamaño variable y se distribuyen de manera dispersa por la superficie de la hoja. A medida que la infección progresa, estas lesiones se desarrollan en manchas necróticas, las cuales suelen tener bordes no definidos y un halo amarillo característico que indica el grado de necrosis en los tejidos circundantes (figura 38). Este daño foliar reduce la capacidad fotosintética de la planta y afecta su crecimiento y producción.



Fotos: Ender Manuel Correa Álvarez y Vanessa Valencia Rodríguez

Figura 38.

Síntomas de mancha amarilla en hojas maduras de marañón. a. y **b.** Síntomas en haz de tejido foliar; **c.** Síntomas en envés de tejido foliar.

En el estudio de revisión realizado por Monteiro et al. (2022), se documentó la presencia de *Phomopsis* como uno de los géneros fúngicos patógenos asociados al marañón. A partir de los antecedentes recopilados, este patógeno se vincula con afecciones en el follaje que inducen síntomas característicos como amarillamiento foliar, lesiones necróticas, defoliación y marchitez en los árboles de marañón. Este análisis destaca la importancia de *Phomopsis* como un agente limitante significativo en el cultivo de marañón bajo condiciones tropicales cálidas y húmedas.

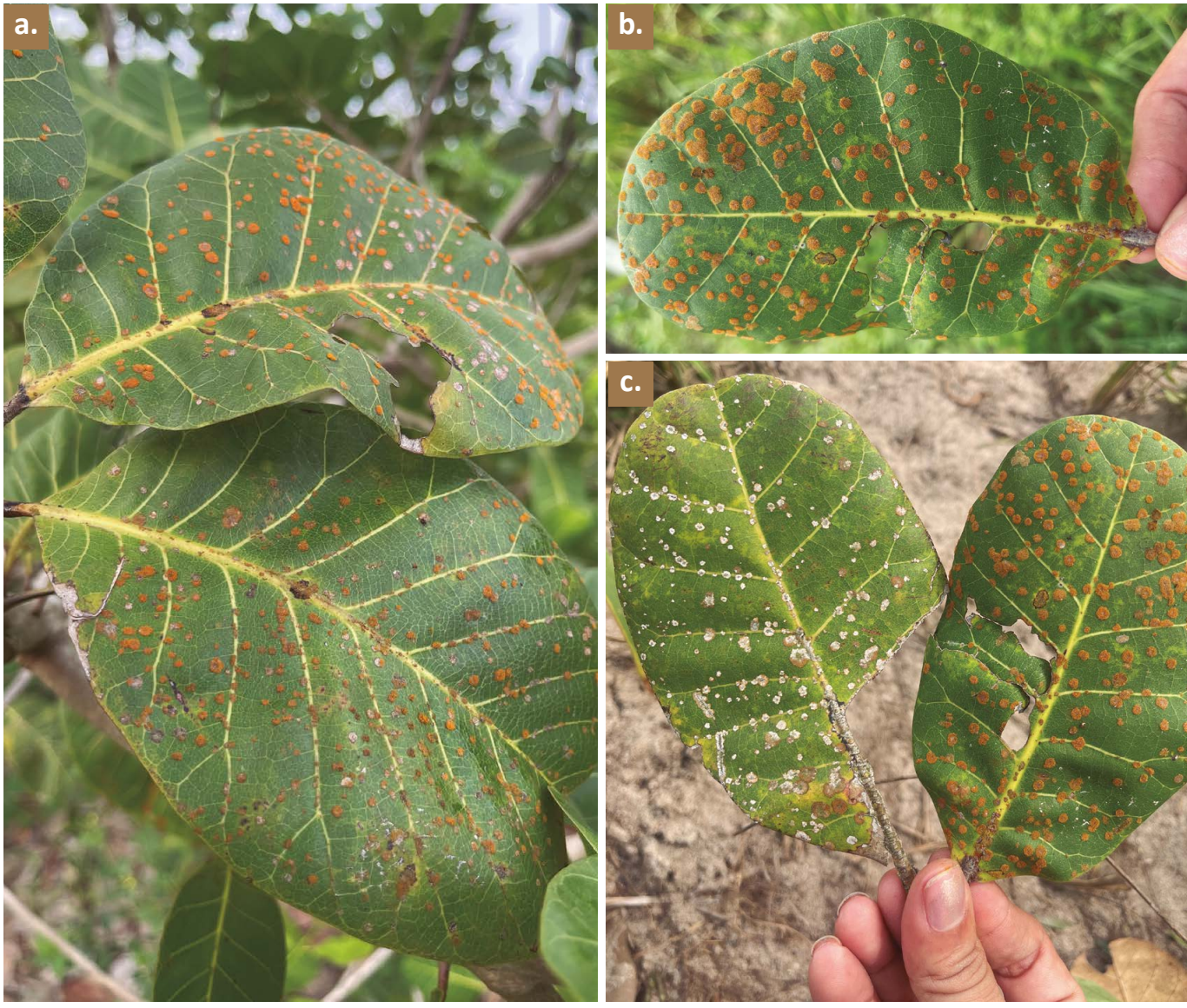
Condiciones favorables: los cultivos de marañón muestran una mayor susceptibilidad al patógeno *Phomopsis* cuando se desarrollan en ambientes con alta humedad relativa y en suelos con características edáficas desfavorables, como mal drenaje.

Mancha anaranjada de la hoja

Agente causal: *Cephaleuros virescens*

Importancia económica: esta enfermedad es causada por un alga de común ocurrencia en frutales que afecta a casi 300 especies cultivadas, la cual daña las hojas de diversos cultivos, tales como: marañón, arándano, cacao, café, entre otros. Es considerada como una enfermedad secundaria, debido a que el alga utiliza las hojas como sustrato para establecerse y desarrollarse, afectando principalmente tejidos debilitados y envejecidos. Por tanto, los daños están directamente asociados a la lámina foliar y, en ocasiones, al pseudofruto; si los daños son muy agresivos puede presentarse en la totalidad de la planta. Por ser una enfermedad secundaria, se desconoce información relacionada con las pérdidas que puede ocasionar esta patología, sin embargo, se deduce que al afectar las hojas se reduce la capacidad fotosintética de la planta.

Signos y síntomas: en el marañón, el órgano de mayor afectación son las hojas, en etapas iniciales se presentan manchas redondeadas con textura afelpada y coloración anaranjada en el haz del limbo, y rara vez en el envés (Patrice et al., 2021). El color característico es generado por los betacarotenos que contienen las células del alga (Sermeño et al., 2005; Malagi et al., 2011), estas lesiones toman una coloración verde olivo o gris al madurar (figura 39). La enfermedad no se considera limitante en el cultivo, sin embargo, la presencia de una alta densidad de lesiones en las hojas puede estar favorecida por condiciones de alta temperatura y humedad relativa elevada, lo que ocasiona reducción de la capacidad fotosintética de la planta, defoliación, necrosis y pérdida de frutos (Ponmurugan et al., 2009).



Fotos: Lilibet Tordecilla Zumaqué

Figura 39.

Mancha anaranjada de la hoja en el marañón. a. Aspecto general de daños en hojas de marañón; **b.** Se cubre la enfermedad en casi la totalidad de la lámina foliar; **c.** Diferencias en el aspecto de la enfermedad en su estado de desarrollo final (color gris) e inicial (color anaranjado).

Oidio o ceniza

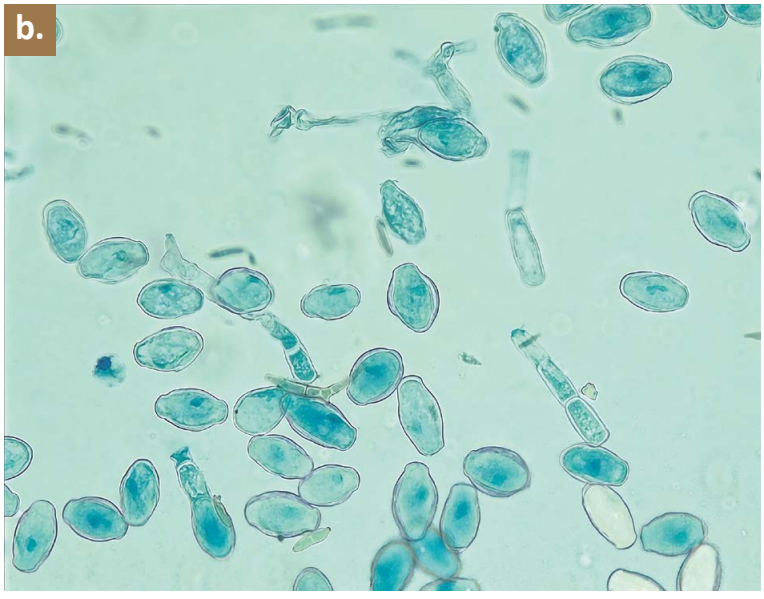
Agente causal: *Pseudoidium anacardii*

En condiciones del trópico es común su presencia en el estado anamorfo (asexual) y no de *Erysiphe quercicola,* estado teleomórfico (sexual), debido a la ausencia de temperaturas suficientemente bajas que permitan el desarrollo del estado sexual (Braun y Cook, 2012).

Importancia económica: *Pseudoidium anacardii* es un hongo ectoparásito obligado y causante de las enfermedades conocidas como oídio. Estos hongos infectan tejidos clorofilados de las plantas como hojas y frutos en diferentes estados de formación, producen un micelio superficial blanco grisáceo que, a través de haustorios formados en el interior de las células de la epidermis del hospedero, retira los nutrientes necesarios para su supervivencia y reproducción (Bradshaw et al., 2023). La enfermedad fue descrita por primera vez en Brasil, en el estado de Sao Paulo, en 1898 (Noack, 1898), su ocurrencia fuera de Brasil fue reportada en 1961 en India (Castellani y Casulli, 1981). Posteriormente, fue detectada en todas las áreas productoras de marañón en el mundo y pasó de ser una enfermedad secundaria para convertirse en una de las enfermedades más limitantes en los países africanos y Brasil, llegando a causar pérdidas superiores al 70,0% (Freire et al., 2002).

Signos: los signos característicos del hongo son la producción de un delicado crecimiento blanco grisáceo en la superficie de las hojas, inflorescencias y frutos en diferentes estados de desarrollo, constituido por micelio, conidióforos y conidios del hongo. El patógeno emite haustorios para el interior de las células epidérmicas del huésped, de donde absorbe sus nutrientes (Glawe, 2008). P. *anacardii* tiene conidios hialinos, producidos en conidióforos cortos no ramificados, en cadenas erectas formando un ángulo recto con la superficie del hospedero; los conidios son hialinos, unicelulares, de forma ligeramente rectangular a ovalada u oblonga (figura 40). Estos conidios son los responsables del desarrollo de sucesivos ciclos secundarios del patógeno, al ser diseminados principalmente por el viento y depositados sobre nuevos tejidos (Bradshaw et al., 2023).





Fotos: Jessica Johana Rivera Meneses

Figura 40.

Oidio. a. Signos: crecimiento blanco grisáceo en la nuez; **b.** Conidióforos y conidios producidos en la fase asexual (fotografía tomada en microscopio, aumento de 40x).

Síntomas: el síntoma característico es una capa blanca, parecida al polvo, inicialmente blanca (estructuras reproductivas del hongo), que se forman sobre hojas, flores y frutos. Las hojas maduras son predominantemente más atacadas. En condiciones favorables de la enfermedad, los síntomas son severos sobre tejidos jóvenes, inflorescencia, pedúnculos y frutos, lo que causa aborto de flores, deformaciones, rajaduras, estrías y manchas en los pedúnculos y frutos (figura 41) (Chisengele, 2023; Cardoso et al., 2013).



Fotos: Eleonora Rodríguez Polanco

Figura 41.

Síntomas de oidio en inflorescencia, pseudofruto y nuez del marañón.
a. Polvillo blanquecino grisáceo en la inflorescencia; **b.** Polvillo blanquecino grisáceo en el pseudofruto y la nuez; **c.** Estrías y rajaduras en pseudofruto verde; **d.** Estrías y rajaduras en pseudofruto maduro.

Condiciones favorables: las condiciones que favorecen el desarrollo de la enfermedad son la alta humedad relativa (≥85,0%), sin ocurrencia de lluvia y temperaturas medias en torno a los 28 °C (Teixeira et al., 2006). Para las especies del género *Oidium*, la presencia de agua en las hojas llega a inhibir completamente la esporulación del hongo. En general, la esporulación de los oídios solo ocurre con una humedad relativa abajo del punto de saturación. Debido a su crecimiento y multiplicación sobre los tejidos de la planta, las estructuras reproductivas (conidios) son fácilmente diseminadas por el viento, los insectos y la lluvia. Los conidios del patógeno requieren del 90,0% al 100% de humedad relativa para la germinación y temperatura de 26 °C a 28 °C (Bedendo, 2018).

Mancha foliar por *Xanthomonas*

Agente causal: *Xanthomonas campestris pv. mangiferaeindicae*

Importancia económica: en Brasil, la mancha foliar por *Xhantomona* fue reportada en 2005, en el municipio de Pio IX (estado de Piauí) y posteriormente fue detectada en las regiones productoras de marañón en los estados de Rio Grande do Norte y Ceará (Martins et al., 2016; Peixoto et al., 2006). Esta enfermedad podría cobrar mayor importancia debido al cambio climático, especialmente en regiones con vientos fuertes y húmedos, y temperaturas nocturnas más bajas (Martins et al., 2016).

Etiología: las células individuales de la bacteria *Xanthomonas* tienen forma de bastones rectos con tamaños incluidos en el rango de 0,4-0,6 X 0,8-2 µm, son móviles con un único flagelo polar y aeróbicas obligatorias. En medio del cultivo de agar nutritivo (AN), las colonias bacterianas son generalmente brillantes, viscosas (pegajosas), de bordes lisos y reconocidas por una coloración amarilla intensa debido a la producción del pigmento xanthomonadinas (figura 42) (Agrios, 2005).

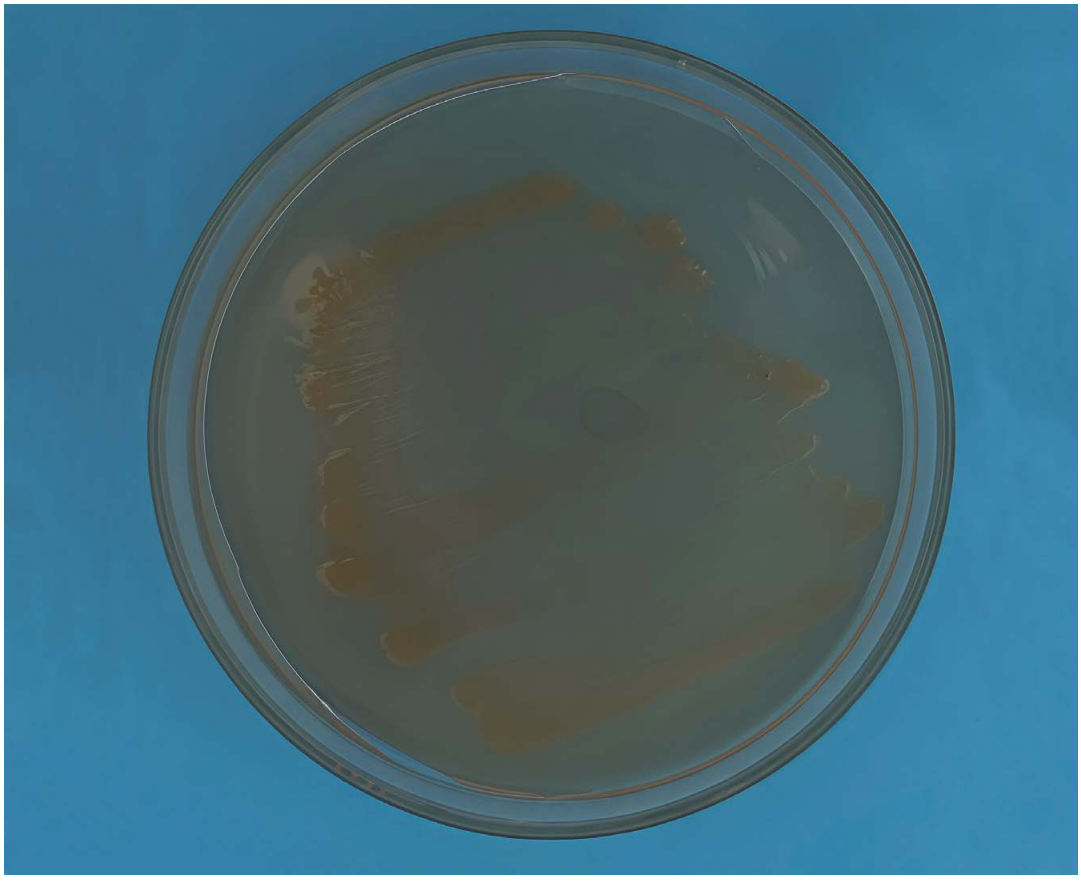
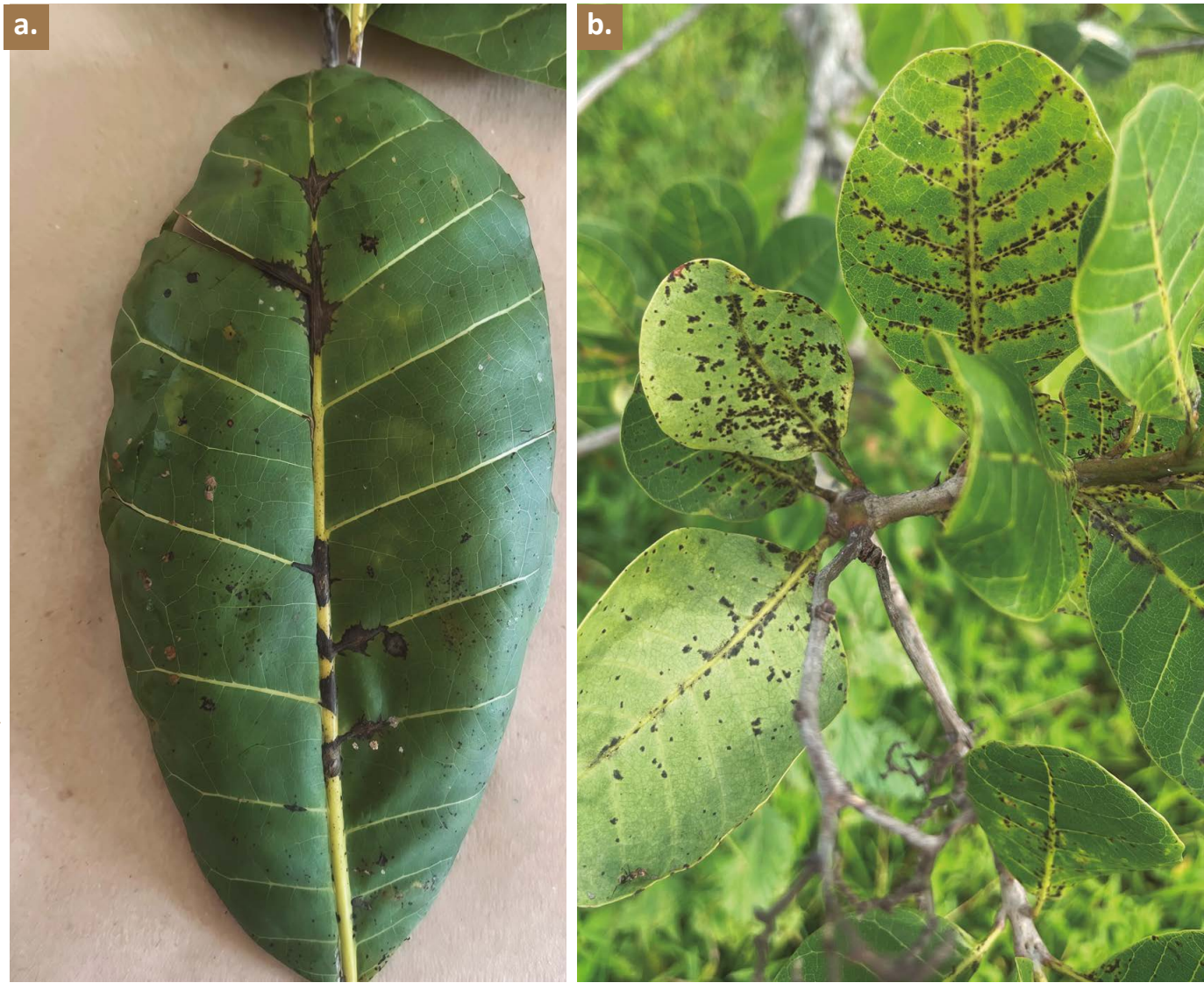


