

Guía conceptual

para el establecimiento del marañón en la altillanura plana de la Orinoquia

AGROSAVIA
Corporación colombiana de investigación agropecuaria

WCS

Biocarbono
Paisajes sostenibles bajos en carbono

GRUPO BANCO MUNDIAL

Embajada de la República Federal de Alemania Bogotá

EMBAJADA de ESTADOS UNIDOS BOGOTÁ

UK Government

NICFI
Norway's International Climate and Forest Initiative

Entidades Socias

Agricultura

Ambiente

IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

Asesora

Departamento Nacional de Planeación - **DNP**

Apoyan

Agencia Presidencial de Cooperación Internacional de Colombia - **APC Colombia**

NORECCO
Nodo Regional de Cambio Climático Orinoquia

El proyecto hace parte de la iniciativa Paisajes Forestales Sostenibles (ISF) del Fondo Biocarbono

BioCarbon Fund
Initiative for Sustainable Forest Landscapes

Guía conceptual

para el establecimiento del marañón en la altillanura plana de la Orinoquia

AGROSAVIA
Corporación colombiana de investigación agropecuaria

WCS

Biocarbono
Paisajes sostenibles bajos en carbono

GRUPO BANCO MUNDIAL

Embajada de la República Federal de Alemania Bogotá

EMBAJADA de ESTADOS UNIDOS BOGOTÁ

UK Government

NICFI
Norway's International Climate and Forest Initiative

Guía conceptual para el establecimiento del marañón en la altillanura plana de la Orinoquia. / Diana Mayerly Mateus Cagua [y otros seis] - Mosquera, (Colombia): AGROSAVIA, 2024.

44 páginas (Colección Alianzas AGROSAVIA)
Incluye referencias bibliográficas, ilustraciones y gráficos.
ISBN e-Book: 978-958-740-739-6

1. *Anacardium occidental* 2. Agroecosistemas 3. Características del sitio 4. Análisis del suelo 5. Fertilidad del suelo 6. Cultivo 7. Siembra 8. Orinoquia (Colombia).

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

Sede Central, Kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera, Cundinamarca. Código postal 250047, Colombia.

Centro de Investigacion La Libertad, Kilometro 17 via Puerto López-Meta, Meta. Codigo postal 502007, Colombia.

Esta publicación hace parte de los trabajos de AGROSAVIA dentro de la iniciativa Paisajes Forestales Sostenibles (isf) del Fondo Biocarbono, Consultoría 055-2022 "Crear condiciones habilitantes para el desarrollo de agroecosistemas sostenibles bajos en carbono para el cultivo del marañón bajo esquemas de producción - conservación en la altillanura colombiana"

Colección: Alianzas AGROSAVIA
Tipología: Cartilla

Fecha de recepción: 18 de abril de 2024
Fecha de evaluación: 27 de mayo de 2024
Fecha de aceptación: 7 de junio de 2024

Primera edición: julio de 2024

Autores

Diana Mayerly Mateus Cagua
Carmen Alicia Parrado Moreno
Hernán Oswaldo Camacho Delgado
Héctor Augusto Sandoval Contreras
Oscar Javier Gallo Gordillo
Sandra Xiomara Pulido Castro
Jaime Humberto Bernal Riobo

Preparación editorial

Editorial AGROSAVIA
editorial@agrosavia.co
Líder editorial: Astrid Verónica Bermúdez Díaz
Edición: Verónica Barreto Riveros
Diseño y diagramación: Kilka Diseño Gráfico

Citación sugerida: Mateus-Cagua, D. M., Parrado, C. A., Camacho-Delgado, H. O., Sandoval Contreras, H. O., Gallo Gordillo, O. J., Pulido Castro, S. X., & Bernal-Riobo, J. H. (2024). *Guía conceptual para el establecimiento del marañón en la altillanura plana de la Orinoquia.* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).
https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7407396

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones ni de la información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, y declaran, en este último supuesto, que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran 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 hubieran vulnerado como resultado de su contribución.

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



https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Presidente de la República de Colombia

Gustavo Francisco Petro Urrego

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)

Martha Viviana Carvajalino
Ministra de Agricultura y Desarrollo Rural

Polivio Leandro Rosales Cadena
Viceministro de Desarrollo Rural

Lilia María Rodríguez Albarracín
Viceministra de Asuntos Agropecuarios

Santos Alonso Beltrán Beltrán
Director de Innovación, Desarrollo Tecnológico y Protección Sanitaria

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Susana Muhamad
Ministra de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Mauricio Cabrera Leal
Viceministra de Políticas y Normalización Ambiental

Lilia Tatiana Roa Avendaño
Viceministra de Ordenamiento Ambiental del Territorio.

María Saralux Valbuena López
Directora de Cambio Climático y Gestión del Riesgo

Proyecto Biocarbono Orinoquia

Iván Darío Gómez Guzmán
Coordinador Nacional del Proyecto

Fabián Mauricio Gerena Reina
Líder del componente Planeación Integrada del Uso del Suelo y Gobernanza para el Control a la Deforestación

Daniel Alberto Aguilar Corrales
Fernando Leyva (2023)
Líder componente Uso y Manejo Sostenible del Suelo

Johana Talina Lugo Rosero
Líder del componente Definición del Programa de Reducción de Emisiones (PRE) y de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV)

Juan David Turriago
Redactor ERPD

Javier Rodríguez Dueñas
Coordinador Regional

Lilia Patricia Arias Duarte
Gestor Sénior Seguimiento y Monitoreo

Pedro Miguel Salazar
Susana Sandoval González
Sabrina Andrea Acosta Angarita
Mónica Monsalvo Torres
Especialistas