Foto: Vanessa Valencia Rodríguez

Figura 42.

Aislamiento puro de bacteria presente en muestra de tejido foliar de marañón.

Síntomas: en las hojas se observan manchas necróticas de color marrón oscuro, casi negras, que generalmente se desarrollan a lo largo de la nervadura central, extendiéndose ligeramente hacia el limbo cerca de esta (figura 43A). Algunas veces la necrosis comienza al final del pecíolo o al principio de la nervadura principal, y otras veces en la mitad de esta (Peixoto et al., 2006) (figura 43B). En algunas hojas, la necrosis se limita al nervio principal, pero en casos más avanzados de infección puede extenderse a las nervaduras secundarias e incluso terciarias, delimitando perfectamente el conjunto de nervaduras de la hoja y siempre necrosando el limbo adyacente. En el limbo, las manchas son angulares y de color marrón oscuro, generalmente cerca de la nervadura donde se originaron. Con el progreso de la enfermedad, las lesiones se expanden severamente en todas las direcciones de la hoja, causando amarillamiento, necrosis y caída de la hoja (Martins et al., 2016).



Fotos: Lilibet Tordecilla Zumaqué

Figura 43.

Síntomas de mancha foliar causada por *Xanthomonas* **en hojas de marañón. a.** Necrosis en la nervadura central; **b.** Necrosis en el peciolo y nervaduras secundarias.

En las nueces verdes, los síntomas se observan como manchas grandes y acuosas de aspecto aceitosos que posteriormente se oscurecen. Durante el proceso de maduración de la nuez, estas manchas se juntan, aumentan de tamaño, se oscurecen y se hunden. Las nueces maduras, cuando son atacadas por la bacteria, presentan una lesión húmeda y de coloración gris clara (figura 44). El daño causado por la bacteria puede comprometer el desarrollo y consecuentemente afectar cuantitativamente las almendras.



Fotos: Lilibet Tordecilla Zumaqué

Figura 44.

Síntomas de *Xanthomonas* en nuez de marañón. a. Mancha aceitosa en la nuez inmadura; **b.** Lesión húmeda y de coloración grisácea en nuez madura.

Monitoreo de enfermedades del marañón

La intensidad de muestreo debe estar acorde con la extensión de la plantación. En áreas de hasta cinco hectáreas se recomienda muestrear 14 árboles; en plantaciones de cinco a diez hectáreas evaluar 28 árboles, áreas de más de 10 y hasta 15 hectáreas, muestrear 43 árboles y cuando superan las 15 hectáreas se sugiere dividir en parcelas más pequeñas para facilitar el muestreo y lograr mayor precisión. Para cubrir la totalidad del área, el muestreo debe realizarse en zigzag, además, en cada ciclo de monitoreo se sugiere variar el punto de entrada al lote (Cardoso et al., 2006). En época de lluvias, es recomendable monitorear la incidencia y severidad de las enfermedades foliares con una frecuencia semanal, en especial si la plantación está en floración y emisión de nuevos brotes. Para ello, se observa la copa de cada árbol y se asigna una calificación basada en la gravedad de los síntomas.

En cada árbol se sugiere realizar observación directa o empleando lupa de 30x o 40x, sobre los cuadrantes (este, oeste, norte y sur) (figura 45). Por cuadrante se monitorean o colectan dos estructuras u órganos, para un total de ocho órganos por árbol, incluyendo hojas, frutos y ramas terminales. En cada órgano se determina la severidad, empleando escalas de referencia, de acuerdo con los patógenos asociados (Cardoso et al., 2005).

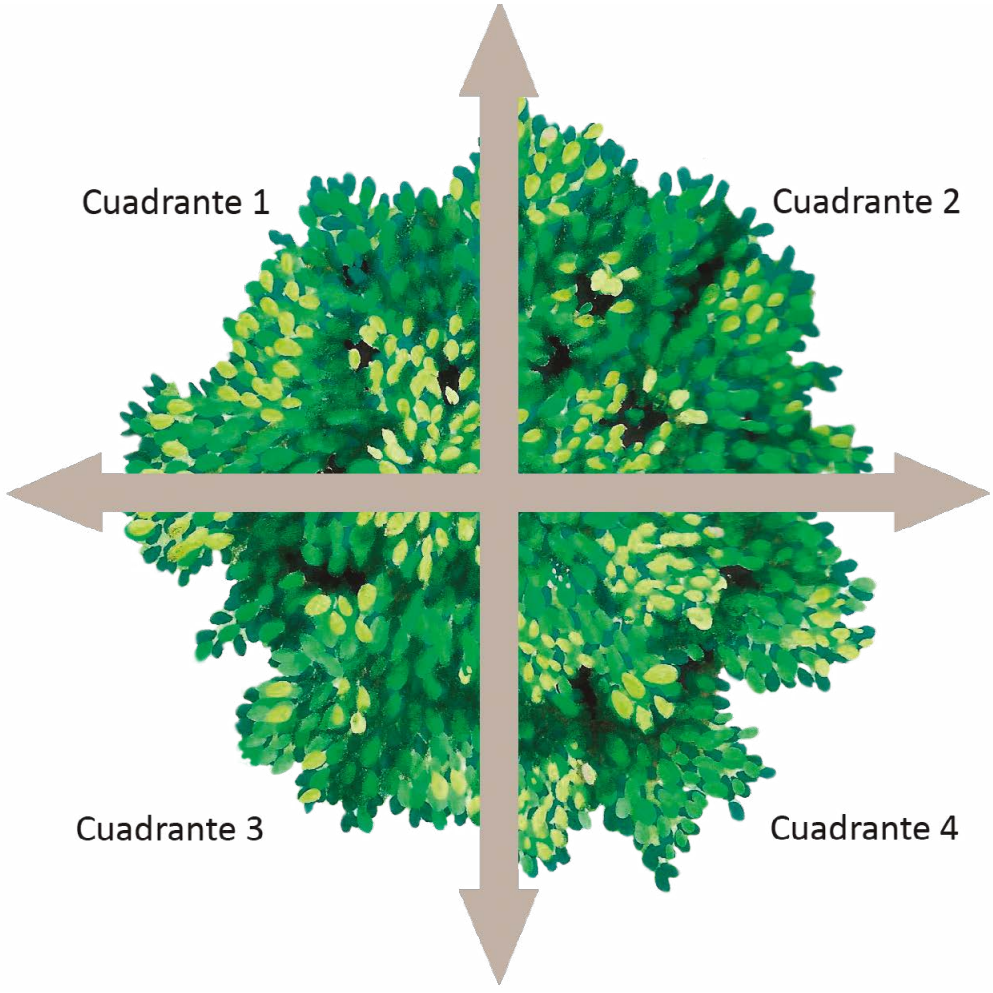


Figura 45.

Esquema de monitoreo en árbol de marañón.

Fuente: Elaboración propia.

Estrategias para el manejo integrado de enfermedades en el cultivo de marañón

Las principales enfermedades que afectan el cultivo de marañón son de origen fúngico, las cuales representan un riesgo significativo para el cultivo, dado que afectan negativamente la producción y, en casos extremos, la muerte de árboles. Para combatir este tipo de enfermedades, es necesario comprender cómo el patógeno se adapta y sobrevive en el ambiente, e integrar prácticas culturales destinadas al control de

enfermedades mediante la manipulación del entorno y la disminución del inóculo. Las prácticas culturales pueden considerarse preventivas para el control de los patógenos. Entre estas prácticas culturales, las más eficientes para el control de antracnosis, resinosis y oidio son las podas sanitarias y las podas de aireación, que permiten la disminución de la humedad relativa, siendo muy efectivas en temporadas de alta precipitación. La eliminación de las partes enfermas permite disminuir la carga microbiana en los árboles, impidiendo que los tejidos afectados puedan continuar con el ciclo de vida, esporulando y llegando a nuevos árboles.

Las podas siempre deben realizarse con herramientas previamente desinfectadas, y así se impide la transmisión de enfermedades. Otra práctica importante es realizar una adecuada fertilización basada en los requerimientos nutricionales y en la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Esta práctica es clave para el fortalecimiento de la sanidad, ya que mejora el vigor de los árboles y refuerza los mecanismos de defensa. Además, se sugiere complementar este tipo de prácticas con un uso racional de fungicidas biológicos o químicos, como estrategia integrada de manejo de enfermedades y es necesario realizar monitoreos regularmente en el campo para determinar si es necesario aplicar un fungicida y el momento adecuado para hacerlo.

Para el control de este grupo de hongos, se emplean principalmente fungicidas preventivos a base de cobre (hidróxido/oxicloruro) y mancozeb, los cuales impiden principalmente la germinación de los patógenos en la superficie del tejido, impidiendo su ingreso y multiplicación en la planta. Por otro lado, se encuentra un grupo más amplio constituido por fungicidas curativos, en su mayoría sistémicos, que controlan los estados tempranos del patógeno. Complementario con la aplicación de moléculas de síntesis química, se pueden utilizar moléculas biológicas (*Trichoderma* sp., *Bacillus* sp., etc.) en las épocas de menor susceptibilidad del cultivo a estos patógenos. Es importante tener en cuenta que la elección del tipo de molécula se debe realizar siempre bajo previo diagnóstico, conociendo el modo de acción, la fenología del cultivo y realizando la rotación de moléculas durante el ciclo del cultivo. En la tabla 13 se presentan algunas prácticas de manejo más empleadas para el control de este tipo de enfermedades.

Tabla 13. Estrategias para el manejo de enfermedades fúngicas en el marañón

Enfermedad	Agente causal	Síntoma común	Labores culturales
Antracnosis y manchas foliares	*Colletotrichum gloeosporioides*	Los síntomas de la enfermedad se manifiestan tanto en hojas, flores y frutos como en los pedúnculos de la planta. Este patógeno presenta una amplia ventana de infección, causando manchas necróticas que afectan la fisiología del cultivo, así como manchas necróticas en hojas, tallos y frutos, lo que provoca la defoliación prematura y la momificación del fruto.	– Se recomienda establecer el cultivo con plantas que provengan de viveros certificados y de material libre del patógeno. – Realizar podas de formación y sanitarias; estas acciones permiten aumentar la aireación de la planta y eliminar áreas afectadas por el patógeno.
Resinosis / gomosis	*Lasiodiplodia theobromae*	Esta enfermedad puede afectar tanto a plantas en etapas tempranas de desarrollo, como a ejemplares adultos, y causa lo que se conoce como muerte regresiva. En el tallo se puede identificar fácilmente la presencia del patógeno a través de la formación de cancros pronunciados y la producción de exudado de color oscuro.	– Realizar desinfección de herramientas. – Remover ramas secas con síntomas de chancro o muerte regresiva. – Eliminar residuos de podas empleando cal agrícola. – Aplicación de bioinsumos ricos en calcio, potasio, boro y zinc, lo cual permite fortalecer las paredes celulares y los tejidos jóvenes más susceptibles.
Mildeo polvoso	*Oidium* spp.	Se identifican por la presencia de manchas blancas o amarillentas de aspecto polvoriento, principalmente sobre las hojas jóvenes. Esta enfermedad se caracteriza por expandirse de forma rápida.	– Manejo de densidad de siembra correcta, evitando la sobrepoblación de plantas, tanto en vivero como en campo. – Realizar podas sanitarias para mejorar la aireación y reducir la humedad favorable para el patógeno. – Evitar aplicaciones excesivas con nitrógeno.
Mancha angular	*Septoria anacardii*	Se caracteriza por presentar manchas circulares e irregulares en las hojas; las lesiones pueden estar acompañadas de halo clorótico, lo que ocasiona la caída prematura de las hojas.	– Remover ramas secas con síntomas de chancro o muerte regresiva. – Evitar densidades altas, tanto en vivero como en campo. – Eliminar residuos de podas empleando cal agrícola.

Fuente: Elaboración propia





CAPÍTULO 6.

Cosecha, poscosecha y transformación

La nuez del marañón es el fruto verdadero del marañón. Botánicamente corresponde a un aquenio en forma de riñón compuesto por el pericarpio (cáscara gruesa) y la almendra (Mothé et al., 2017). El pericarpio, a su vez, se encuentra integrado por tres capas: una primera capa externa de consistencia coriácea denominada "epicarpio"; una segunda capa intermedia y resinosa llamada "mesocarpio", cuyas cavidades están llenas del "líquido de la cáscara de la castaña (LCC)", producto utilizado por las industrias químicas en la elaboración de resinas, colorantes, tintes, material de aislamiento eléctrico, pastillas para frenos, adhesivos y muchos otros, y una tercera capa interna dura denominada "endocarpio" (Orduz y Rodríguez, 2022; McLaughlin et al., 2006; Román Hoyos, 1992). La estructura carnosa, conocida como manzana de marañón, es el pseudofruto y botánicamente corresponde al pedúnculo del fruto. La relación de peso entre el pedúnculo y la nuez es de 9:1, es decir, el peso del marañón es constituido por 90,0% de pedúnculo y 10,0% de nuez (Oliveira, 2002), entre tanto, la relación nuez y almendra (parte comestible) varía del 20,1% al 27,2% (Paiva y Cavalcanti, 2012). Estas proporciones pueden variar en función del clon y la localidad de siembra; para el caso de clones mejorados de marañón, bajo condiciones de la subregión Caribe seco colombiano, los frutos presentaron proporciones del 90,2% de pedúnculo y del 9,8% de nuez para el clon Agrosavia Caribe y del 89,5% de pedúnculo y del 10,5% de nuez en el clon Agrosavia Mapiria; mientras que para la subregión Caribe húmedo, las proporciones se modificaron a favor de la nuez con un 82,0% de pedúnculo y un 18,0% de nuez para el clon Agrosavia Caribe y del 80,7% de pedúnculo y del 19,3% de nuez en el clon Agrosavia Mapiria (tablas 14 y 15). Finalmente, el marañón es considerado como una de las plantas más útiles que existen, ya que se puede usar casi en su totalidad. La corteza del árbol se emplea con fines medicinales. Dentro del tronco se extrae una goma semejante a la "arábiga", empleada en la encuadernación y que sirve, además, como repelente de polillas (Román Hoyos, 1992).

El árbol de marañón inicia su etapa productiva a partir del tercer o cuarto año después de la siembra en campo. La producción de la primera cosecha es baja, aproximadamente en clones mejorados se encuentra entre los 710-725 kg de nuez por hectárea, bajo condiciones del Caribe seco, y entre los 657-814 kg de nuez por hectárea en condiciones del Caribe húmedo. Así mismo, los rendimientos de pedúnculo oscilan entre los 3.321 y los 3.261 kg/ha en Caribe húmedo y entre los 6.022 y los 6.294 kg/ha en Caribe seco (tablas 14 y 15).

Tabla 14. Producción anual de clones mejorados de marañón, periodo 2017-2020, en la localidad de la Zona Bananera, Magdalena (subregión Caribe seco)

Año de producción	PPed g	RENPed kg/ha	PNuez g	RENNuez kg/ha	PPA g	%Alm %	RENDAlm kg/ha
Clon Agrosavia Caribe							
Primero	88,1	6.294,1	10,0	710,1	2,4	24,5	171,7
Segundo	73,5	8.018,2	9,0	977,5	2,2	24,1	233,5
Tercero	84,9	12.071,2	9,1	1.213,1	2,4	26,1	320,4
Cuarto	91,9	21.713,0	8,9	2.044,5	2,3	25,4	519,2
Promedio	**84,6**	**12.024,1**	**9,2**	**1.236,3**	**2,3**	**25,0**	**311,2**
Clon Agrosavia Mapiria							
Primero	90,9	6.021,9	11,6	724,6	2,7	22,9	158,7
Segundo	89,9	11.807,7	11,2	1.475,9	2,8	24,9	356,1
Tercero	86,2	12.390,5	10,2	1.476,0	2,7	26,7	415,8
Cuarto	98,7	21.780,6	9,8	2.211,0	2,6	26,8	591,8
Promedio	**91,5**	**13.000,2**	**10,7**	**1.471,9**	**2,7**	**25,4**	**380,6**

Nota: **%Alm:** porcentaje de almendra en relación con el peso total de la nuez; **PNuez:** peso promedio de nuez; **PPA**: peso promedio de almendra; **PPed:** peso promedio del pedúnculo; **RENDAlm:** rendimiento de almendra; **RENNuez:** rendimiento de nuez; **RENPed:** rendimiento de pedúnculo.

Fuente: Elaboración propia con datos de la prueba de evaluación agronómica de clones mejorados de marañón, CI Caribia - AGROSAVIA

Tabla 15. Producción anual de clones mejorados de marañón, periodo 2017-2019, en la localidad Chinú, Córdoba (Colombia) (subregión Caribe húmedo)

Año de producción	PPed g	RENPed kg/ha	PNuez g	RENNuez kg/ha	PPA g	%Alm %	RENDAlm kg/ha
Clon Agrosavia Caribe							
Primero	SRD	3.320,6	SRD	656,6	SRD	SRD	SRD
Segundo	48,1	5.912,8	10,9	1.352,6	SRD	SRD	SRD
Tercero	46,9	8.745,5	9,9	1.841,5	2,4	23,9	439,7
Promedio	**47,5**	**5.993,0**	**10,4**	**1.283,6**	**2,4**	**23,9**	**439,7**
Clon Agrosavia Mapiria							
Primero	SRD	3.261,3	SRD	813,9	SRD	SRD	SRD
Segundo	52,9	5.863,4	13,5	1.518,3	SRD	SRD	SRD
Tercero	56,4	8.642,4	12,8	1.965,0	3,1	24,4	485,8
Promedio	**54,6**	**5.922,3**	**13,1**	**1.432,4**	**3,1**	**24,4**	**485,8**

Nota: **%Alm:** porcentaje de almendra en relación con el peso total de la nuez; **PNuez:** peso promedio de nuez; **PPA:** peso promedio de almendra; **PPed:** peso promedio del pedúnculo; **RENDAlm:** rendimiento de almendra; **RENNuez:** rendimiento de nuez; **RENPed:** rendimiento de pedúnculo; **SRD:** sin registro de dato.

Fuente: Elaboración propia con datos de la prueba de evaluación agronómica de clones mejorados de marañón, CI Caribia - AGROSAVIA

La floración en el cultivo de marañón es estimulada por el déficit hídrico. Así mismo, el desarrollo del fruto y la cosecha es favorecida en ausencia de lluvias, ya que con ello se reduce la pérdida de la floración por el efecto físico de la lluvia. Además, se minimizan las condiciones del microclima con alta humedad relativa, donde prosperan enfermedades fungosas como la antracnosis. El régimen pluviométrico en la región Caribe de Colombia muestra un periodo seco bien marcado, comprendido entre diciembre y marzo, periodo en el que ocurren los estados fenológicos de prefloración, floración y cosecha. Una vez fecundada la flor, a los siete días comienza la formación del fruto, a los 35 días se logra el tamaño máximo de la nuez y entre los 49-56 días se completa la maduración del marañón (nuez + pedúnculo), es decir, está apto para la cosecha (Orduz y Rodríguez, 2022; Lopes y Paula, 2016; Román Hoyos, 1992).

El momento y la forma de cosecha del marañón se realizan en función de la materia prima a aprovechar, es decir, “manzana” o “nuez”. Cuando el mercado objetivo corresponde al consumo fresco de la manzana o productos con valor agregado derivados de la misma, se recomienda la

cosecha manual de los frutos en el árbol en estado de madurez comercial, esto debido a que la manzana es altamente perecedera y se daña con facilidad una vez alcanza su madurez fisiológica, lo cual ocurre cuando cae al suelo. La cosecha es una operación que se recomienda realizar solamente en horas de la mañana y seleccionando aquellos frutos con manzanas que alcancen su máximo tamaño, presenten textura firme y color característico del clon. La separación del fruto del árbol se debe realizar con el cuidado de evitar la caída de flores y frutos tiernos en formación alrededor de este; para ello, en el fruto a cosechar se realiza un ligero giro para que el pedúnculo se suelte de la rama; si el pedúnculo ofrece resistencia para ser liberado, ello indica que aún no ha alcanzado la etapa de madurez para su cosecha (Bustos et al., 2018; Oliveira, 2002).

Las manzanas de marañón, una vez cosechadas del árbol, se deben colocar en contenedores (cajas, canastillas, etc.) en buen estado, limpias y recubiertas internamente con una capa de espuma de aproximadamente 1 cm de espesor. Se recomienda no superar los dos niveles de frutos por canastilla para evitar daños físicos por aplastamiento. En campo, se puede realizar una preselección de frutos en un lugar bajo sombra, descartando aquellos que presenten manzanas con daños por enfermedades, deformaciones, defectos o lesiones, forma o color no característico del clon, tamaño inadecuado, verdes o demasiado maduros. La vida útil poscosecha de los frutos (manzana + nuez) almacenados en lugares aireados, secos y bajo sombra a condiciones de temperatura ambiente no supera las 48 horas; mientras que bajo condiciones de refrigeración a 5 ºC, entre un 85,0-90,0% de humedad relativa y correctamente envasados (atmósfera modificada), esta puede oscilar entre los diez (10) y quince (15) días (Bustos et al., 2018; Oliveira, 2002).

Cuando el propósito de la cosecha es únicamente el aprovechamiento de la nuez, generalmente se espera a que el fruto madure, caiga al suelo y se recolecta una vez por semana. Las nueces se pueden transportar en costales y cuando estén bien limpias y secas (máximo 8,0% de humedad), se pueden almacenar bajo techo en un sitio seco, aún hasta la cosecha siguiente antes de procesarlas. De las nueces se extrae la almendra que es el producto principal del marañón. La almendra es rica en proteína (21,0%), carbohidratos (22,0%) y grasas (47,0%), también presenta contenido de minerales como Ca, P, Na, K, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn. Dentro de los lípidos presentes, están los ácidos grasos insaturados como el

ácido oleico (73,7%), el ácido linoleico (7,7%) y el ácido esteárico (11,2%) (Olubode et al., 2018; Prabhakaran, 2010). En general, se estima que la relación de peso nuez y almendra (parte comestible) se encuentra entre el 20,1% y el 27,2% (Paiva y Cavalcanti, 2012); sin embargo, determinaciones en el procesamiento de nueces provenientes de huertos comerciales de marañón en la región Caribe de Colombia muestran porcentajes de almendras en relación con la nuez del 26,3%, 27,5%, 32,8% y 33,1% para los clones Agrosavia Mapiria, Agrosavia Caribe, Agrosavia Yopare y clones criollos, respectivamente (tabla 16).

Tabla 16. Desempeño de genotipos de marañón en el rendimiento de la almendra

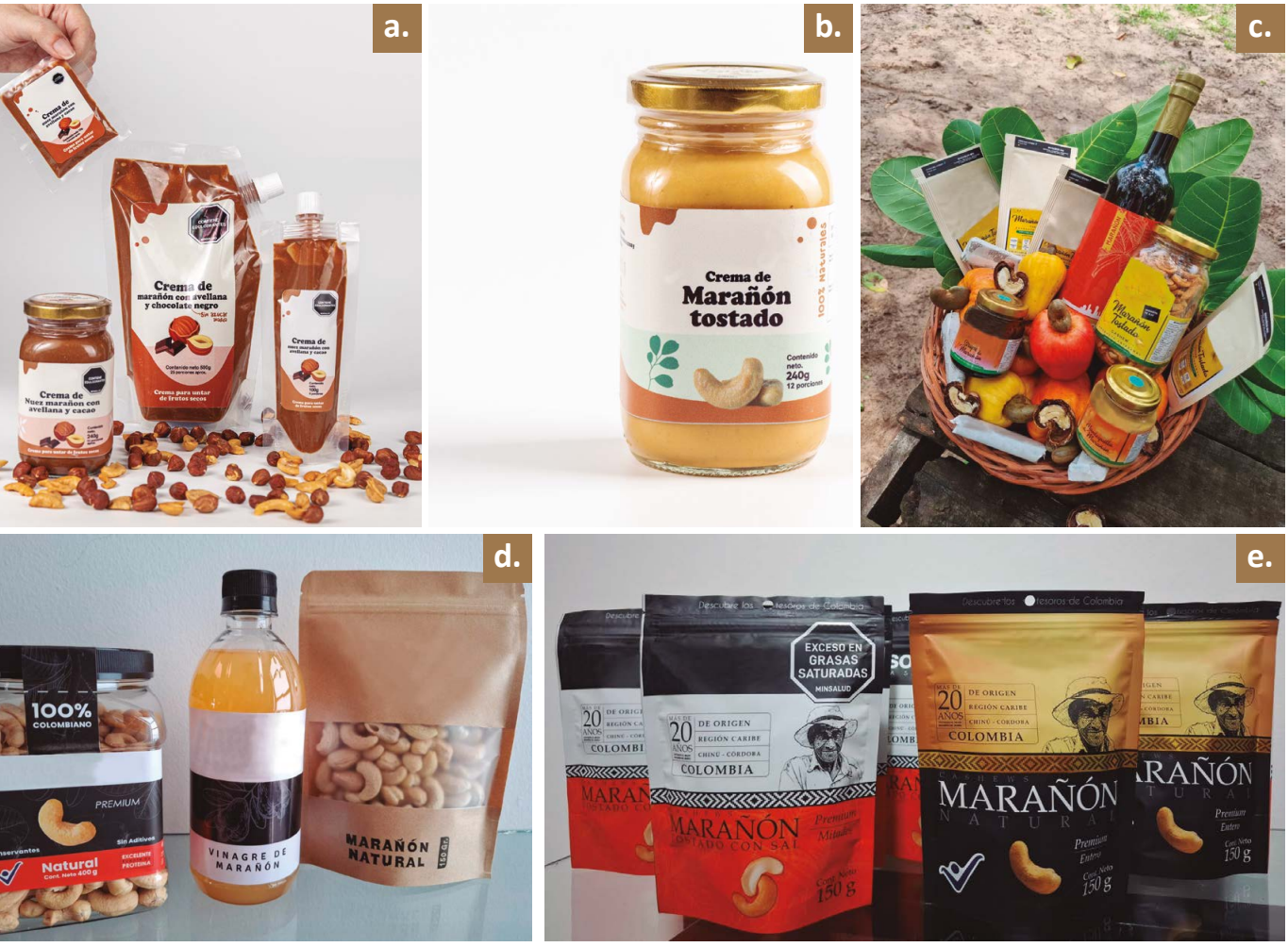
Clon	Cáscara	Almendra
	%	%
Agrosavia Mapiria	73,7	26,3
Agrosavia Caribe	72,5	27,5
Agrosavia Yopare	67,2	32,8
Criollo lote MDS240723	66,9	33,1

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por la planta de procesamiento de marañón, empresa Marañones de la Sabana, Chinú, Córdoba (Colombia)

En escenarios donde se desea aprovechar la nuez y parte de la producción del pseudofruto, se recomienda colectar los frutos del suelo diariamente e iniciarse lo más temprano posible, debido a la alta perecibilidad del pseudofruto, especialmente los que caen durante la noche. De todas formas, si los pseudofrutos no se aprovechan, es necesario recogerlos para evitar que se conviertan en foco de plagas y enfermedades; además, se pueden emplear en la alimentación de porcinos, vacunos, ovinos, etc.

El pseudofruto o manzana se utiliza en Brasil para elaborar el jugo de "cajú", bebida a la cual se le atribuyen cualidades medicinales y cuyo contenido de vitamina C es cinco veces mayor al de la naranja (Garruti et al., 2003). Así mismo, actualmente las manzanas son aprovechadas para la elaboración de una diversa variedad de productos agroindustriales, tales como refrescos, néctares, concentrados, jaleas, vinos, vinagres, fruta congelada y zumos, entre otros; mientras que la almendra es empleada

como materia prima en industrias alimentarias como galletas, nueces con chocolate, repostería, conservas, mantequillas y cremas, principalmente. En la región Caribe de Colombia se destacan emprendimientos que implementan procesos agroindustriales para transformar y dar valor agregado a la manzana y a la almendra del marañón (figura 46). A continuación, se relacionan algunos de ellos.



Fotos: Ender Manuel Correa Álvarez

Figura 46.

Productos ofertados por asociaciones de productores. a. y **b.** Productos ofertados por asociaciones de productores; **c.** Productos de la empresa del municipio de Santo Tomas, Atlántico; **d.** y **e.** Productos de la empresa del municipio de Chinú, Córdoba (Colombia).

Nota: almendra cruda, almendra tostada, mermeladas, zumos, sirope, bocadillo (a base del pseudofruto/manzana) y mantequilla a base de la almendra del marañón entre otros.

Asociaciones de productores. Emprendimientos ubicados en el municipio de Chinú, departamento de Córdoba (Colombia). Las asociaciones se especializan en el procesamiento artesanal de nueces para la extracción de la almendra y la producción de algunos productos con valor agregado, tales como jarabes, almendras tostadas, vinagres y vinos.

Empresa 1. Emprendimiento ubicado en el municipio de Santo Tomas, departamento del Atlántico. La empresa se especializa en la producción de:

- **Semilla cruda** (almendra) en presentaciones de venta de 1 kg.
- **Semilla tostada**, almendras horneadas de manera artesanal, sin aceite ni conservantes. Envasadas en bolsas de polietileno en presentaciones de 85 g y 480 g; y frascos de vidrio con 240 g de almendras.
- **Mantequilla**, pasta untable a base de la almendra de marañón. Producto artesanal elaborado sin preservativos ni conservantes. No contiene azúcar.
- **Mermelada**, elaborada de manera artesanal con la fibra del pseudo-fruto del marañón, rica en antioxidantes y vitamina C. Envasada en frasco de vidrio y presentación de 250 g.
- **Zumo**, producto elaborado a partir del extracto del pseudofruto del marañón, rico en vitamina C, sin aditivo de agua, azúcar o conservantes. Debe mantenerse refrigerado, su tiempo de consumo no debe ser mayor a 8 días y se vende en presentación de botella plástica de 1.050 mL.
- **Jalea o sirope**, producto elaborado a partir del extracto natural del pseudofruto de marañón, bajo en azúcar y en presentación en frasco de vidrio de 240 g aproximadamente**.**
- **Bocadillo**, producto elaborado a partir de la fibra del pseudofruto del marañón. Empacado en frasco de plástico por 20 unidades.

Empresa 2. Emprendimiento ubicado en el municipio de San Benito de Abad, departamento de Sucre. La empresa se especializa en la producción de:

- **Vinagre**, en presentaciones de venta de 375 mL.
- **Extracto de marañón**, en presentaciones de venta de 240 mL.
- **Almendras tostadas**.

Empresa 3. Emprendimiento ubicado en el municipio de Chinú, departamento de Córdoba (Colombia). La empresa se especializa en el procesamiento industrial de nueces para la extracción de la almendra. A continuación, se describen las fases técnicas y los procedimientos involucrados en el procesamiento de la nuez (figura 47):

- **Recepción de materia prima.** La nuez de marañón es recibida en la bodega de materia prima, donde se registra su peso y se almacena en condiciones adecuadas para su posterior procesamiento.
- **Clasificación.** La nuez se introduce en una tolva para luego ser transportada por medio de una tubería hacia una máquina clasificadora. Utilizando un tamizaje especializado, la nuez se separa en cuatro categorías según su tamaño. Los clones mejorados de marañón producen almendras con tamaños clasificados en A y B que son los de mayor tamaño; mientras que los materiales criollos producen nueces de todos los tamaños (A, B, C y D), debido a su variación genética (tabla 17). Estas categorías se definen para optimizar los pasos posteriores del proceso.
- **Horneado para preparación.** La nuez clasificada se somete a un horneado mediante vapor a 90 °C durante un periodo de dos horas. Este tratamiento hidrata la nuez, lo que resulta en un desprendimiento interno de la almendra de la cáscara. Tras el horneado, se permite un reposo de 24 horas a temperatura ambiente para que la humedad se equilibre.
- **Corte controlado.** La nuez preparada se introduce en un equipo mecánico diseñado para realizar cortes precisos a través de la cáscara, esto expone la almendra contenida en el interior de la nuez.
- **Separación de almendra y cáscara.** La almendra junto con la cáscara se coloca en una cama vibradora, que induce una separación parcial

entre ambos elementos. Esta operación presenta una eficiencia del 50,0%; no obstante, se requiere intervención humana para completar la separación usando herramientas manuales especializadas.