Edwin Fernando Forero Palomino
Consultor y supervisor del contrato

Natalia Andrea Niño Pinilla
Estiven Rojas Roncancio
Profesionales SIG

Gandy Alarcón Montero
Asesor jurídico

Fabián Peña
Juliana Fonseca
Equipo de Comunicaciones



Foto: Diana Mateus

Contenido

Introducción 7

Presentación 9

Contexto de los paisajes del Vichada 11

Características del paisaje de altillanura 12

Planificación predial y productiva para el establecimiento de marañón 16

Selección del área para establecer un agroecosistema de marañón 18

Gestión del recurso suelo 23

Diagnóstico del suelo para identificar sistemas de labranza 25

Diagnóstico de la fertilidad del suelo 28

Cultivos de servicios 30

Establecimiento-trasplante 32

Material de siembra 33

Distancias de siembra 35

Consideraciones finales 37

Referencias 39

Autores 42



Foto: Xiomara Pulido

Introducción

En la última década, el marañón se ha convertido en uno de los cultivos con mayor crecimiento en área en el departamento de Vichada. Este cultivo se caracteriza por su capacidad de adaptación a las condiciones de suelo y clima predominantes en el departamento. De acuerdo con cifras publicadas por la Gobernación de Vichada y otras instituciones, se estima que el ritmo de incremento en áreas de siembra está entre 1.500 y 2.000 hectáreas por año, y las exportaciones de nuez, en 80 toneladas por año en promedio. No obstante, el mercado interno está desabastecido y las importaciones anuales son aproximadamente de 300 toneladas de almendra (Legiscomex, 2021). A pesar de esta proyección, la rusticidad de las plantas y el interesante perfil de mercado, es importante tener en cuenta que no todas las áreas de la altillanura son aptas para su cultivo, especialmente por sus requerimientos en clima y suelo. Además, algunas áreas del territorio son de conservación estricta y no deben ser intervenidas.

En el contexto anterior, la planificación predial y productiva constituye una práctica de gestión clave para lograr los objetivos en un esquema de producción-conservación. La gestión integral del territorio y a nivel predial requiere una sólida base conceptual que garantice una decisión informada y eficaz para el establecimiento de cultivos de marañón. De esta manera, se avanzará en la competitividad de estos agroecosistemas y su cadena de valor. La identificación de las restricciones edáficas, climáticas y ambientales para el cultivo de marañón y su siembra puede garantizar el potencial productivo y alcanzar un bueno rendimiento de los clones entregados por AGROSAVIA en el año 2013, de tal forma que las áreas seleccionadas para el incremento del cultivo contribuyan realmente al fortalecimiento de este sector agroindustrial y al desarrollo socioeconómico del territorio. Así mismo, la toma de decisiones informadas y oportunas puede favorecer el escalamiento y consolidación de agroecosistemas de marañón bajos en carbono y abrir nuevas oportunidades de negocios basados en los servicios ecosistémicos.



Foto: Xiomara Pulido

Presentación

El proyecto Biocarbono Orinoquia tiene como objetivo mejorar las condiciones para la planificación y gestión de paisajes sostenibles con bajas emisiones de carbono en la región de la Orinoquia, con la finalidad de diseñar el Programa de Reducción de Emisiones de gases de efecto invernadero (PRE) para Colombia. La implementación de esta iniciativa contribuye al trabajo que el país está realizando para alcanzar una agricultura climáticamente inteligente, para la adaptación y mitigación del cambio climático, y a la meta de Colombia de reducir en un 51 % sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para el 2030.

Este proyecto se lleva a cabo en los departamentos de Arauca, Casanare, Meta y Vichada, como parte de la iniciativa global Paisajes Forestales Sostenibles (ISFL), a través del Fondo Biocarbono del Banco Mundial, y es financiado por Reino Unido, Alemania, Estados Unidos y Noruega. El liderazgo en la ejecución del Proyecto Biocarbono Orinoquia está a cargo del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, y del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

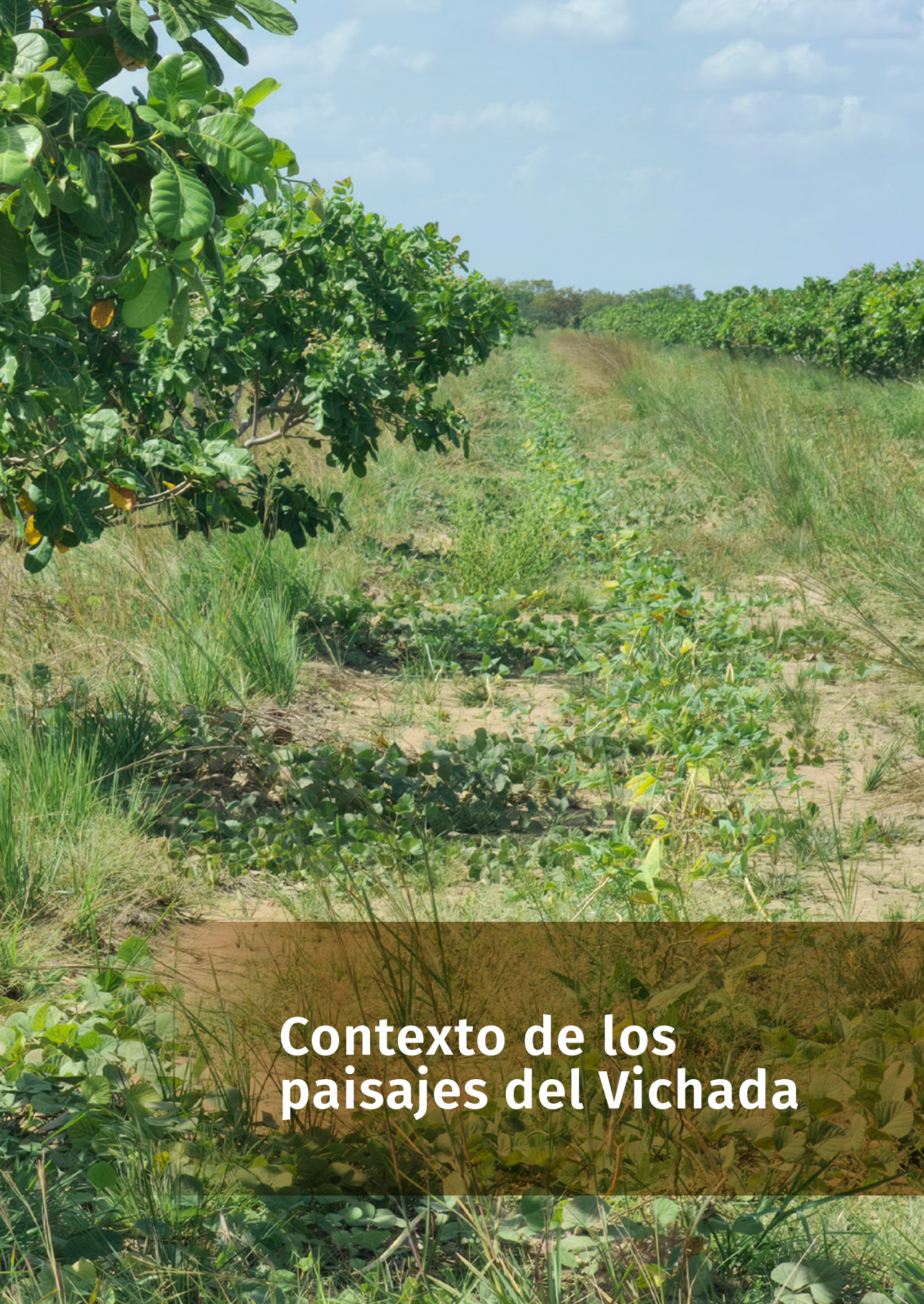
La estructura del proyecto tiene tres componentes que abordan los siguientes temas: 1) Planificación del uso del suelo y gobernanza para controlar la deforestación; 2) Uso y manejo sostenible del suelo, y 3) Preparación del Programa de Reducción de Emisiones y Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV).