- **Horneado por aire.** En esta etapa la almendra se encuentra sin cáscara, pero aún está recubierta por una cutícula. Se coloca la almendra en bandejas y se procede a un horneado a 80 °C durante siete horas. Durante este periodo, la cutícula se cristaliza y se arruga, lo que facilita su posterior eliminación. Tras el horneado, se permite un reposo de dos horas.
- **Descuticulado avanzado.** La almendra se somete a un proceso de descuticulado en un equipo de centrifugado accionado por aire. La fuerza centrífuga generada provoca un desprendimiento de hasta un 70,0% de la cutícula que cubre la almendra; sin embargo, esta operación requiere una intervención manual adicional. Los operarios utilizan herramientas manuales para eliminar la cutícula restante adherida a la almendra.
- **Clasificación de almendras.** La clasificación se realiza de manera manual. Los operarios expertos categorizan las almendras en cinco calidades: *WW* (almendra entera de primera calidad), s*plit* (almendra partida a la mitad de primera calidad), *SWP* (fragmentos blancos), segunda calidad y ripio.
- **Embalaje final.** Las almendras son envasadas al vacío en bolsas de plástico de 10 kilos y posteriormente se colocan en cajas de cartón. Estas cajas se recubren íntegramente con vinilpel, garantizando la protección del producto. Finalmente, las cajas se almacenan en la bodega de producto terminado, listas para su distribución.

Tabla 17. Desempeño de genotipos de marañón en el proceso de clasificación según el tamaño de las nueces

Clon	A	B	C	D	Impurezas
	%				
Agrosavia Mapiria	73,8	25,1	0,0	0,0	1,1
Agrosavia Caribe	62,9	35,6	0,0	0,0	1,5
Agrosavia Yopare	68,3	26,7	0,0	0,0	5,0
Criollo lote MDS240723	12,3	42,2	39,5	5,9	0,2

Nota: Los tamaños A, B, C y D corresponden a los diferentes tamaños de nueces clasificadas mecánicamente. El tamaño A corresponde a las nueces de mayor tamaño y el D al menor tamaño.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la planta de procesamiento de marañón, Chinú, Córdoba (Colombia)


a.


b.


c.


d1.


d2.


e.


f.


g.


h.

Continúa



Fotos: Víctor Alfonso De La Ossa Albis

Figura 47.

Procesamiento de la nuez de marañón. a. Acopio de materia prima en planta (nueces de marañón); **b.** Alistamiento de materia prima; **c.** Clasificación de materia prima por tamaño; **d.** Horneado; **e.** Corte controlado; **f.** Separación de almendra y cáscara; **g.** Horneado por aire; **h.** Descuticulado avanzado; **i.** Descuticulado manual; **j.** Clasificación de almendras; **j1.** WW: almendra entera de primera calidad; **j2.** Split: almendra partida a la mitad de primera calidad; **j3.** SWP: fragmentos blancos; **j4.** Segunda calidad; **j5.** Ripio; **k.** Embalaje de nueces; **l.** Empaque de nueces en producto final.



CAPÍTULO 7.

Comercialización y mercados

Producción mundial del marañón

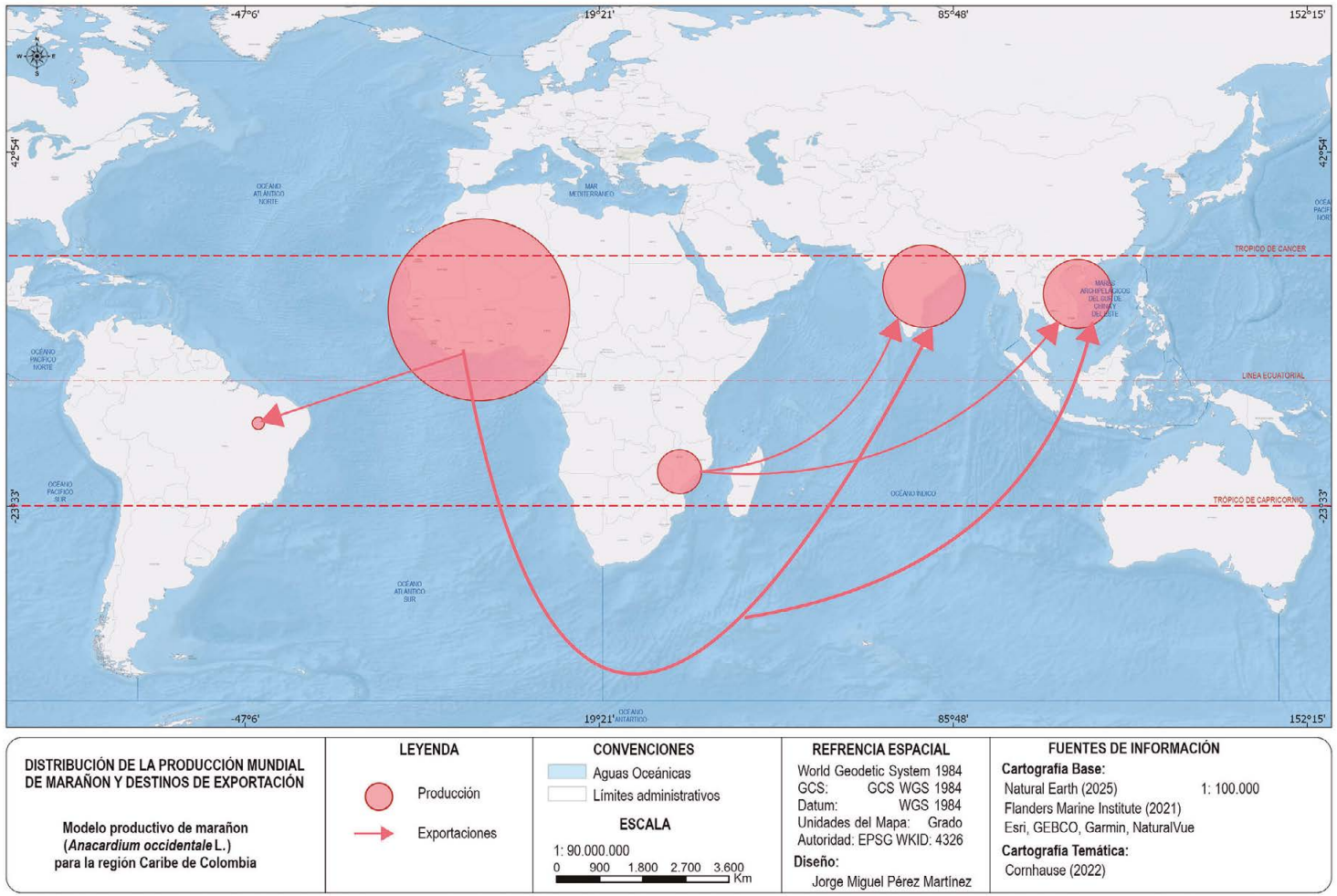
Las estadísticas oficiales más recientes registran, a nivel mundial, un área cosechada y de producción de 6,2 millones de hectáreas y 3,9 millones de toneladas, respectivamente; siendo Costa de Marfil e India los países que lideran estas cifras (Food and Agriculture Organization [FAO], 2023). Así mismo, Colombia ocupa las posiciones número 22 y 16 en área cosechada y de producción, respectivamente (tabla 18). La importancia socioeconómica del cultivo radica en su versatilidad de usos en diferentes mercados de la industria agroalimentaria (consumo fresco, jugos, néctar, vinos, dulces, almendras, compotas, entre otros), industrial (tintas, plásticos, insecticidas, lubricantes, taninos, etc.), cosmética, salud y otros como forraje, madera, fibra, apicultura y remediación de suelos, principalmente (Cavalcante et al., 2018; 2019; Ladmiral et al., 2017; Betancourt y Ramírez, 2017; Mazzetto et al., 2009; Galdámez, 2004; Paiva et al., 2000).

Las principales regiones productoras de nuez de marañón en el mundo corresponden a los países productores de África. En la figura 48 se presentan los principales países productores de nuez de marañón en el mundo y también el destino de las exportaciones, en los que India compra nuez en fresco para el consumo interno, mientras que Vietnam lo hace para exportación. Así mismo, África aparece como el principal productor y, a la vez, exportador de nuez de marañón, y abastece a los principales países productores de almendra incluido Brasil, quien a su vez importa nuez a pesar de ser el mayor productor de América del Sur, pero marginal en el contexto global. Obsérvese que los países productores de África representan más del 50,0% en producción anual de nuez de marañón, mientras los países productores de Asia ocupan el segundo lugar.

Tabla 18. Estadísticas sobre parámetros de área cosechada y producción del cultivo de marañón a nivel mundial, año 2023

País	Área cosechada		Producción	
	Ranking	ha	Ranking	t
Costa de Marfil	1	1.533.698	1	1.044.449
India	2	1.195.000	2	782.000
Tanzania	3	633.699	5	189.114
Indonesia	4	448.721	6	164.151
Benín	5	446.860	4	203.844
Brasil	6	441.892	10	127.931
Vietnam	7	285.155	3	347.634
Ghana	8	216.569		
Guinea-Bisáu	9	204.819		
Mozambique	10	187.379	7	157.496
Burkina Faso			8	143.965
Filipinas			9	136.263
Mundo		**6.163.897**		**3.934.839**

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de castañas de cajú, con cáscara (Food and Agriculture Organization [FAO], 2023)

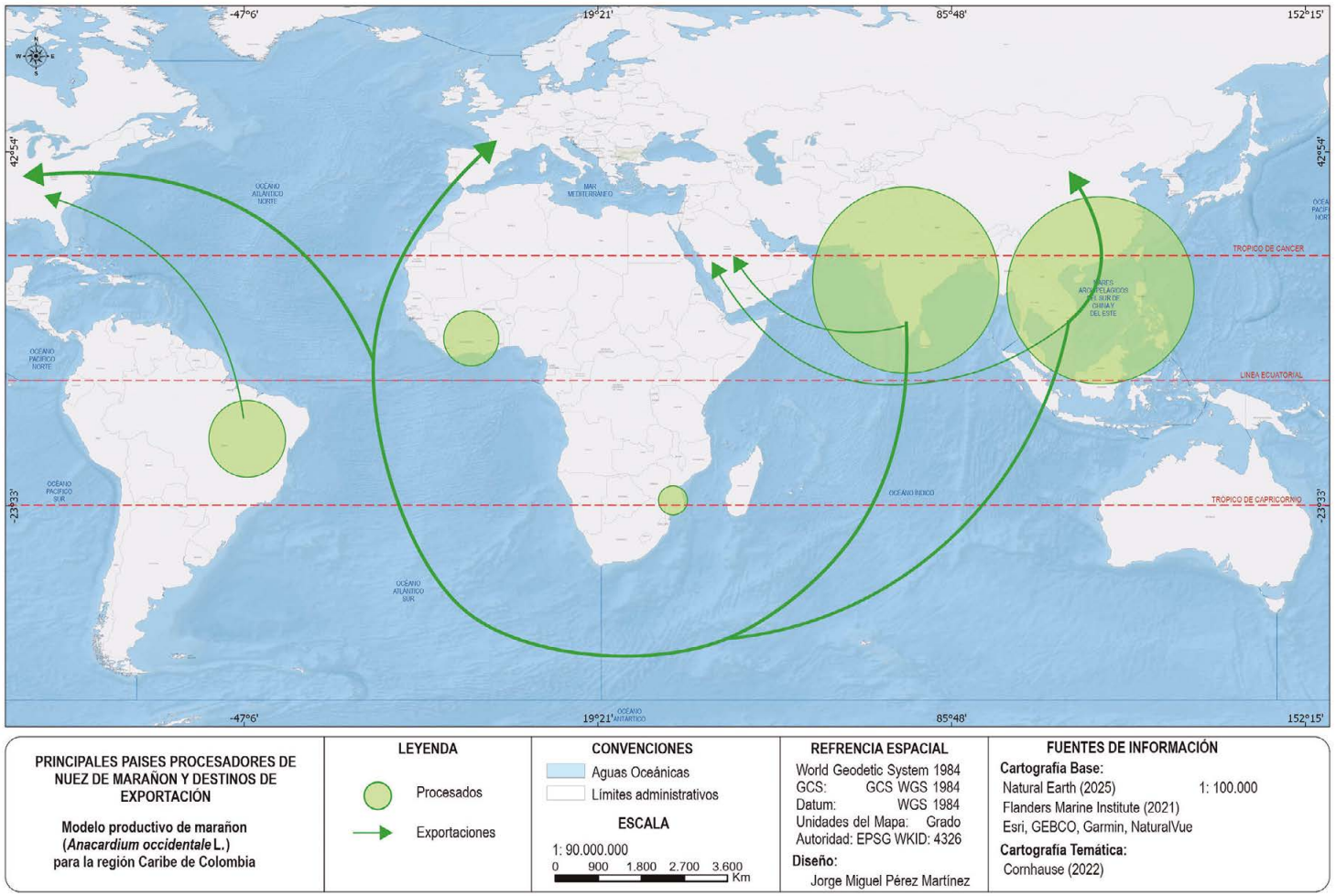


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Cornhouse.nl

Figura 48.

Distribución de la producción mundial de marañón y destino de las exportaciones a los países compradores de nuez en fresco.

En la figura 49, se observa que la mayor capacidad instalada para el procesamiento de las nueces se encuentra en Asia, sobresaliendo India y Vietnam. Al tener en cuenta que India es uno los países más poblados del mundo y dado que la almendra de marañón forma parte de la preparación de muchos alimentos, la producción de marañón es consumida en su mayor parte en este país, mientras que su capacidad de producción de nuez es baja. Los registros de exportación explican que esa región es la principal exportadora de nuez cruda. Brasil, por su parte, presenta un comportamiento intermedio, en el cual procesa su producción de nuez e importa considerablemente desde los países productores de Asia.



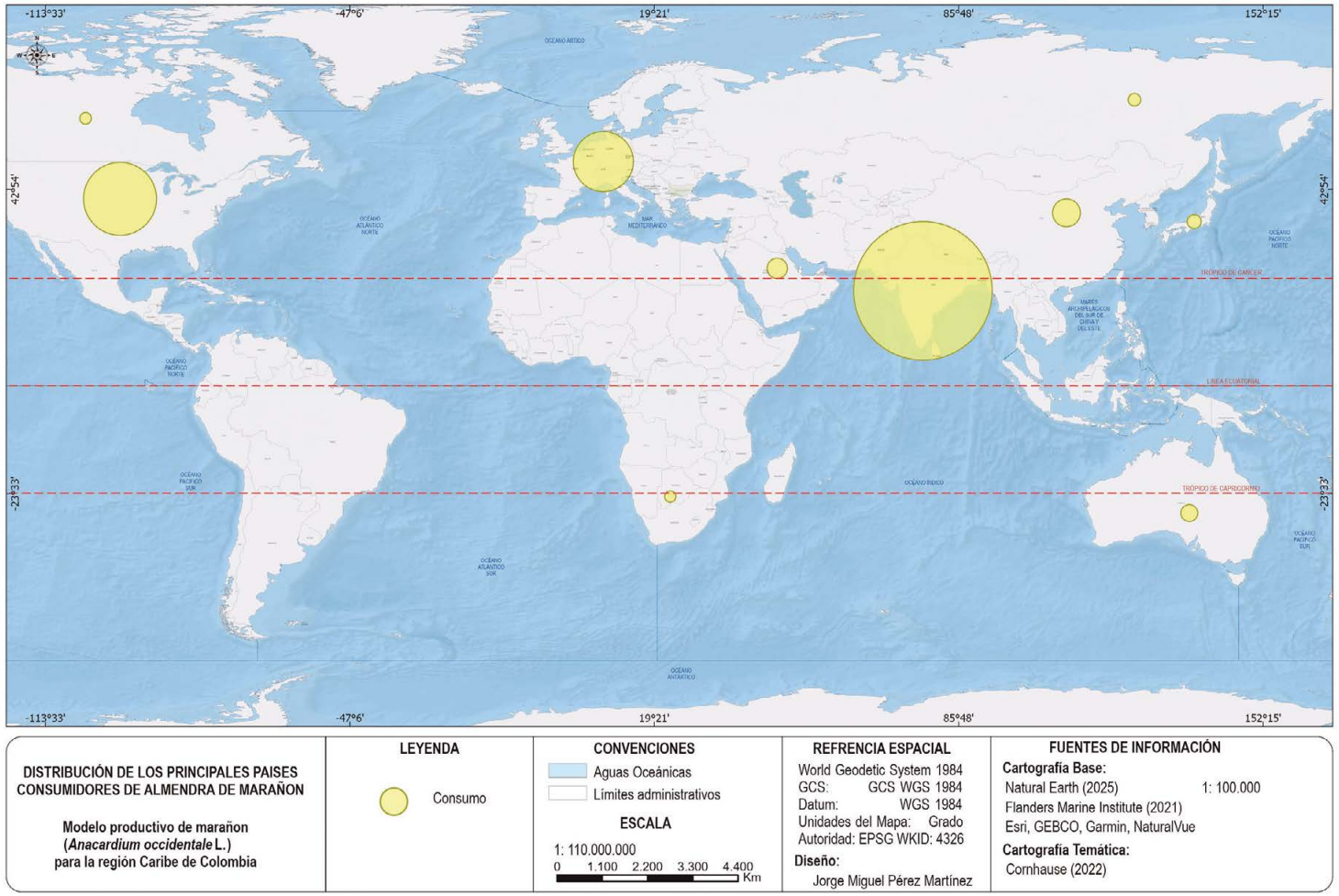
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Cornhouse.nl

Figura 49.

Principales países procesadores de la nuez de marañón para la obtención de almendra y el destino de las exportaciones de almendra.

En la figura 50 se presentan los principales países y regiones consumidoras de almendra de marañón. El país de mayor consumo es India, seguido de China, Japón, Australia, Europa occidental y Estados Unidos.

Se debe tener en cuenta que parte de la producción de nueces de marañón que se produce en Puerto Carreño (Vichada, Colombia) se exporta hacia Vietnam e India, donde se procesa y posteriormente se comercializa la almendra hacia países europeos, especialmente Alemania; sin embargo, con la instalación de plantas de procesamiento de la nuez en el país, la agroindustria local de la almendra de marañón permitirá generar empleo en las regiones y capacidades para el uso de los subproductos con valor agregado.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Cornhouse.nl

Figura 50.

Principales países consumidores de almendra de marañón.

Producción de marañón en América

En el continente americano se reportan 464.023 hectáreas cosechadas, las cuales representan alrededor del 7,5% del área mundial. Brasil lidera este grupo con 441.892 hectáreas, seguido de Colombia con 7.913 hectáreas, distribuidas en las regiones de Orinoquía con 7.428 ha y Caribe con 485 ha (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA], 2025); el resto del área en las Américas se distribuye en países como Perú, Honduras, Salvador, México y República Dominicana (Food and Agriculture Organization [FAO], 2023). El aporte de la producción de marañón desde América es del 3,7% con 155.799 toneladas, de las cuales el 89,8% son producidas por Brasil (tabla 19).

Las cifras anteriores señalan que la producción de nuez y de almendra de marañón en América es marginal en el contexto global y solo Brasil posee una agroindustria de talla mundial. Este desarrollo se ha logrado con inversiones importantes en desarrollo tecnológico a largo plazo, políticas de fomento de parte del gobierno central y de los estados del nordeste brasileño, que concentran el 97,0% de la producción. En esta región se destacan los estados de Piauí, Pernambuco, Alagoas y Río Grande del Norte, pero en especial Ceará, que concentra gran parte de los cultivos y de la agroindustria. En este desarrollo ha sido fundamental el liderazgo en I+D+i del centro de Agroindustria Tropical de Embrapa, cuya sede central se encuentra en la ciudad de Fortaleza, capital del Estado de Ceará (Brasil), y que trabaja con el marañón desde la década de 1970.

Tabla 19. Área cultivada, rendimiento y producción de marañón en América

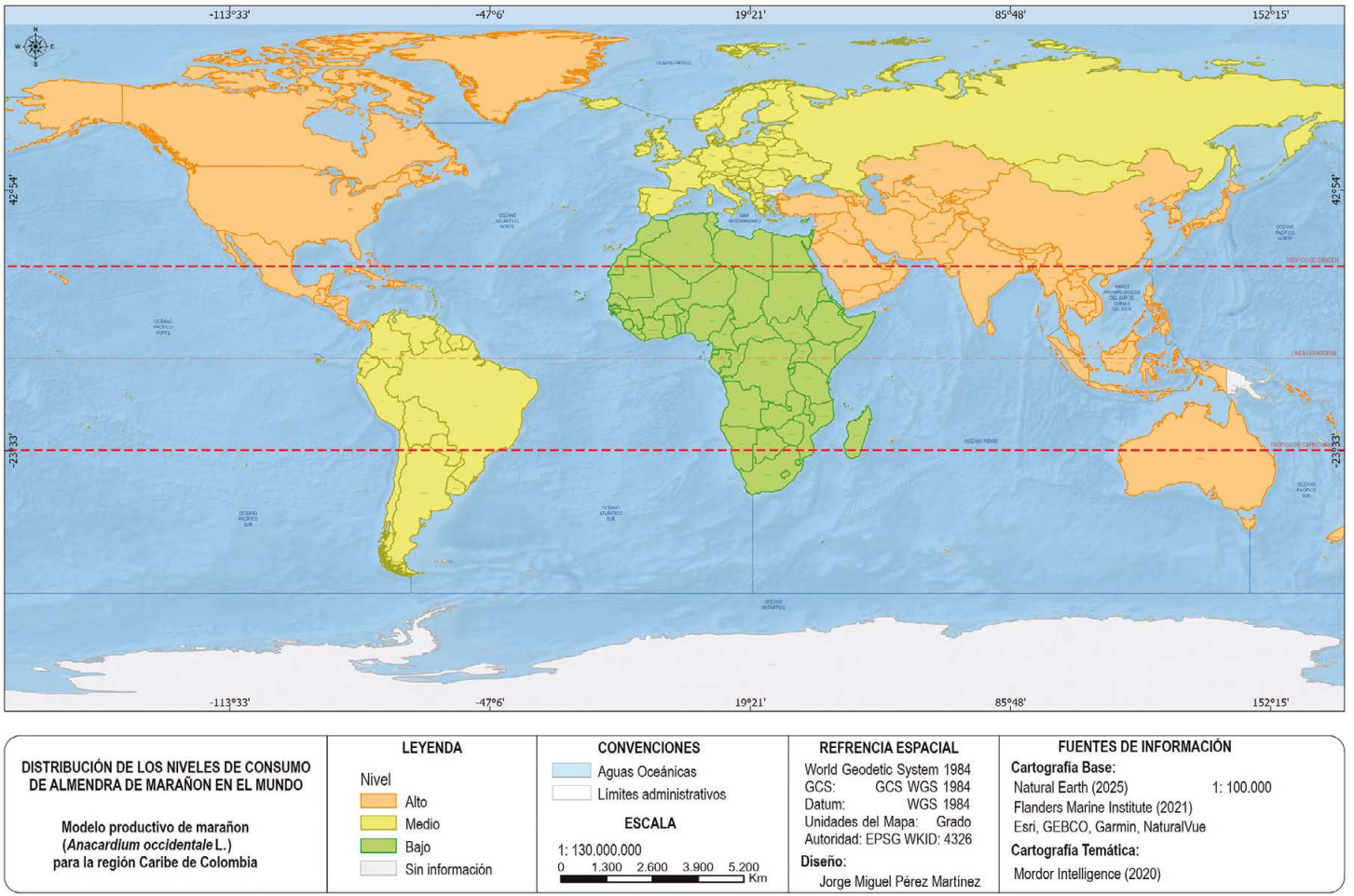
Continente/país/región	Área cultivada (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Producción (t)
Mundial	**6.163.897**	**589**	**4.180.990**
América	**464.023**	**352**	**155.799**
América del Sur	**450.400**	**345**	**148.034**
Brasil	441.892	328	139.921
Colombia*	7.913	480	---
América Central y otros	**13.623**	**348**	**4.847**

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Food and Agriculture Organization [FAO] (2023) y *Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA] (2025)

En el contexto de la producción de marañón en América, Colombia se perfila como un país con grandes oportunidades debido a los aportes de ciencia, tecnología e innovación, realizados por AGROSAVIA y la academia, así como por aportes técnicos de actores privados y gobiernos locales, junto con la conformación de la Cadena Nacional del Marañón por parte del Ministerio de Agricultura de Colombia. En conjunto, las inversiones y los esfuerzos durante 35 años se han sumado para avanzar en la conformación de una alternativa productiva y de desarrollo para las regiones secas y cálidas del país.

El tamaño del mercado de marañón se estima en USD 7,6 mil millones en 2023, y se espera que alcance los USD 8,9 mil millones para 2028, creciendo a una tasa compuesta anual del 3,3% durante el periodo de pronóstico (2023-2028). La industria africana del marañón ha crecido rápidamente en la última década. El crecimiento del mercado está impulsado por varios factores, como la creciente demanda de marañón en varias regiones de Asia, Europa y América del Norte, debido a sus beneficios nutricionales naturales, ya que son dietas basadas en plantas.

Las almendras de marañón se consideran un sustituto de los productos lácteos y representan un bocadillo salado popular. También son un sustituto de la siempre popular mantequilla de maní. En la figura 51, se observan las regiones del mundo con los diferentes niveles de consumo de la almendra de marañón, teniendo consumos medios en Europa (donde compiten con almendras y pistachos con producción en varios países). Lo relevante para la industria de marañón en Colombia es que los consumos de América del Sur presentan unos consumos medios, lo que está influido por la baja producción de marañón en la región y su consiguiente importación de los países productores y el alto costo de la almendra, lo que limita el consumo de gran parte de la población de estos países, convirtiéndolo en un producto de consumo de nicho.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Mordor Intelligence (2023)

Figura 51.

Consumo de almendra de marañón en las diferentes regiones del mundo.

Producción de marañón en Colombia

La información más actualizada generada sobre el área plantada de marañón en el país fue presentada en el documento: *Perspectivas del sector de marañón en Colombia. Periodo: 2022-2026,* documento construido en el marco del Comité Nacional de la Organización de Cadena Nacional del Marañón y su Agroindustria, con el apoyo del MADR, las secretarías de agricultura de los departamentos de Córdoba y Vichada, y el proyecto Biocarbono de la Orinoquía, el cual señala que el área plantada para el cultivo de marañón en el 2021 sería de 16.000 ha en el departamento del Vichada y superior a las 1.000 ha en la costa atlántica; también estimaban que, para el 2022, los nuevos proyectos de plantación identificados aportarían un poco más de 4.000 ha y señalaban que, al final del 2022, el área plantada sería superior a las 21.000 ha, mientras que para el 2030 podría ser superior a las 40.000 ha en el país. Este crecimiento señala al cultivo del marañón como uno de los nuevos agronegocios emergentes con mayor potencial de crecimiento en varias regiones del país (figura 52). El aumento de área, producción y estructuración de la cadena de valor (almendra y manzana) va a demandar un importante esfuerzo del sector público y privado, así como de la institucionalidad de ciencia, tecnología e innovación, de las inversiones en los eslabones de la cadena para potenciar su desarrollo, aumentar el consumo interno, propiciar economías de escala y desarrollo de agroindustria local, identificar nichos de mercado para la exportación de la almendra y aumentar el consumo local y masivo de los subproductos de la manzana.

Al tomar en cuenta las cifras reportadas por la Food and Agriculture Organization [FAO] (2023) que no han incorporado los crecimientos recientes del área plantada en Colombia, la cifra reportada es de 2.379 ha, que corresponde al 10,0% de lo indicado por la cadena del cultivo. La producción reportada es de 4.443 toneladas, con un promedio de 187 kilogramos por hectárea en promedio, que corresponde al rendimiento de cultivos de semilla; mientras que el promedio de cultivos de los clones de AGROSAVIA con manejo tecnificado en Puerto Carreño (Vichada) está entre 800 a 1.000 kg por ha, en plantas adultas; no obstante, acorde a estudios y reportes realizados sobre el cultivo de marañón, se estima que su fomento comenzó en 1988 y, por el impacto del cultivo, para el 2016 se contaba con un área de 3.000 ha, aproximadamente, concentradas

en el departamento del Vichada, Colombia. Este impulso y crecimiento exponencial se ha logrado gracias a la disponibilidad de clones seleccionados para la región de la altillanura de los llanos orientales (Arango et al., 2016; Van Hoof et al., 2020). Conforme a los registros locales de algunas regiones y reportes de la empresa privada, en las regiones productoras del Vichada iniciaban la producción entre 1.000 a 1.500 ha (Orduz y Rodríguez, 2022).

El cultivo por la vocación agroecológica de las regiones ha enfocado su producción en dos núcleos productivos importantes: el de mayor importancia es el núcleo de la altillanura, con valores cercanos a 1.000 kg/ha, obtenidos en plantaciones clonales establecidas en el departamento del Vichada y, en menor medida, el núcleo de la costa atlántica, que presenta rendimientos promedios inferiores a 100 kg/ha de nuez. El mercado nacional absorbe casi toda la producción de marañón y registra en importación alrededor de 300 toneladas de almendra por año, provenientes principalmente de Brasil, India y Estados Unidos (Van Hoof et al., 2020). Este requerimiento destaca la oportunidad que tiene el país para abastecer el mercado nacional y, con ello, adquirir experiencia para incursionar en el mercado internacional de la almendra y la agroindustria de los subproductos de la manzana del marañón (Orduz y Rodríguez, 2022).

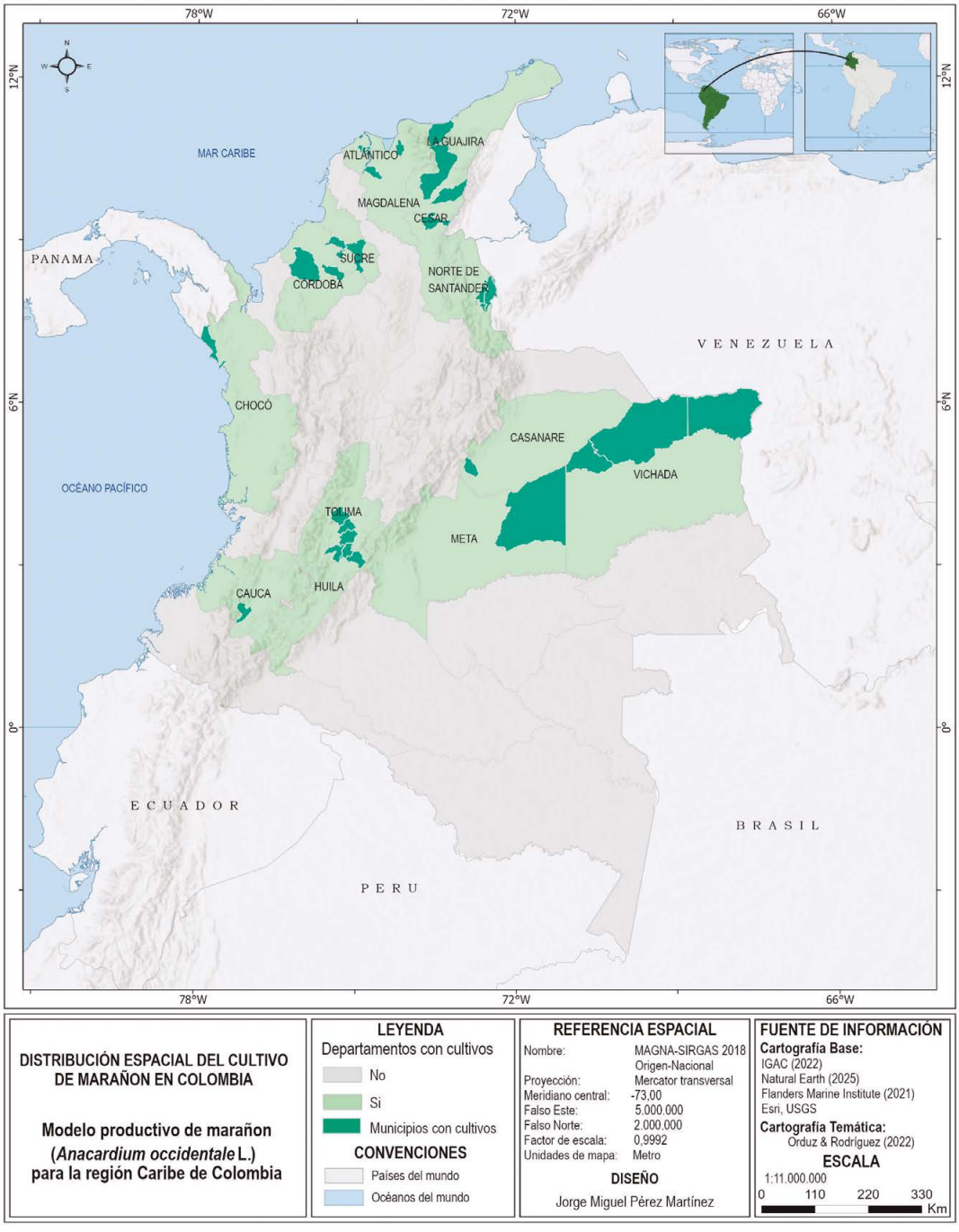


Figura 52.

Cultivos de marañón en Colombia.

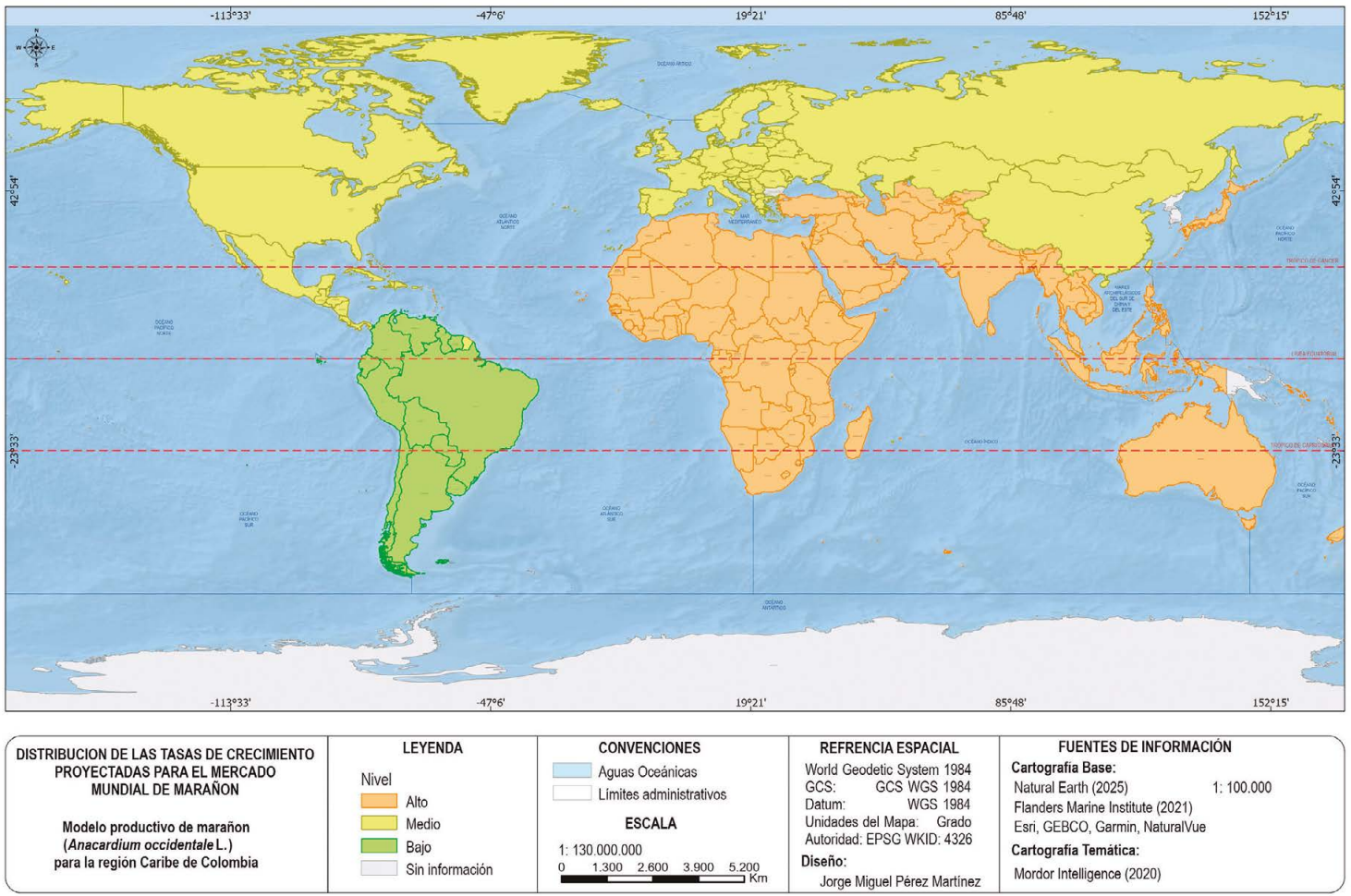
Nota: Se destacan: La Guajira (Dibulla), Cesar (Chiriguaná, Valledupar y Agustín Codazzi), Magdalena (El Piñón y Zona Bananera), Atlántico (Polonuevo, Sabanagrande, Puerto Colombia, Baranoa, Santo Tomás y Palmar de Varela), Sucre (San Benito de Abad y La Unión), Córdoba (Pueblo Nuevo, Montería y Chinú), Choco (Juradó), Cauca (Patía), Tolima (Natagaima, Coyaima y Ortega), Huila (Baraya, Aipe y Villavieja), Norte de Santander (San Cayetano, El Zulia, Puerto Santander y Cúcuta), Casanare (Monterrey), Meta (Puerto Gaitán) y Vichada (Puerto Carreño, La Primavera y Santa Rosalía)