Las prácticas de gestión de los agroecosistemas son determinantes en el proceso de transformación de paisajes productivos hacia la sostenibilidad. En cultivos permanentes como el marañón, la gestión predial y productiva es fundamental para lograr este fin. Esta publicación tiene como objeto presentar una guía conceptual para el establecimiento del marañón en condiciones de la altillanura plana de la Orinoquia. Se presentan aspectos claves, desde el punto de vista conceptual, que deben ser considerados en las fases de planeación y establecimiento del marañón, de tal forma que este agroecosistema contribuya desde su planificación, no solo en la provisión de alimentos sino también en el incremento de otros servicios ecosistémicos, como base para la consolidación de una cadena de valor sostenible.

Agradecemos a todos los colaboradores y aliados que hicieron posible la realización de esta publicación.



Foto: Diana Mateus



Contexto de los paisajes del Vichada

El departamento de Vichada se encuentra ubicado en el oriente del país, en la cuenca de sedimentación del río Orinoco. Los procesos evolutivos del escudo Guayanés en esta zona generaron aportes sedimentarios que llenaron la cuenca de los llanos, formando suelos condicionados por la fisiografía, el clima y la vegetación, con diferencias entre contrastes de materiales parentales (Rangel et al., 2019). El Vichada cuenta con seis unidades de paisajes claramente diferenciables: altillanura, lomerío, macizo, peniplanicie, planicie y valle (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2014), que determina sus características ecosistémicas.

Vichada representa la segunda extensión más grande de Colombia. De acuerdo con el IGAC (2014), comprende 100.242 km^2 y presenta un área aproximada de 3,6 millones de hectáreas con capacidad para el desarrollo del sector agropecuario. Lo anterior, sumado a su oferta hídrica, la convierte en una región con potencial para la explotación agrícola, pecuaria y forestal. Las características climáticas de esta zona son: temperatura media entre 25,5 y 27,1 ºC y clima cálido; el régimen de precipitación es monomodal, con lluvias promedio entre 1.500 y 2.500 mm anuales, concentradas entre abril y noviembre; generalmente, presenta una temporada seca mayor a tres meses entre noviembre y marzo, con amplia variación dentro del territorio, lo que le confiere características ambientales apropiadas para el desarrollo de agroecosistemas de marañón.

Características del paisaje de altillanura

El paisaje de altillanura comprende el 52,5 % del área departamental, lo cual representa 4.973.600 hectáreas, dentro de las cuales predominan relieves de ondulaciones, lomas, depresiones con escarceos y vallecitos. El relieve de ondulaciones se ubica en las zonas más altas de la altillanura, ocupa 1.586.500 hectáreas y constituye morfologías planas a onduladas, lo que generalmente se asocia a los interfluvios o divisorias de los sistemas de drenaje (figura 1). Estas zonas se caracterizan por presentar pendientes menores al 7 %, comúnmente denominadas altillanura plana, y unas formas suaves con vallecitos de fondo plano. Los suelos de este relieve son profundos y moderadamente profundos, en algunos casos limitados por altos contenidos de gravillas petroférricas, texturas moderadamente finas, bien y moderadamente bien drenados, con saturación de aluminio alta, reacción muy fuertemente ácida y fertilidad natural muy baja (IGAC, 2014).

El relieve de lomas abarca un área de 2.187.200 hectáreas y su formación partió del proceso de disección activo de la altillanura, lo cual resultó en el desarrollo de un relieve con cimas planas angostas y convexas un poco más amplias (figura 2). Estas zonas se caracterizan por presentar suelos profundos y muy superficiales, limitados por alto contenido



Figura 1.
Relieve de ondulaciones (pendientes inferiores al 7 %, que corresponden a altillanura plana), vía Tres Matas-La Catorce (4.505105, -70.521321).
Foto: Jaime Humberto Bernal

de gravillas petroférricas y horizontes de texturas arenosas a franco arenosas. El drenaje es bueno y moderadamente excesivo, los suelos tienen alta saturación de aluminio, reacción muy fuertemente ácida y fertilidad natural muy baja (IGAC, 2014).