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA] (2025) y Orduz y Rodríguez (2022)

Perspectivas del consumo de la almendra de marañón y oportunidades para la producción en Colombia

La almendra de marañón presenta un alto valor nutritivo, es uno de los frutos secos más costosos y cada vez se posiciona mejor entre los consumidores que prefieren productos saludables y de alta calidad nutricional (Arango et al., 2016). Los marañones se usan como aperitivos e ingrediente principal en la preparación de diversos platos dulces y salados, especialmente en la cocina asiática. Otros usos corresponden a mueslis, barras energéticas, galletas, chocolates y helados. Los consumidores jóvenes han modificado sus hábitos alimenticios, priorizando productos con altos contenidos nutricionales, lo que ha sido respondido por la industria alimenticia con propuestas innovadoras, provenientes de almendra de marañón como: yogur, mantequillas y almendras recubiertas con especias tostadas (Mordor Intelligence, 2023). En Colombia, en el 2021, la empresa Alpina desarrolló una línea de productos a base de marañón, dentro de los que estaban una bebida de almendra de marañón sin azúcar, queso para untar y productos de consumo directo (La República, 2021).

La demanda de marañón en Asia ha aumentado persistentemente a medida que las importaciones de almendra de marañón aumentaron exponencialmente en más del 700%, pasando de 4.321 toneladas métricas en 2017 a 30.688 toneladas métricas en 2021 en China, siendo Vietnam el principal socio de importación. China lidera la región en la importación de marañón, seguida de Japón, Tailandia e India, respectivamente. Conforme a las cifras de crecimiento en el consumo de marañón, la distribución del mercado se centra en Asia (figura 53) (Mordor Intelligence, 2023).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Mordor Intelligence (2023)

Figura 53.

Distribución y proyección de la tasa de crecimiento del mercado de marañón a nivel mundial.

Estados Unidos es el principal consumidor de marañón, seguido de Canadá y México. Según datos del Centro de Comercio Internacional (*ITC*, según sus siglas en inglés), Estados Unidos fue el mayor importador de marañón en la región y en todo el mundo en el 2021, con un volumen de importación de 182.924 toneladas métricas. Se informa que ha crecido en comparación con el año anterior, debido a un aumento en el consumo de marañón en el país (Mordor Intelligence, 2023). Lo anterior señala enormes oportunidades para la producción de marañón en Colombia, teniendo en cuenta que Estados Unidos es el principal aliado comercial del país y que, por su cercanía, se disminuiría la huella de carbono del transporte de almendra de marañón que es importado de Vietnam, lo cual terminaría siendo una ventaja comparativa en términos de costos de transporte y ambiental.

La expansión de cultivos que se viene presentando plantea retos en el desarrollo de la cadena de valor y tiene a su favor la demanda de almendra de marañón representada por empresas industriales y exportadoras que ya habían participado en el mercado, como CI DML Sugar Colombia SAS, quienes manifestaron poseer la capacidad de llegar a comercializar anualmente en mercados internacionales la producción equivalente a 30.000 has de marañón; Kardianuts, quienes proyectaron atender una demanda creciente identificada en el mercado europeo; Nutresa y Grupo Agrocolombia, entre otras, quienes manifestaron que actualmente solo un 5,0% de su consumo actual lo suministra el mercado local y estarían dispuestos a sustituir sus importaciones de marañón por producción nacional (Orduz & Rodríguez, 2022). De la misma forma, teniendo en cuenta lo reportado por Global Production Foodprints, el crecimiento de la demanda global de la almendra de marañón ha superado a otros frutos secos, como la almendra, la avellana y el nogal, siendo el fruto seco de mayor crecimiento.

El mercado del carbono: una oportunidad de valorización para el sistema productivo del marañón

Marco legal global y nacional del mercado de carbono

El mercado de créditos de carbono tiene sus orígenes en el Protocolo de Kioto de 1997, que creó el mecanismo de desarrollo limpio (MDL) para facilitar la reducción de gases de efecto invernadero (GEI) de forma rentable. Más adelante, con el Acuerdo de París se adoptó un enfoque más amplio y flexible. Este acuerdo estableció que cada país debe definir sus propias metas climáticas, conocidas como *contribuciones nacionalmente determinadas* (*ndc*, según sus siglas en inglés). Para apoyar su cumplimiento, se abrió la posibilidad de intercambiar reducciones de emisiones entre países, Colombia se unió al Acuerdo de París en 2015 y lo ratificó mediante la Ley 1844 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, comprometiéndose a reducir emisiones, proteger los ecosistemas estratégicos y fortalecer la resiliencia frente al cambio climático (Naciones Unidas, 2015).

Para cumplir con estos compromisos, el país ha creado normas e instrumentos para que funcione el mercado de carbono, tanto en su modalidad regulada como voluntaria. Entre estos instrumentos están el impuesto nacional al carbono y su mecanismo de no causación, que permite a los contribuyentes compensar sus emisiones a través de proyectos certificados (Decreto 926 de 2017, Resolución 1447 de 2018 y Ley 2169 de 2021).

El mercado regulado obliga a ciertos sectores a cumplir metas de reducción de emisiones. Por su parte, el mercado voluntario permite que empresas o entidades compensen sus emisiones por iniciativa propia, promoviendo acciones climáticas, más allá de lo exigido por la ley (Climate Focus et al., 2020).

Experiencias en Colombia de comercialización de créditos de carbono

En Colombia, el desarrollo de proyectos de carbono ha estado históricamente centrado en iniciativas *redd* (*Reducing emissions from deforestation and forest degradation*) y reforestación, con menor representación de proyectos específicamente vinculados al sector agropecuario (tabla 20); sin embargo, comienzan a emerger experiencias relevantes que integran prácticas agropecuarias sostenibles con mecanismos de compensación de emisiones, lo cual representa una oportunidad estratégica para ampliar el alcance del mercado de carbono hacia los sistemas productivos.

Tabla 20. Proyectos de carbono en Colombia

Proyecto	Ubicación	Enfoque	Actores principales	Estándar certificación	Recurso consultado
Proyecto de conservación Kaliawiri *redd+*	Guainía y Vichada	*redd+* indígena, implementación de sistemas sostenibles y agroforestería	BIOFIX Consultancy SAS, comunidades Sikuani y Piapoco	*BCR*	Global Carbon Trace (2020).
Proyecto CO2Bio	Casanare, Vichada, Arauca y Meta (sabana inundable)	*redd+*/conservación corporativa	LATAM Airlines y Fundación Cataruben	*BCR*	Global Carbon Trace (2022).
Proyecto CultivO2	Departamentos regiones de la Orinoquía y Andina	Sistemas de producción bajos en carbono (cacao, marañón y forestales)	Propietarios privados, Casa Luker SAS, Partners of the Americas y Fundación Cataruben	*BCR*	Global Carbon Trace (2023).
Hacienda San José	Vichada	Ganadería regenerativa y sistemas silvopastoriles	Fondo Biocarbono y Hacienda San José	*VCS*	Hacienda San José (s. f.).
Programa Asómbrate	Tolima, Huila, Caldas, Santander, Norte de Santander, Cesar, Bolívar, Sucre, Córdoba, Antioquia, Risaralda, Cauca, Meta, Casanare y Arauca	Sistemas agroforestales con cacao y café	Solidaridad Network (alianzas con Rabobank y Microsoft)	Plan Vivo	Solidaridad Network (s. f.).

BCR: BioCarbon Registry; *VCS: Verified Carbon Standard*.

Fuente: Elaboración propia

Proyectos de créditos de carbono: hoja de ruta para sistemas productivos como el marañón

El cultivo de marañón es una alternativa productiva viable para las regiones tropicales cálidas y semiáridas de Colombia, especialmente en la región Caribe. Su valor no solo radica en el potencial económico de la almendra y la manzana, sino también en los beneficios ambientales que ofrece.

Por su rápido crecimiento, el marañón tiene una alta capacidad para capturar y almacenar carbono en su biomasa. Esto lo convierte en una opción atractiva para participar en proyectos de créditos de carbono, que permiten a los productores recibir ingresos adicionales al adoptar prácticas que reducen o evitan emisiones de GEI.

Para la gestión de proyectos de carbono, es fundamental contar con una entidad promotora, que puede ser una ONG, asociación, fundación, empresa privada u otra organización. Esta entidad cumple un rol estratégico en el liderazgo de la estructuración del proyecto, la gestión de su inscripción en el estándar seleccionado, la coordinación de los procesos de validación y verificación, así como en el apoyo a la comercialización de los créditos.

Dado que la entidad promotora es la responsable de articular los diferentes actores y de garantizar el cumplimiento de los requisitos técnicos y normativos, resulta necesario contar con una guía del proceso. En este sentido, en la tabla 21 se presenta un esquema metodológico que integra los lineamientos generales definidos por los estándares de BioCarbon y Cercarbono, los cuales facilitan la comprensión de los pasos necesarios para la estructuración de un proyecto de créditos de carbono (BioCarbon, 2024; Cercarbono, 2025).

Tabla 21. Esquema metodológico para la estructuración de proyectos de carbono

Paso	Qué hacer	Descripción	Responsable
1. Definir el proyecto	Establecer objetivo, actores y área del proyecto	Definir las actividades a desarrollar, por ejemplo: siembra de marañón, implementación de sistemas agroforestales o acciones de restauración y precisar el lugar donde se ejecutarán (mediante mapas o coordenadas GPS) e identificar a los actores que participarán.	Entidad promotora.
2. Verificar elegibilidad y normativa	Confirmar la aptitud del área y el cumplimiento de los requisitos.	Áreas no boscosas en los últimos 10 años, suelos adecuados y actividades permitidas legalmente.	Equipo técnico (con apoyo de autoridades ambientales).
3. Titularidad y derechos de carbono	Verificar la tenencia de tierra y los derechos de carbono.	Firmar acuerdos claros con productores y comunidades sobre la distribución de beneficios.	Productores y asociaciones (con apoyo legal y notarial).
4. Línea base (sin proyecto)	Describir el escenario de referencia, es decir, qué ocurriría en el área si el proyecto no se implementara.	Medir el carbono actual en biomasa, suelo.	Equipo técnico.
5. Escenario con proyecto	Definir actividades del proyecto.	Siembra de marañón, densidad de árboles, manejo silvícola e implementación de agroforestería.	Productores acompañados por el equipo técnico.
6. Adicionalidad	Justificar la necesidad del proyecto.	Mostrar que sin los créditos de carbono no sería viable o atractivo.	Entidad promotora y equipo técnico.
7. Riesgos, salvaguardas y cobeneficios	Identificar los riesgos y beneficios sociales.	Incendios, plagas, abandono y aportes a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (empleo, biodiversidad y agua).	Equipo técnico y comunidades.
8. Plan de monitoreo (MRV)	Diseñar cómo se medirá el carbono.	Parcelas de muestreo, drones, imágenes satelitales y frecuencia de medición.	Equipo técnico (con aval del estándar).
9. Registro y validación	Registrar el proyecto en un estándar y validarlo.	Presentar documento de proyecto (PDD), aprobación del organismo de validación y verificación (OVV).	Entidad promotora.
10. Implementación	Ejecutar las actividades en campo.	Siembra de marañón, manejo del cultivo y registros detallados de las prácticas.	Productores (con apoyo técnico).
11. Monitoreo y reporte	Levantar datos periódicamente.	Medir el crecimiento, la biomasa y reportar los beneficios sociales y ambientales.	Equipo técnico (con apoyo en registros de productores).
12. Verificación y emisión	Realizar una auditoría externa y emisión de créditos.	El OVV revisa el monitoreo y el estándar emite créditos en la plataforma oficial.	OVV.
13. Comercialización y beneficios	Hacer venta de créditos y distribución de ingresos.	Venta en mercados voluntarios; reparto justo y transparente a productores y comunidades.	Entidad promotora y asociación de productores.

Fuente: Elaboración propia a partir de BioCarbon (2024) y Cercarbono (2025)

Referencias

Acosta, M., Vega, Y., Arrieta, A., Palma, O., & Arrieta, J. (2025). Synthesis and physical-chemical characterization of a biopolymer derived from cassava starch, cashew nutshell liquid, and diammonium phosphate. *Polymers*, *17*(9), 1184. https://doi.org/10.3390/polym17091184

Agencia de Cooperación Internacional de Japón [JICA], Ministerio de Salud, Ministerio de Desarrollo Agropecuario, & Ministerio de Educación. (2010). *Guía del manejo integrado de plagas (MIP) para técnicos y productores* [versión 1]. https://www.jica.go.jp/Resource/project/panama/0603268/materials/pdf/04_manual/manual_04.pdf

Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology* (5.ª ed.). Elsevier Academic Press.

Ahmed, N., Ahmad, F., Abid, M., & Ullah. M. A. (2009). Impact of zinc fertilization on gas exchange characteristics and water use efficiency of cotton crop under arid environment. *Pakistan Journal of Botany, 41*(5), 2189-2197. https://www.researchgate.net/publication/236136236_Impact_of_zinc_fertilization_on_gas_exchange_characteristics_and_water_use_efficiency_of_cotton_crop_under_arid_environment

Aliyu, O., & Awopetu, J. (2007). Chromosome studies in Cashew (*Anacardium occidentale* L.). *African Journal of Biotechnology, 6*(2), 131-136. https://www.researchgate.net/publication/27797595_Chromosome_studies_in_Cashew_Anacardium_occidentale_L

Alloway, B. J. (2008). *Zinc in soils and crop nutrition* (2.ª ed.). International Zinc Association. https://www.topsoils.co.nz/wp-content/uploads/2014/09/Zinc-in-Soils-and-Crop-Nutrition-Brian-J.-Alloway.pdf

Álvarez Franco, I., & Rengifo Mejía, P. A. (2020). Determinación de niveles de daño económico por thrips en Aguacate Hass en Abejorral, Antioquia. *Encuentro SENNOVA del Oriente Antioqueño*, *6*(1). https://revistas.sena.edu.co/index.php/Encuentro/article/view/3050/4106

Alves, E., Cardoso, J., Silva, L. G., & Lima, J. (2013). Interação das condições edafoclimáticas com a resinose do cajueiro. *Enciclopédia Biosfera*, *9*(16). https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/agrarias/INTERACAO%20DAS%20CONDICOES.pdf

Arango Wisner, L.V. (2020). *Recomendaciones para la producción de plantas injertadas de clones de marañón en tubete*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]. https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/36673

Arango Wisner, L. V., Clímaco Hio, J., Guevara Agudelo, E. J., & Navas Arboleda, A. A. (2016). *Corpoica Mapiria Ao1, Corpoica Yopare Ao2, Corpoica Yucao Ao3. Clones de marañón para la altillanura plana de la Orinoquía colombiana*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). http://hdl.handle.net/20.500.12324/11535

Araúz Maizon, A. R., & Frías Muñoz, A. Y. (2024). *Caracterización de la sintomatología y de los agentes etiológicos de enfermedades en el cultivo de marañón (Anacardium occidentale L.), en Panamá* [tesis de pregrado, Universidad de Panamá]. https://up-rid.up.ac.pa/9008/

Archak, S., Gaikwad, A. B., Swamy, K. R. M., & Karihaloo J. L. (2009). Genetic analysis and historical perspective of cashew (*A. occidentale*) introduction into India. *Genome*, *52*(3), 222-230. https://doi.org/10.1139/g08-119

Arcila Cardona, Á. M., Abadía Lozano, J. C., Achury Morales, R. A., Carrascal Pérez, F. F., & Yacomelo Hernández, M. J. (2013). *Manual para la identificación y manejo de termitas y otros insectos plagas de los cítricos en la Región Caribe de Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). https://repository.agrosavia.co/bitstreams/c84b3fbb-2f48-44b3-8eb7-4ccb867428e3/download

Arrieta, A. A., Combatt, E. M., & Palencia, M. (2024). *Materiales poliméricos funcionales basados en productos de la agroindustria: yuca (Manihot esculenta Crantz) y marañón (Anacardium occidentale L.)*. MT-Pallantia Publisher S. A. S. https://doi.org/10.34294/b.001.2024.03

Arrieta, A., Ducuara, J., & Nuñez, Y. (2025). Study of electrochemical transformation of anacardic acid from cashew (*Anacardium occidentale*) nut shell liquid. *Molecules*, *30*(6), 1330. https://doi.org/10.3390/molecules30061330

Arrieta, A., Nuñez, Y., & Pestana, S. (2024). Cashew nut shell waste derived graphene oxide. *Molecules*, *29*(17), 4168. https://doi.org/10.3390/molecules29174168

Asociación Hortifrutícola de Colombia [Asohofrucol]. (2024). *Protección de cultivos frutales: énfasis en el manejo integrado de insectos de importancia agrícola* [Guía práctica]. Asociación Hortofrutícola de Colombia. https://www.asohofrucol.com.co/img/pdflibros/10054libro.pdf

Atencio-Valdespino, R., Barba-Alvarado, A., Jaén, M., & Aguilera-Cogley, V. (2023). Fluctuación poblacional de *Selenothrips rubrocinctus* (Giard) (Thysanoptera: Thripidae: Panchaetothripinae) en marañón en Río Hato, Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, *37*, 114-127. http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/618

Avilán Rovira, L. (1983). La fertilización del mango (*Manguifera indica* L.) en Venezuela. *Fruits*, *38*(3), 183-188. https://revues.cirad.fr/index.php/fruits/article/download/34745/35366

Bedendo, I. P. (2018). *Doenças das plantas causadas por fungos*. En H. Kimati, L. Amorim, A. Berhmin Filho, L. E. A. Camargo & J. A. M. Rezende (Eds.), *Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas* (5.ª ed., vol. 2, pp. 39-75). Agronômica Ceres.