El relieve de depresiones con escarceos localizado en el paisaje de la altillanura ocupa 329.200 hectáreas y corresponde a sectores con presencia de concavidades mal drenadas, conocidas como bajos. Este relieve comprende las paleocubetas de inundación (figura 3). Los bajos o depresiones están cubiertos por agua durante la temporada de lluvias, lo cual permite la formación de una vegetación característica fácilmente diferenciable en las imágenes de satélite (IGAC, 2014). Los suelos de estas áreas son muy superficiales y superficiales limitados por el nivel freático y los moderadamente profundos, limitados por gravilla petroférrica. Estos suelos se caracterizan por sus texturas moderadamente finas, buenas e imperfectas, están pobremente drenados, con encharcamientos frecuentes largos y muy largos, y con saturación de aluminio muy alta, reacción fuertemente ácida y de fertilidad natural muy baja.

Los vallecitos ocupan un área de 791.000 hectáreas y se caracterizan por presentar fondos planos o cóncavos. Este relieve forma una alta densidad de drenajes, producto de la disección activa de



Figura 2.
Relieve de lomas, vía Cumaribo-La Catorce (4.4855430, -69.878504).
Foto: Jaime Humberto Bernal



Figura 3.
Relieve de depresiones, vía Cumaribo-Palmarito (4.565755, -69.359949).
Foto: Héctor Augusto Sandoval



Figura 4.
Relieve de vallecitos en bosques de galería, vía Cumaribo-La Catorce (4.514317, -70.055023).
Foto: Jaime Humberto Bernal

la altillanura, junto con los modelados heredados de la planicie aluvial del Pleistoceno (figura 4). En los drenajes predominan los sedimentos finos y medios, producto de la disección de los interfluvios de las ondulaciones y los lomeríos, donde predominan unidades arcillosas y limoarenosas (IGAC, 2014). Los vallecitos se caracterizan por presentar suelos superficiales y moderadamente profundos, limitados por el nivel freático, sus texturas moderadamente gruesas, drenajes pobres e imperfectos y con inundaciones muy largas en la época invernal, así como por su saturación de aluminio alta y muy alta, reacción moderada, fuerte, muy fuerte y extremadamente ácida, y de fertilidad natural baja y muy baja.



Planificación predial y productiva para el establecimiento de marañón

Foto: Diana Mateus

La ampliación de la frontera agrícola en Vichada implica una adecuada selección de las zonas con aptitud de uso apropiada para establecer agroecosistemas de marañón. Además, supone prácticas de gestión para mejorar la calidad del suelo y, de esta manera, conformar núcleos competitivos y resilientes a las condiciones de una oferta de clima cambiante. A través del proyecto de agroecosistemas de marañón bajos en carbono, AGROSAVIA y WCS generaron el mapa de aptitud de uso de suelo para el cultivo de marañón en el departamento del Vichada a escala 1:100.000. En este se identifican zonas con aptitud alta, media y baja para el cultivo. Con la ayuda de este mapa, los productores, extensionistas, asistentes técnicos y tomadores de decisiones deben iniciar con la verificación a nivel municipal. Luego, deben proceder con una inspección a escala predial. Esta acción debe realizarse mediante recorridos de lotes con diagnósticos de suelos, identificando con mayor detalle áreas favorables para el crecimiento del cultivo. Estas características comprenden suelos con pendientes menores al 7 % para facilitar la mecanización; suelos profundos que permitan un mayor y mejor enraizamiento de las plantas; suelos bien drenados que eviten encharcamientos prolongados, y, finalmente, suelos con texturas franco-arenosas a francas.

El logro del potencial productivo del marañón implica considerar otras prácticas de gestión. La segunda etapa de la planificación de los agroecosistemas de marañón bajos en carbono implica diseñar un esquema de producción-conservación. Esta debe incluir el mejoramiento de la calidad del suelo en sus propiedades químicas, físicas y biológicas, mediante la formación de una capa productiva de suelo con el uso eficiente de insumos y otras acciones de intensificación ecológica que mejoren los procesos metabólicos, que contribuyan al mejor desempeño ambiental y productivo del agroecosistema. El propósito es aumentar su capacidad de almacenamiento de agua (cosecha de agua *in situ*), el ciclaje de nutrientes y la biodiversidad de organismos indispensables para la disponibilidad y asimilación de nutrientes por parte de las plantas y, en general, el funcionamiento del agroecosistema.

La etapa de planificación es fundamental en los sistemas productivos de marañón debido a su carácter permanente. Las decisiones de selección e implementación de cultivos afectarán no solo el desarrollo sino también su productividad y, por tanto, la rentabilidad del modelo de negocio. A continuación, se presentan algunas acciones claves para el logro de este propósito en agroecosistemas de marañón bajos en carbono.

Selección del área para establecer un agroecosistema de marañón

La selección de las áreas más aptas para el establecimiento de los agroecosistemas de marañón es fundamental. Para este propósito, se deben considerar tanto los requerimientos de clima y suelo de la especie, como las restricciones naturales dentro del predio que podrían afectar su desarrollo. Esto favorecerá el crecimiento de las plantas, la eficiencia en las labores y la aproximación al potencial productivo del marañón.

La consulta de información disponible de fuentes de acceso público, como los datos históricos de clima y de cobertura de la tierra provistos por el Ideam y el estudio general de suelos del departamento del IGAC, es muy importante. Esto permite tener un panorama general del área de interés para definir la aptitud para el establecimiento del cultivo de marañón, así como para tomar decisiones de planificación. Igualmente, es recomendable hacer un reconocimiento visual del área, que junto al uso de mapas de curvas a nivel del predio permite definir las mejores áreas de siembra, las zonas de protección o aquellas con necesidad de diseñar sistemas de drenaje. La meta de esta actividad es definir el área total disponible para el establecimiento de marañón, las áreas destinadas a otras actividades agropecuarias y las estrategias de conservación. En estas actividades, el uso de un GPS o cinta métrica, en su defecto, suelen ser herramientas de gran ayuda.

La planificación predial para el diseño del agroecosistema de marañón tiene como propósito contribuir a la construcción de paisajes multifuncionales. Estas acciones buscan reducir la homogeneidad en términos de composición y configuración de los agroecosistemas y paisajes, ya que un bajo índice de heterogeneidad aumenta la vulnerabilidad ante factores climáticos e incidencia de plagas, entre otros. Tanto las prácticas de gestión del sistema productivo, como el diseño de agroecosistemas y su integración en paisajes multifuncionales consideran acciones que se presentarán más adelante y deberán tenerse en cuenta en la fase previa al establecimiento. De esta forma, podrá establecerse el objetivo del agroecosistema y su cadena de valor, proyectando los beneficios productivos y ambientales que podrían lograrse mediante su implementación.

A continuación, se detallan algunos requerimientos específicos para obtener el rendimiento potencial de los clones de marañón recomendados para la región.

Clima

Las plantas de marañón crecen y se desarrollan muy bien en un rango de temperatura media anual de 22 a 32 ºCC, ya que temperaturas más bajas durante periodos prolongados pueden afectar negativamente su desarrollo (Grundon, 1999). La precipitación anual ideal se encuentra por encima de los 1.200 mm, con una distribución uniforme a lo largo del año. Adicionalmente, las plantas de marañón requieren alta luminosidad para una producción óptima, pues la sombra

o baja luminosidad pueden reducir significativamente la cantidad de frutos.

El cultivo de marañón requiere una época seca bien definida, entre 4 y 5 meses durante la floración y la fructificación aumentará el desempeño productivo del agroecosistema. Esto con el fin de obtener una buena producción. Las lluvias continuas o intermitentes en estas etapas pueden perjudicar significativamente la cosecha. Los altos niveles de humedad favorecen la condensación del agua en los órganos de la planta, lo cual aumenta la incidencia de enfermedades fungosas como antracnosis y oídio. Estas enfermedades pueden ocasionar la caída de flores y frutos, lo que reduce entre el 80 % y el 90 % de la producción, dependiendo de la intensidad del evento. Así mismo, la humedad relativa superior al 85 % en la etapa de floración puede favorecer la aparición de las mismas enfermedades. Entretanto, valores inferiores al 50 % pueden afectar la viabilidad del polen y la calidad de los frutos (Grundon, 1999).

La figura 5 evidencia que la humedad en exceso durante la floración y la fructificación perjudica el desarrollo de los frutos. Las flores se marchitan y los frutos se deforman o caen prematuramente, lo que se traduce en una pérdida importante en la productividad de las plantas y el agroecosistema.

Suelo

Las plantas de marañón se desarrollan bien en suelos profundos y bien drenados con pendientes ligeramente planas (< 3 %) a ligeramente inclinadas (3 a 7 %). De acuerdo con Kenji & Araujo (2016), la profundidad de los suelos debe ser de al menos 1,5 a 2 m, donde no existan restricciones físicas, como nivel freático superficial, gravilla, piedra o capas endurecidas que impidan el crecimiento y desarrollo de las raíces. La figura 6 muestra las diferencias



Figura 5.
Problemas sanitarios asociados a alta humedad en etapa de floración y fructificación.
Fotos: Diana Mateus y Carolina Pisco