Betancourt, M., & Ramírez Beltrán, A. M. (2017). Cadena de marañón : anexo 5. En Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA] (Ed.), *PECTIA: Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del sector Agropecuario colombiano (2017-2027)* (pp. 1-45). Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA, Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – Colciencias, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. http://hdl.handle.net/20.500.12324/1452

Bezerra, F. C., & Damasceno Junior, J. A. (2002). *Qualidade de pedúnculo de cajueiro-anão precoce cultivado sob irrigação e submetido a diferentes sistemas de condução e espaçamento* [comunicado técnico 72]. Embrapa Agroindustria Tropical. http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/425146

BioCarbon. (2024). *BCR0001 Quantification of ghg Removals afforestation, reforestation, and revegetation* [Documento metodológico]. https://biocarbonstandard.com/wp-content/uploads/BCR0001_Methodological-document-ARR.pdf

Bolaños Martínez, O. A., López Platero, C. D., & Orantes García, R. A. (2009). *Utilización de nim en tres dosificaciones para el control de antracnosis (Colletotrichum gloeosporrioides Penz.) en el cultivo de marañón orgánico (Anacardium occidentale L.). Cantón el Pacun, Tecoluca, San Vicente* [Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador]. https://repositorio.ues.edu.sv/items/ffa6d6da-24c1-4648-88b1-ffb56feabf5b

Bradshaw, M., Braun, U., Quijada, L., & Pfister, D. H. (2023). Phylogeny and taxonomy of the genera of Erysiphaceae, part 5: Erysiphe (the “Microsphaera lineage” part 1). *Mycologia*, *116*(1), 106-147. https://doi.org/10.1080/00275514.2023.2252715

Braun, U., & Cook, R. (2012). *Manual taxonómico de las Erysiphales (Oídios)*. Serie de biodiversidad de CBS.

Brochero Bustamante C. E., Carrascal Perez, F. F., Montero Cantillo, Y., & Arenas Rubio, I. (2023). Inventario de insectos plaga y patógenos presentes en un cultivo de marañón (*Anacardium occidentale* L.) en el centro de investigación Caribia, zona bananera, Magdalena. *Temas Agrarios*, *28*(2), 207-218. https://doi.org/10.21897/8mnqgh69

Brown, P. H., Zhao, F. J., & Dobermann, A. (2022). What is a plant nutrient? Changing definitions to advance science and innovation in plant nutrition. *Plant and Soil*, *476*(1), 11-23. https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-021-05171-w

Burbano, H., & Silva, F. (2010). *Ciencia del suelo, principios básicos*. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.

Bustos Ojeda, H. S., Taquiva, Y., & Luna Pabón, M. L. (2018). *Aprovechamiento del pseudofruto de marañón de Vichada en obtención de bebida aclarada y hamburguesa vegetariana*. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/7292

Campos Rivera, A. M., & Echeverría Gómez, C. I. (2004). *Evaluación de la actividad tóxica de seis plaguicidas naturales sobre la chinche pata de hoja Leptoglossus zonatus que dañan el falso fruto del marañón Anacardium occidentale L.* [Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador]. http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/161460

Campos Pinzón, J. C., Vergara Navarro, E. V., Camacho Delgado, H. O., Mateus Cagua, D. M., & Pisco Ortíz, Y. C. (2023). *Insectos, ácaros y enfermedades asociados al cultivo de marañón*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7406535

Carabalí Muñoz, A., & Cardona, D. A. (2019). Monitoreo de adultos del picudo de los cítricos Compsus viridivittatus (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae) en Valle del Cauca, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, *45*(2), e7955. https://doi.org/10.25100/socolen.v45i2.7955

Cardoso, J. E., Freire, F. das C.O., SÁ, F. T., & Souza, R. N. M. (1998). Disseminação e controle da resinose em troncos de cajueiro decepados para substituição de copa. *Fitopatologia Brasileira*, *23*(1), 48-50. http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/663648

Cardoso, J. E., Felipe, E. M., Cavalcante, M. J. B., Freire, F. C. O., & Cavalcanti, J. J. V. (2000). Precipitação pluvial e progresso da antracnose e do mofo preto do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). *Summa Phytopathologica*, *26*(4), 413-416.

Cardoso, J. E., & Freire, F. das C. O. (2002). Identificação e manejo das principais doenças. En: Q. M. S. Melo. (Org.). *Caju-Fitossanidade*. (1.ª ed.) (pp. 41-51). Embrapa Informação Tecnológica.

Cardoso, J. E., dos Santos, A. A., Alves Bezerra, M., de Souza Neto, J., & Martins de Souza, R. N. (2005). *Epidemiologia do mofo-preto e danos na produção do cajueiro*. Embrapa Agroindústria Tropical. https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/426959/1/Bd023.pdf

Cardoso, J. E., Paiva, J. R., Cavalcanti, J. V., dos Santos, A. A., & Vidal, J. C. (2006). Evaluation of resistance in dwarf cashew to gummosis in north-eastern Brazil. *Crop Protection, 25*(8), 855-859. https://www.researchgate.net/publication/257085512_Resistance_to_gummosis_in_wild_cashew_genotypes_in_northern_Brazil

Cardoso, J. E., Pinto Viana, F. M., Oliveira Freire, F. C., Queiroz Cysne, A., Costa Farias, F., & Vasconcelos Cavalcanti, J. J. (2009). *Manejo da resinose do cajueiro.* Embrapa. https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/11992/1/cot-154-.pdf

Cardoso, J. E., Valentim, M. V., Silva, J., Pinto, F. M., & Chaves da Silva, L. G. (2013). *Controle químico do oídio do cajueiro* [comunicado técnico 196]. Embrapa Agroindústria Tropical. http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/951557

Castellani, E., & Casulli, F. (1981). Osservazioni preliminari su Oidium anacardii Noack agent del mal bianco dell anacardio (Preliminary observations on Oidium anacardii Noack, causal agent of cashew powdery mildew). *Agricultura Tropica et Subtropica*, *75*(2/3), 211-222.

Castro Franco, H. E., & Gómez Sánchez M. I. (2010). Fertilidad de suelos y fertilizantes. En H. Burbano & F. Silva (Eds.), *Ciencia del suelo, principios básicos* (pp. 217-303). Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.

Cavalcante, L. F., Soares, I., Kenji Taniguchi, C. A., Lopes Serrano, L. A., & Silva Melo, D. (2019). Nutrient accumulation and nutritional efficiencies of cashew genotypes. *Journal of Plant Nutrition*, *42*(4), 344-350. https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1555847

Cavalcante, J. M., Albuquerque Mattos, A. L., Marques Canuto, K., Zocolo, G. J., & Sousa de Brito, E. (2018). *Extração de LCC por prensagem da casca da castanha de caju originária de minifábrica para a obtenção de ácidos anacárdicos*. Embrapa Agroindústria Tropical Fortaleza. Boletim de pesquisa e desenvolvimento 157. https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1089436/1/BPD18006.pdf

Centro Internacional de Agricultura y Biociencias [CABI]. (2018). *Red-banded thrips on cashew: Selenothrips rubrocinctus*. Plantwise Knowledge Bank. https://plantwiseplusknowledgebank.org/doi/10.1079/pwkb.20187800833

Cercarbono. (2025). *Metodología integrada CM-LU-002 Reforestación, restauración forestal y establecimiento de cultivos agrícolas leñosos. Versión 2.2*. https://www.cercarbono.com/wp-content/uploads/2025.03.04-Metodologia-FA_V-2.2.pdf

Chisengele, L. (2023). *Prevalence, etiology and Source of resistance Against Cashew Powdery Mildew disease In Western Zambia* [tesis de doctorado, The University of Zambia]. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27698.99529

Climate Focus, Akörde, & Climate Outreach. (2020). *Ficha informativa #4: Los mercados de carbono*. Sistema para la reducción de emisiones REVERDECE, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/05/12_2020_FICHA_INFORMATIVA__4_Los-mercados-de-carbono_compressed-1.pdf

Congreves, K. A., Otchere, O., Ferland, D., Farzadfar, S., Williams, S., & Arcand, M. M. (2021). Nitrogen use efficiency definitions of today and tomorrow. *Frontiers in Plant Science, 12,* 637108. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.637108

Costa Ramos, A. S. D. J., Santos De Lemos, R. N., Costa, V. A., Gonzalez Peronti, A. L. B., da Silva, E. A., Marques Mondego, J., & Alves Moreira, A. (2018). Hymenopteran parasitoids associated with scale insects (Hemiptera: Coccoidea) in tropical fruit trees in the eastern Amazon, Brazil. *Florida Entomologist*, *101*(2), 273-278. https://doi.org/10.1653/024.101.0219

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]. (2025). *Informe final Proyecto "Modelo productivo de marañón para la región Caribe de Colombia ID 1002908"*. https://vivo.agrosavia.co/display/proinv1641

Coto-Amaya, O. M. (2003). *Guía técnica: cultivo del marañón*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. https://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/DOCUMENTOS%20WEB/0002860-ADDOCCC.pdf

Crisóstomo, L. A., Pimentel, C. R., Miranda, F., & Oliveira, V. H. (2009). Cajueiro-Anão Precoce. En Crisostomo, L. A., & Naumov, A. (Org.), *Adubando para Alta Produtividade e Qualidade Fruteiras Tropicais do Brasil* (vol. 18, pp. 50-69). Instituto Internacional da Potassa. https://doi.org/10.3235/978-3-9523243-1-8

Curti-Díaz, S., Loredo-Salazar, X., Díaz-Zorrilla, U., Sandoval-Rincón, J., & Hernández, H. (2000). *Tecnología para producir limón Persa* [libro técnico N.º 8]. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Da Silva, V. (1998). *CAJU. O produtor pregunta a Embrapa responde. Coleção 500 perguntas 500 respostas*. Embrapa-SPI; Embrapa-CNPAT. http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/86986

Daane, K. M., Yokota, G. Y., & Wilson, H. (2019). Seasonal dynamics of the leaffooted bug *Leptoglossus zonatus* and its implications for control in almonds and pistachios. *Insects*, *10*(8), 255. https://doi.org/10.3390/insects10080255

De Araujo, J. (2015). *Caju: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, Agroindústria Tropical. https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1015476

De Oliveira, V. H. (2002). *Cultivo do cajueiro anão precoce. Sistemas de Produção 1*. Embrapa Agroindústria Tropical. https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/426705/1/Sp001.pdf

Díaz Romero, J., & Orellana Larreynaga, P. (2000). Evaluación de extractos botánicos para el control de la chinche (*Leptoglossus zonatus*) del fruto del marañón (*Anacardium occidentale*) en el departamento de San Miguel, El Salvador [Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador]. https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/21073/1/13100529.pdf

Dooh, R. T., Nya, E. J., Chuyong, G. B., & Tabi, E. M. (2021). Incidence and severity of black pod disease and other fungal diseases of cocoa (*Theobroma cacao* L.) in the South West Region of Cameroon. *African Journal of Agricultural Research*, *17*(3), 436-445. https://doi.org/10.5897/AJAR2021.15674

dos Garruti, D. S., de Casimiro, A. R., & de Abreu, F. A. (2003). *Processo agroindustrial: elaboração de fermentado de caju* [comunicado técnico 82]. Embrapa Agroindustria Tropical. http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/425898

Ducan, I. (2001). *Growers manual for production of cashew, nursery and plantation*. United States Agency for International Development Managua, Nicaragua.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [Embrapa]. (1995). *Sistema de produção do cajueiro (Anacardium occidentale L.)*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [Embrapa]. (2004). *Manual de segurança e qualidade para a cultura do caju*. EMBRAPA/SEDE. Série Qualidade e Segurança dos Alimentos. https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/111896/1/MANUALSEGURANCAQUALIDADEParaaculturadocaju.pdf

Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria [Embrapa]. (2020). *Clones de cajueiro*. Embrapa Agroindústria Tropical. https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1125932/clones-de-cajueiro

Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria [Embrapa]. (2022). *Clone de cajueiro-anão BRS 555*. Embrapa Agroindústria Tropical. https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1148413/clone-de-cajueiro-anao-brs-555

Food and Agriculture Organization [FAO]. (2010). *The Second Report on the State of the World's: Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). https://www.fao.org/4/i1500e/i1500e00.htm

Food and Agriculture Organization [FAO]. (2025). *Guidance on integrated pest management for the world's major crop pests and diseases*. https://openknowledge.fao.org/items/c9304805-d858-433c-a137-a553b0846517

Food and Agriculture Organization [FAO]. (2023). *FAOSTAT. Crops and livestock.* https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL

Flores Hernández, H., Flores Gracia, J., Varela Fuentes, S. E., Pérez Rodrígue, A., Azuara Domínguez, A., & Monteon-Ojeda, A. (2021). Reporte de *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon y Maubl. en árboles cítricos de Tamaulipas. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas, 12*(3), 499-511. https://doi.org/10.29312/remexca.v12i3.2640

Fontes, E. M., & Valadares-Inglis, M. C. (2020). *Controle biológico de pragas da agricultura*. Embrapa. http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1121825

Freire, F. C. O., Cardoso, J. E., dos Santos, A. A., & Viana, F. M. P. (2002). Diseases of cashew nut plants (*Anacardium occidentale* L.) in Brazil. *Crop Protection*, *21*(6), 489-494. https://doi.org/10.1016/S0261-2194(01)00138-7

Fundación Produce Sinaloa. (2009, 07 de marzo). Prevenga antracnosis con poda en mango [internet]. *FPS*. https://www.fps.org.mx/portal/index.php/notas/686-prevenga-antracnosis-con-poda-en-mango

Galdámez Cáceres, A. (2004). *Guía técnica del cultivo de marañón*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Ministerio de Agricultura y Ganadería del Salvador (MAG). http://repiica.iica.int/docs/B0216e/B0216e.pdf

Glawe, D. A. (2008). The powdery mildews: a review of the world's most familiar (yet poorly known) plant pathogens. *Annual Review Phytopathology*, *46*, 27-41. https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.46.081407.104740

Global Carbon Trace. (2020). *Proyecto de Conservación Kaliawiri redd+.* https://globalcarbontrace.io/projects/13

Global Carbon Trace. (2022). *Proyecto CO2Bio*. https://globalcarbontrace.io/projects/21

Global Carbon Trace. (2023). *Proyecto CultivO2*. https://globalcarbontrace.io/projects/47

Gondim, R. S., Serrano, L. A. L., da Silva, J. P., & Araújo, T. A. (2020). *Necessidade hídrica na implantação de pomar do clone BRS 226 de cajueiro-anão.* Embrapa Agroindústria Tropical. https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1122356/necessidade-hidrica-na-implantacao-de-pomar-do-clone-brs-226-de-cajueiro-anao

Grupo COLCO Plantwise, CCC, CNC, & Fedecacao. (2020). *Guía de manejo de plagas: Lista verde y amarilla*. Hormiga Arriera. https://plantwiseplusknowledgebank.org/doi/epdf/10.1079/pwkb.20207800518

Hacienda San José. (s. f.). *Hacienda San José.* https://www.hsj.com.co/

Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (2014). *Soil fertility and fertilizers* (8.ª ed.). Pearson Education.

Hemshekhar, M., Santhosh, S. M., Kemparaju, K., & Girish, K. S. (2011). Emerging roles of anacardic acid and its derivatives: a pharmacological overview. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*, *110*(2), 122-132. https://doi.org/10.1111/j.1742-7843.2011.00833.x

Hernández, D., García-Pérez, O., Perera, S., González-Carracedo, M. A., Rodríguez-Pérez, A., & Siverio, F. (2023). Fungal pathogens associated with aerial symptoms of avocado (*Persea americana* Mill.) in Tenerife (Canary Islands, Spain) focused on species of the family Botryosphaeriaceae. *Microorganisms*, *11*(3), 585. https://doi.org/10.3390/microorganisms11030585

Hiroce, R., De Carvalho, O., Bataglia, O., Furlani, P. R., Furlani, Â. M. C., dos Santos, R. R., Pariquera Açu, E. E., & Romano Gallo, J. (1977). Composição mineral de frutas tropicais na colheita. *Bragantia*, *36*(1), 155-164. https://doi.org/10.1590/S0006-87051977000100014

Hurtado, G., Gonzalez, O. C., Cadena, M., Benavidez, H., Ruiz, F., Montealegre, E., Ortiz, J. C., & Montoya, R. D. (2017). *Atlas climatológico de Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). http://www.ideam.gov.co/AtlasWeb/

Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2020). *Resolución 0780006. "Por medio de la cual se establecen los requisitos para el registro de viveros y/o huertos básicos dedicados a la producción y comercialización de material vegetal de propagación para la siembra en el país"*. Instituto Colombiano Agropecuario. https://www.ica.gov.co/getattachment/56d15d28-b186-498e-bc07-7a6fcf65fb2c/2020R78006.aspx

Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2023a). *El ica realizó visitas de inspección, vigilancia y control a cultivos de marañón y caña en Vichada* [internet]. ICA. https://www.ica.gov.co/noticias/ica-realizo-visitas-inspeccion-vigilancia-control

Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2023b). *Picudo de los cítricos* [internet]. ICA. https://www.ica.gov.co/getattachment/064571db-457c-4a27-ac77-f0861d14f800/Picudo-de-los-citricos.aspx

Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2004). *Así se maneja y controla el picudo de los cítricos, Compsus sp.* [Boletín técnico n.° 24]. https://www.ica.gov.co/getattachment/15df1776-44f0-49f6-bf59-f82b3acda319/Publicacion-24.aspx

Iqbal, A., Hameed, I., & Devi, K. (2012). Relationship between exports and economic growth of Pakistan. *European Journal of Social Sciences*, *32*(3), 453-460.