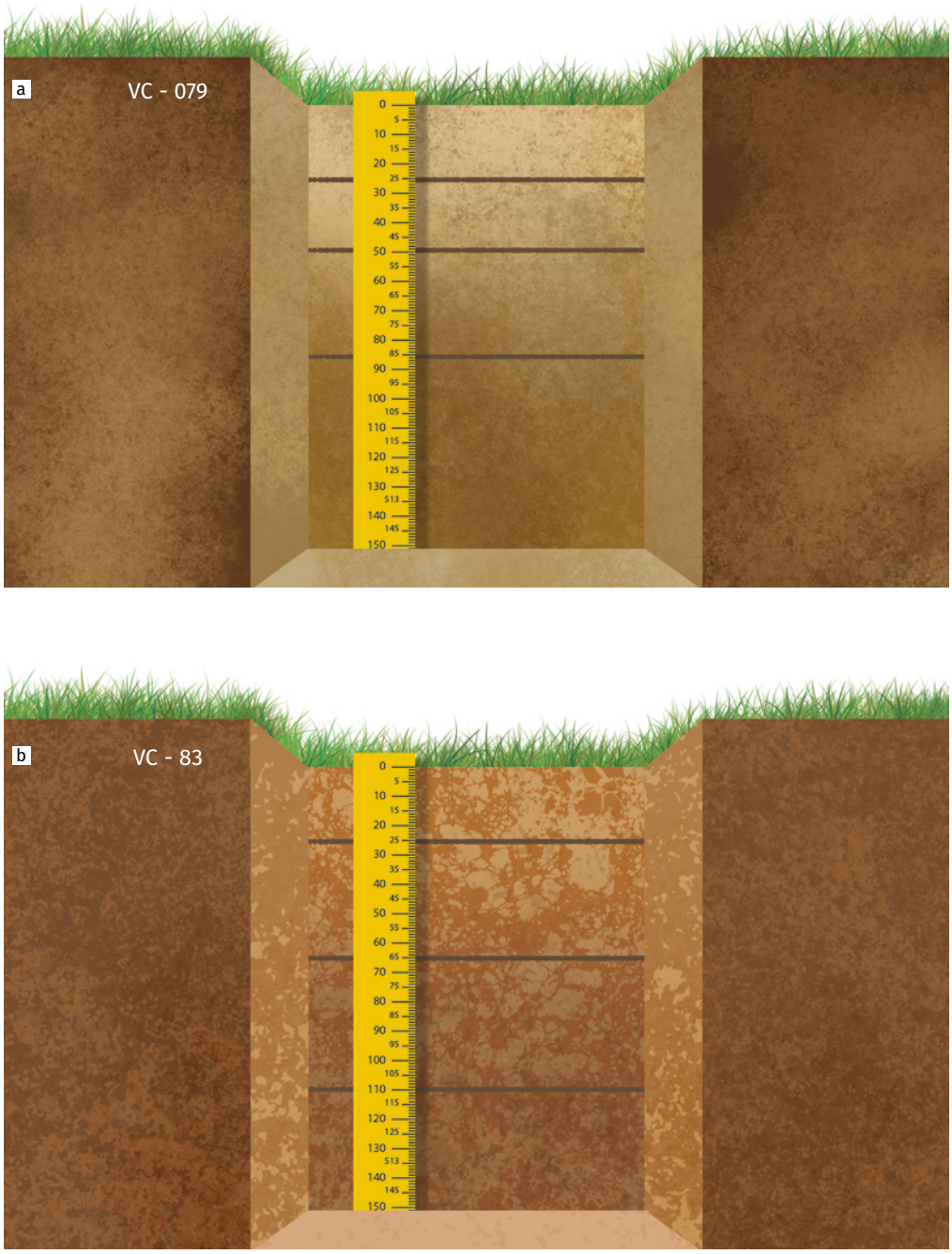


Figura 6.
a. Perfil de suelo apto para el cultivo de marañón. b. Suelo no apto para el cultivo de marañón.
Fuente: Elaboración propia con base en IGAC (2014)

en perfiles de suelos sin restricciones (6A), apto para el cultivo de marañón, y el perfil B, con restricciones para el desarrollo de la planta, en este caso, con abundante gravilla en la superficie y en los diferentes horizontes del perfil. Texturas franco-arenosas a francas (< 35 % de arcillas) favorecen el crecimiento y desarrollo del sistema radical, mientras que contenidos mayores a 35 % de arcillas se consideran restrictivos para este cultivo (Kenji & Araujo, 2016).

El crecimiento y desarrollo óptimo del marañón puede afectarse severamente cuando las plantas se establecen en paisajes de lomerío o en zonas con relieve de lomas donde predominan la gravilla (ripio) y las corazas petroférricas a lo largo del perfil del suelo. Estas condiciones limitan el desarrollo radicular del árbol, lo que se traduce en plantas cloróticas y con escaso crecimiento. La severidad de estos efectos depende del porcentaje de material presente en la superficie y en el perfil del suelo. La figura 7 evidencia el bajo crecimiento de la planta y su amarillamiento cuando se siembra en suelos con alto contenido de gravilla petroférrica o ripio. Estas áreas de baja aptitud se deben descartar y, por tanto, deben tenerse en cuenta desde el inicio mediante el mapa de aptitud de uso de suelos y su verificación a través de los recorridos al interior del predio para la planificación predial.

De otro lado, las depresiones en el terreno, reportadas en el estudio de suelos del IGAC (2014), también afectan negativamente el desarrollo de las plantas de marañón. Estas zonas cóncavas favorecen el encharcamiento, lo que perjudica el sistema radical del árbol. En la figura 8 se observan lotes seleccionados para establecimiento de marañón que evidencian dificultades en drenaje. En algunos casos, cuando la condición es temporal, se puede manejar con sistemas de drenaje profundos, que permiten evacuar el exceso de agua durante la temporada de lluvias. Sin embargo, cuando estas áreas acumulan fracciones finas de suelo (arcillas) en el horizonte superficial, se limita la aireación adecuada debido al mantenimiento del agua, lo cual tiene efectos negativos sobre las plantas. Por lo tanto, se debe analizar la pertinencia de descartar estas áreas de la finca para el establecimiento del marañón y evitar pérdidas en la inversión, ya que esto, generalmente, constituye una limitante de difícil corrección (ver figura 8).



Figura 7.
Suelos típicos del paisaje de lomerío, con gravilla petroférrica en la superficie.
Foto: Diana Mateus



Figura 8.
a. Suelo con nivel freático superficial; b. Área preparada para establecimiento de marañón con problemas de drenaje.
Foto: Diana Mateus

Gestión del recurso suelo



Foto: Diana Mateus

El suelo constituye la base de los ecosistemas terrestres, ya que cumple un papel fundamental en el crecimiento de las plantas, la regulación hidrológica, los ciclos biogeoquímicos y el sostenimiento de la biodiversidad (Zheng et al., 2022). Sin embargo, el cambio de uso de suelo y la intensificación agrícola han contribuido en su degradación, determinando la pérdida de la materia orgánica, la erosión, acidificación, salinización y la pérdida de biodiversidad. Estos impactos, en su conjunto, ponen de manifiesto el riesgo para el futuro y el bienestar de la población (Kipittke et al., 2019). Esta presión y los efectos ocasionados por la actividad agropecuaria sobre los suelos exigen un enfoque renovado en su gestión y conservación.

En la altillanura del Vichada, los cambios recientes en el uso del suelo están relacionados con la transformación de ecosistemas naturales, principalmente sabanas, para dar paso, entre otros sistemas, a cultivos de marañón. Esto constituye una prioridad en la gestión integral del territorio. La gestión integral del territorio y el avance de la frontera agrícola empleando agroecosistemas de marañón implica la necesidad de desarrollar políticas y lineamientos para la planificación. Esta gestión debe incluir el mantenimiento de áreas estratégicas para garantizar la conservación de servicios y funciones ecosistémicas, sin repercutir en el desarrollo de la región. Por su parte, la planificación del cambio de uso del suelo, mediante la intervención con agroecosistemas de marañón, implica una gestión a través de mejores prácticas agrícolas que incrementen los beneficios a los productores. Las estrategias de gestión en agroecosistemas de marañón bajos en carbono y la creación de paisajes multifuncionales pueden favorecer la calidad de los suelos y las sinergias para una mayor provisión de servicios ecosistémicos, incluidos los bienes alimenticios y no alimenticios, pero sobre la base de los de regulación y mantenimiento.

La condición natural de los suelos en la Orinoquia, especialmente en la altillanura, demanda la implementación de prácticas para su acondicionamiento. De esta forma, se suplen los requerimientos críticos de la especie de interés comercial, en este caso marañón. El acondicionamiento debe incluir prácticas que integren procesos biológicos, químicos y ecológicos, a fin de lograr mejores indicadores de calidad del suelo (Tahat et al., 2020). La labranza de conservación, la implementación de cultivos de servicios, la diversificación y la incorporación de materia orgánica, entre otras prácticas agroecológicas, mejoran el ciclaje de nutrientes, aumentan la biodiversidad arriba y abajo del suelo, promueven la actividad microbiana y la estabilización de la estructura de suelo, y optimizan la capacidad de retención hídrica (Indira et al., 2023). Esta gestión implica mayores beneficios al interior y exterior de los agroecosistemas de marañón bajos en carbono.

Las características propias de los suelos de la Orinoquia que se consideran aptos para agroecosistemas de marañón (baja fertilidad natural, bajos

niveles de bases intercambiables, escaso contenido de materia orgánica y alta densidad aparente) obligan a considerar la implementación de estrategias claves en la gestión de estos agroecosistemas, como la labranza óptima y la aplicación de enmiendas y fertilizantes en las dosis y los momentos oportunos, además del establecimiento de cultivos de servicios y la aplicación de abonos orgánicos. Los suelos de agroecosistemas de marañón gestionados bajo este enfoque incrementan su potencial como depósitos de carbono, por lo que juegan un importante rol en la regulación del clima y la mitigación de las emisiones de GEI. Mediante la labranza se busca incorporar enmiendas y corregir las limitaciones físicas del suelo, a fin de mejorar su estructura, la infiltración de agua y la aireación, mientras que la gestión de las enmiendas y fertilizantes y su aplicación en forma precisa y óptima permite mejorar la fertilidad del suelo e incrementar la absorción de nutrientes por parte de las plantas de marañón. Así mimo, el establecimiento de cultivos de servicios, por ejemplo, leguminosas, aportan nitrógeno al suelo, controlan las arvenses y protegen la superficie del suelo de la erosión. Finalmente, la gestión de los residuos —que se consideran abundantes en estos agroecosistemas— y el aporte de abonos orgánicos también favorecen la estructura del suelo, la retención de agua y la actividad biológica.

La combinación de las prácticas descritas contribuirá al incremento de una capa productiva en el suelo, rica en materia orgánica y con una estructura favorable para el desarrollo de la raíz y el crecimiento de las plantas de marañón. Esto se traducirá en la implementación y los beneficios de los agroecosistemas de marañón bajos en carbono. La figura 9 muestra un esquema resumen de las estrategias para el incremento de la calidad de los suelos y las sinergias para la provisión de servicios ecosistémicos que favorecen el desarrollo de agroecosistemas de marañón bajos en carbono.

Diagnóstico del suelo para identificar sistemas de labranza

El éxito de una labranza eficiente depende del conocimiento de las características propias del suelo a intervenir. Un diagnóstico preciso permite identificar las limitantes físicas del terreno y seleccionar el sistema de labranza más adecuado para su solución (Amézquita et al., 2013). Este diagnóstico parte de realizar cajuelas de 40 x 40 x 40 cm de largo, ancho y de profundidad en varios sitios del campo. La selección de los sitios de las cajuelas se hace al azar, a partir de un trazado en diagonal cruzado o en zig-zag. En cada cajuela se observan y registran las propiedades físicas del suelo, incluyendo la profundidad del perfil superficial, los cambios de color, textura y estructura, así como la presencia de capas endurecidas y su espesor, la continuidad del espacio poroso, la

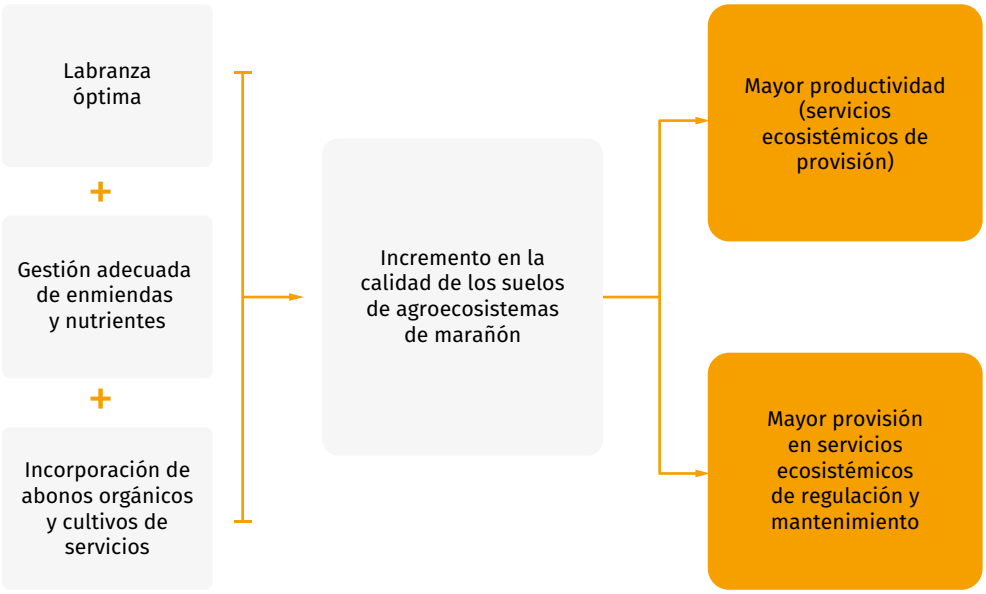


Figura 9.
Estrategias para el incremento de la calidad de los suelos y la provisión de servicios ecosistémicos en agroecosistemas de marañón.
Fuente: Elaboración propia con base en Amézquita et al. (2013)

profundidad con mayor concentración de raíces y los cambios en el contenido de humedad. También se debe realizar una evaluación de la penetrabilidad, con la ayuda de una navaja, cuchillo o penetrómetro (figura 10), para determinar la profundidad a la que se producen los cambios en la dureza del suelo. En su conjunto, estos aspectos determinarán las características del suelo para el desarrollo óptimo de las plantas de marañón y sus prácticas de gestión.