Jiménez Martínez, E., & Gómez Martínez, J. (2011). Insecticidas botánicos y biológicos en el manejo del chinche patas de hoja (Leptoglossus zonatus, Dallas. Hemíptera: Coreidae) y la mosquita negra (trigona silvestrianum, Vachall, Himenóptera: Apidae) y su efecto sobre los enemigos naturales. Cultivo de Marañon (Anacardium occidentale L.), León, Nicaragua. *La Calera*, *11*(17), 14-25. https://repositorio.una.edu.ni/2362/1/pph10j61in.pdf

Jiménez Martínez, E., & Gómez Martínez, J. (2020). *Guía de identificación de insectos y enfermedades asociadas al marañón (Anacardium occidentales, L.) en Nicaragua*. Universidad Nacional Agraria. https://repositorio.una.edu.ni/4178/

Jiménez Martínez, E., Sandino Díaz, V., & Gómez Martínez, J. (2014). *Insectos asociados al cultivo del marañón en Nicaragua*. Universidad Nacional Agraria. https://repositorio.una.edu.ni/2742/1/NH10J61ia.pdf

Joyce, A., Barman, A., Doll, D., & Higbee, B. (2019). Assessing feeding damage from two leaffooted bugs, Leptoglossus clypealis Heidemann and Leptoglossus zonatus (Dallas) (Hemiptera: Coreidae), on four almond varieties. *Insects*, *10*(10), 333. https://doi.org/10.3390/insects10100333

La República. (2021, 28 de junio). Alpina anunció el lanzamiento de cinco productos a base de marañón origen vegetal [internet]. *La República*. https://www.larepublica.co/empresas/alpina-anuncio-el-lanzamiento-de-cinco-productos-a-base-de-maranon-origen-vegetal-3192683

Ladmiral, V., Jeannin, R., Lizarazu, K. F., Lai-Kee-Him, J., Bron, P., Lacroix-Desmazes, P., & Caillol, S. (2017). Aromatic biobased polymer latex from cardanol. *European Polymer Journal*, *93*, 785-794. https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2017.04.003

Lim, T. K. (2012). Anacardium occidentale. En *Edible medicinal and nonmedicinal plants* (pp. 45-68). Springer.

Lopes Serrano, L. A., & de Paula Pessoa, P. F. A. (2016). *Sistema de produção do caju: aspectos econômicos da cultura do cajueiro*. (2.ª ed.). Embrapa Agroindústria Tropical. https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1052862/1/SPR16001.pdf

Majune, D. J., Masawe, P. A., & Mbega, E. R. (2018). Status and Management of Cashew Disease in Tanzania. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, *3*(5), 1590-1597. https://doi.org/10.22161/IJEAB/3.5.4

Malagi, G., dos Santos, I., Mazaro, S. M., & Guginski, C. A. (2011). Detecção de Mancha-de-Alga (*Cephaleuros virescens* Kunze) em citros no Estado do Paraná. *Current Agricultural Science and Technology*, *17*(1), 148-152.

Malavolta, E., Vitti, G. C., & Oliveira, S. A. (1997). *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Potafos. https://repositorio.usp.br/item/001070906

Malhotra, S. K., Hubballi, V. N., & Nayak, M. G. (2017). *Cashew: production, processing and utilization of by-products*. Directorate of cashewnut and cocoa development, Cochin, Kerala, India.

Mangalassery, S., Rejani, R., Singh, V., Adiga, J. D., Kalaivanan, D., Rupa, T. R., & Philip, P. S. (2019). Impact of different irrigation regimes under varied planting density on growth, yield and economic return of cashew (*Anacardium occidentale* L.). *Irrigation Science*, *37*, 483-494. https://doi.org/10.1007/s00271-019-00625-7

Marschner, P. (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants* (3.ª ed.). Academic Press.

Martínez-Blay, V., Pérez-Rodríguez, J., Tena, A., & Soto, A. (2018). Seasonal distribution and movement of the invasive pest Delottococcus aberiae (*Hemiptera: Pseudococcidae*) within citrus tree: implications for its integrated management. *Journal of Economic Entomology*, *111*(6): 2684-2692. https://doi.org/10.1093/jee/toy279

Martins, P. M. M., Machado, M. A., Silva, N. V., Takita, M. A., & de Souza, A. A. (2016). Type II toxin-antitoxin distribution and adaptive aspects on xanthomonas genomes: focus on xanthomonas citri. *Frontiers in Microbiology*, *7*, 652. https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00652

Mashood, O. (2012). Genetic diversity of Nigerian cashew germplasm. En: M. Çalişkan (Ed.), *Genetic Diversity in Plants*. IntechOpen Limited. https://doi.org/10.5772/32892

Mazzetto, S. E., Lomonaco, D., & Mele, G. (2009). Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. *Química Nova*, *32*(3), 732-741. https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000300017

McLaughlin, J., Balerdi, C., & Crane, J. (2006). El marañón (*Anacardium occidentale*) en Florida. HS1041/HS291, 10/2004. *edis*, *2006*(7). https://doi.org/10.32473/edis-hs291-2005

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022). *Resolución No. 000087 del 2022, por la cual se reconoce e inscribe la Organización de Cadena del marañón bajo la denominación de Organización de Cadena Nacional del marañón y su agroindustria*. https://www.minagricultura.gov.co/SIG/DocumentosNormograma/RESOLUCI%C3%93N%20NO.%20000087%20DE%202022.pdf

Miranda, F. R., Gondim, R. S., & de Oliveira, V. H. (2013). *Irrigação em cajueiro-anão-precoce.* [documentos 16]. Embrapa Agroindústria Tropical. http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/981663

Monteiro, F., Romeiras, M. M., Barnabé, J., Catarino, S., Batista, D., & Sebastiana, M. (2022). Disease-causing agents in cashew: A review in a tropical cash crop. *Agronomy, 12*(10), 2553. https://doi.org/10.3390/agronomy12102553

Mordor Intelligence. (2023). *Cashew Kernel Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2023 - 2028)* [internet]. Mordor Intelligence. https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-cashew-kernel-market-

Moreira, R. C., Cardoso, J. E., Silva, J., & Chaves da Silva, L. G. (2012). *Resistência de clones de cajueiro-comum à resinose* [Boletim de pesquisa e desenvolvimento 58]. Embrapa Agroindústria Tropical. http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/951819

Mothé, C. G., Oliveira, N. N., Freitas, de Aqueline S., & Mothe, M. G. (2017). Cashew tree gum: A scientific and technological review. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology, 2*(2), 681-688. https://doi.org/10.22161/IJEAB/2.2.14

Moura, R. (2025). Nova cultivar BRS 805 reforça a produção de cajueiro no Ceará. *Revista Cultivar.* https://revistacultivar.com.br/noticias/nova-cultivar-brs-805-reforca-a-producao-de-cajueiro-no-ceara

Naciones Unidas. (2015). *Acuerdo de París de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (cmnucc)*. https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris

Nadir, M. (1972). Matieres fraiches, matieres seches et teneurs des elements mineraux dans les differents organes et parties des citrus en production. *Al-Awamia*, *43*, 17-30. https://www.inra.org.ma/fr/content/matieres-fraiches-matieres-seches-et-teneurs-des-elements-mineraux-dans-les-differents

Noack, F. (1898). Cogumelos parasitos das plantas de pomar, horta e jardim (Fungi parasitic on plants of orchard, garden and back-yards). *Boletin del Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas*, *9*, 75-88.

Olubode, O. O., Joseph-Adekunle, T. T., Hammed, L. A., & Olaiya. A. O. (2018). Evaluation of production practices and yield enhancing techniques on productivity of cashew (*Anacardium occidentale* L.). *Fruits*, *73*(2), 75-100. https://doi.org/10.17660/th2018/73.2.1

Orduz-Rodríguez, J. O., & Rodríguez-Polanco, E. (2022). El marañón (*Anacardium occidentale* L.) un cultivo con potencial productivo: desarrollo tecnológico y perspectivas en Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, *33*(2), 47268. https://doi.org/10.15517/AM.V33I2.47268

Osorio, W. (2014). *Manejo de nutrientes en suelos del trópico* (2.ª ed.). Nelson Walter Osorio Vega. https://www.bioedafologia.com/informacion-libro

Paiva, J., Crisóstomo, J., & Barros, L. (2003). *Recursos genéticos do cajueiro: coleta, conservação, caracterização e utilização*. Embrapa Agroindústria Tropical. https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/426890/1/Dc065.pdf

Paiva, J. R., & Cavalcanti Junior, A. T. (2012). *Clones de cajueiro recomendados pela Embrapa Agroindústria Tropical*. Embrapa Agroindústria Tropical. https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1114138/clones-de-cajueiro-recomendados-pela-embrapa-agroindustria-tropical

Paiva, F. F., Garrutti, D., & Silva Neto, R. M. (2000). *Aproveitamento industrial do caju* [documentos 38]. Embrapa Agroindústria Tropical. http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/422033

Panda, H. (2013). *The Complete Book on Cashew (Cultivation, Processing & By-Products)*. Asia Pacific Business Press Inc.

Paternina, M., Unfried-Silgado, J., Santa, J., Colorado, H., & Espitia, L. (2023). Cashew Nutshells: A Promising Filler for 3D Printing Filaments. *Polymers*, *15*(22), 4347. https://doi.org/10.3390/polym15224347

Patrice, N., Bertrand, M., Alain, H., Norbert, K., Baba, A., Brice, T., Bouba, D., & Zachée, A. (2021). Characterization of red rust disease caused by cephaleuros virescens kunze on cashew nutin thesudano-sahelian ecological zone of Cameroon. *Pakistan Journal of Phytopathology*, *33*(1):17-27. https://doi.org/10.33866/phytopathol.033.01.0634

Peixoto, A. R., de Lima Ramos Mariano, R., & Viana, I. O. (2006). Meio semi-seletivo para isolamento de Xanthomonas campestris pv. viticola. *Revista Ciência Rural*, *36*(4), 1317-1320. https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000400045

Peñaloza, M. C., & Díaz Riveros, G. (2004). *Así se maneja y controla el picudo de los cítricos Compsus sp*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR); Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). https://www.ica.gov.co/getattachment/15df1776-44f0-49f6-bf59-f82b3acda319/Publicacion-24.aspx

Picos-Muñoz, P. A., García-Estrada, R. S., León-Félix, J., Sañudo-Barajas, A., & Allende-Molar, R. (2015). *Lasiodiplodia theobromae* en cultivos agrícolas de México: taxonomía, hospedantes, diversidad y control. *Revista Mexicana de Fitopatología*, *33*(1), 54-74. www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092015000100054&lng=es

Ponmurugan, P., Saravanan, D., Ramya, M., Srinivasan, T. R., Baby, U. I., & Ajay, D. (2009). Studies on *Cephaleuros parasiticus* Karst, a pathogenic alga causing red rust disease in tea plantations. *Journal of Plantation Crops*, *37*(1), 70-73. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20103048742

Prabhakaran, K. P. (2010). Cashew Nut (*Anacardium occidentale* L.). En K. P. Prabhakaran Nair (Ed.), *The Agronomy and Economy of Important Tree Crops of the Developing World* (pp. 21-66). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384677-8.00002-3

Rajasekaran, M., & Sundaresan, M. (2018). Advances in cashew (Anacardium occidentale L.) cultivation and processing technologies. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *20*(4), 123-135.

Riaño, N. M., Martínez, M. F., Orduz-Rodríguez, J. O., Ríos-Rojas, L., Galé, Y. L., Hernández, M. J. Y., & Roa, A. O. R. (2020). *Modelo productivo de lima ácida Tahití (Citrus× latifolia Tanaka ex Q. Jiménez) para Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7403435

Román Hoyos, C. A. (1992). *El cultivo del marañón (Anacardium occidentale) en los Llanos orientales de Colombia* [boletín divulgativo n.° 94]. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Román Hoyos, C. A., & Arango Wiesner, L. V. (2007). *Marañón (Anacardium occidentale L.) tecnologías de producción e industrialización*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13263

Rubini, M. R., Silva-Ribeiro, R. T., Pomella, A. W., Maki, C. S., Araújo, W. L., Dos Santos, D. R., & Azevedo, J. L. (2005). Diversity of endophytic fungal community of cacao (*Theobroma cacao* L.) and biological control of *Crinipellis perniciosa*, causal agent of Witches' Broom Disease. *International Journal of Biological Sciences*, *1*(1), 24-33. https://doi.org/10.7150/ijbs.1.24

Sermeño, J. M., Rivas, A. W., & Menjivar, R. A. (2005). *Guía técnica de las principales plagas y enfermedades artrópodas y enfermedades de los frutales*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). http://repositorio.iica.int/handle/11324/7363

Serrano, L. A. (2016). *Sistema de produção do caju*. (2.ª ed.). Embrapa Agroindústria Tropical. http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1052862

Serrano, L. A. L., Melo, D. S., & Vidal Neto, F. C. (2021). *Poda de formação de clones de cajueiro-anão durante o primeiro ano pós-plantio no campo*. Embrapa Agroindustria Tropical. https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1129712/poda-de-formacao-de-clones-de-cajueiro-anao-durante-o-primeiro-ano-pos-plantio-no-campo

Solidaridad Network. (s. f.). *Programa Asómbrate*. https://asombrate.org/colombia/

Teixeira, L. D., Pires Zottarelll, C. L. A., & Kimati, H. (2006) Efeito da temperatura no crescimento micelial e patogenicidade de *Pythium* spp. que ocorrem em alface hidropônica. *Summa Phytopathologica, 32*(3), 221-226. https://doi.org/10.1590/S0100-54052006000300002

Valencia, R., Lobo, M., & Ligarreto, G. (2010). Estado del arte de los recursos genéticos vegetales en Colombia: sistema de bancos de germoplasma. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *11*(1), 85-94. https://doi.org/10.21930/rcta.vol11_num1_art:198

Valentim Martins, M. V., Lopes Serrano, L. A., de Assunção Araújo, F. S., & de Oliveira Freire, F. C. (2020). *Saiba diferenciar os síntomas do oídio e da antracnose em cajueiro*. Embrapa Agroindustria Tropical. https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1124366/1/FCC-002-oidio-antracnose.pdf

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA]. (2025). *Evaluaciones Agrícolas Municipales - EVA 2024*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. https://upra.gov.co/en/eva/eva-2024

Van Hoof, B., Gómez Samper, H., Duque Hernández, J., Méndez Medina, C. M., & Orduz Rodríguez, J. O. (2020). *Transformación productiva de los agronegocios. La experiencia de mas marañón Vichada* (1.ª ed.). Ediciones Uniandes. https://ediciones.uniandes.edu.co/gpd-transformacion-productiva-de-los-agronegocios-67f06dbc6ac6c.html

Zhang, L., Koc, A. B., Wang, X. N., & Jiang, Y. X. (2018). A review of pruning fruit trees. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *153*(6), 062029. https://doi.org/10.1088/1755-1315/153/6/062029





Terminó de diseñarse en febrero de 2026,
en Bogotá D. C., Colombia



El cultivo del marañón (*Anacardium occidentale* L.) se consolida como uno de los sistemas productivos potenciales para la diversificación, generación de ingresos y sostenibilidad ambiental en la región Caribe de Colombia. Esta especie tiene gran capacidad de adaptación a condiciones de clima cálido, y su alta demanda por la diversa gama de productos con valor agregado provenientes de almendra y la manzana la posicionan como una especie muy atractiva para el desarrollo agroindustrial de la región y el país.

El *Modelo productivo de marañón (Anacardium occidentale L.)* para la región Caribe de Colombia compila información técnica aplicable a la producción comercial de marañón en la región Caribe de Colombia, generada por AGROSAVIA, actores nacionales del SNIA y otros actores o entes de investigación a nivel internacional. En sus capítulos, el lector encontrará información sobre los clones mejorados de AGROSAVIA, los procesos de producción de material de siembra de calidad bajo la normatividad ICA vigente, los requerimientos de edafoclimáticos de la especie, el establecimiento del cultivo, las prácticas agronómicas, el manejo fitosanitario del cultivo y aspectos sobre cosecha, poscosecha, transformación, comercialización y mercados.

Esta publicación busca mostrar los aspectos más relevantes sobre la agronomía del cultivo para su uso por parte de asistentes técnicos, extensionistas, productores, inversionistas, tomadores de decisiones, investigadores y academia, principalmente, interesados en consolidar el sistema productivo de marañón de forma sostenible y competitiva, y así contribuir al fortalecimiento del sector frutícola y al desarrollo rural del Caribe colombiano.

BAC
BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

Correo: **bac@agrosavia.co**
Teléfono: **601 914 4677**

www.agrosavia.co
Distribución gratuita
Prohibida su venta

Agricultura

AGROSAVIA
EDITORIAL