La identificación de las características físicas del suelo, como la presencia de capas endurecidas (adensadas), la textura, la estructura, la porosidad, el deficiente drenaje, la presencia de gravilla petroférrica o ripio o un nivel freático superficial, son la base para la planificación predial en los agroecosistemas de marañón. Zonas con estas condiciones limitan el normal crecimiento de las raíces y afectan el desarrollo de las plantas, por tanto, no se deben considerar para la siembra de plantas de marañón. Así mismo, el impedimento mecánico debido a la compactación y a la presencia de capas endurecidas (adensamiento natural del suelo) es la principal causa de disminución de los rendimientos, debido a los efectos negativos que causan en el crecimiento de las raíces. El impedimento mecánico se corrige mediante la utilización adecuada y oportuna de implementos de labranza para aflojar el suelo, aumentar la porosidad y dismi-



Figura 10.
Uso de penetrómetro para medir resistencia a la penetración en suelo.
Foto: Oscar Gallo

nuir la densidad aparente. No obstante, es necesario tener en cuenta las prácticas de gestión y los momentos oportunos para realizar la labranza.

La labranza se clasifica de acuerdo con sus efectos verticales y horizontales sobre el suelo. Los implementos de labranza vertical (cinceles y subsolado) son los más apropiados, pues generan efectos a mayor profundidad del suelo (entre 30 y 40 cm, aproximadamente), causan poco disturbio en el perfil del suelo, preservan su estructura y, por tanto, la estabilidad de los agregados, beneficios de interés en suelos frágiles como los de la altillanura. Estos implementos hacen parte de la "labranza de conservación", práctica que permite la conservación del material vegetal, los horizontes del suelo, la fertilidad natural y contribuye al almacenamiento de carbono y dinámica de la actividad biológica. Además, permite la incorporación de enmiendas en el suelo y promueve el desarrollo radicular en profundidad (Gallo et al., 2013). Es aconsejable en la práctica iniciar de manera progresiva y superficial la adecuación de los suelos y, posteriormente, profundizar para evitar daños en los suelos y la maquinaria o implementos.

El mantenimiento e incremento de la calidad del suelo es la base del funcionamiento óptimo de los agroecosistemas de marañón bajos en carbono. Por lo anterior, una vez se han logrado las características deseadas, es necesario "fijar" o "mantener" estas condiciones

mediante un buen desarrollo de sistema radical para prolongar las características logradas con la labranza. La gestión del suelo, mediante la siembra de cultivos de servicios, es una alternativa ampliamente usada y estudiada que aporta en el desarrollo radical, la protección del suelo, el incremento de materia orgánica, la nutrición y la retención de agua, entre otros beneficios.

Diagnóstico de la fertilidad del suelo

El marañón se caracteriza por ser una especie rústica, capaz de prosperar en suelos con baja fertilidad natural, como los de la altillanura colombiana. Sin embargo, para alcanzar el máximo potencial productivo en los clones de marañón desarrollados por AGROSAVIA, además de sembrar en los suelos aptos para tal fin, es fundamental implementar un programa de nutrición adecuado. Este debe suplir las necesidades específicas del cultivo (Román, 1992; Oliveira et al., 2013). Por esta razón, el análisis de la fertilidad del suelo es una herramienta imprescindible para conocer la disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento óptimo de las plantas de marañón.

La dinámica de crecimiento de la planta de marañón determina su demanda de nutrientes. En los primeros años, la planta presenta un crecimiento lento, lo que se traduce en una menor necesidad de nutrientes esenciales. Como se evidencia en la figura 11, a partir del año 4 se observa un crecimiento lineal en la acumulación de materia seca, que se extiende hasta el año 12. Este periodo de crecimiento acelerado del árbol es acompañado de un aumento en la absorción de nutrientes mayores y menores. A partir del año 12, la planta entra en una etapa senescente o asíntota, momento en que se alcanzan los valores máximos de acumulación de materia seca (Haag et al., 1975).

Las plantas de marañón se caracterizan por la extracción de nutrientes del suelo en la siguiente forma, nitrógeno (N) en mayor cantidad, seguido de potasio (K) y magnesio (Mg). El fósforo (P) y el calcio (Ca) son extraídos en cantidades similares, mientras que el azufre (S), el manganeso (Mn), el boro (B), el zinc (Zn), el hierro (Fe) y el cobre (Cu) lo requieren en menor cuantía (Haag et al., 1975). Respecto a los requerimientos de los nutrientes, Beena et al. (1995) determinaron que, para producir 1 kg de nuez de marañón, son necesarios 64,1 g de N, 2,05 g de P, 24,7 g de K, 4,19 g de Ca, 1,57 g de S, 525,7 mg de Fe, 63,6 mg de Mn, 87,8 mg de Zn y 26,5 mg de Cu. El conocimiento de estos requerimientos y las características de los suelos determinan las mejores prácticas de gestión con respecto a la nutrición del cultivo de marañón.

El análisis de suelos y su posterior interpretación permite identificar las limitantes nutricionales que restringen el desarrollo de las plantas y, de esta manera, establecer una estrategia precisa de corrección. Los muestreos para

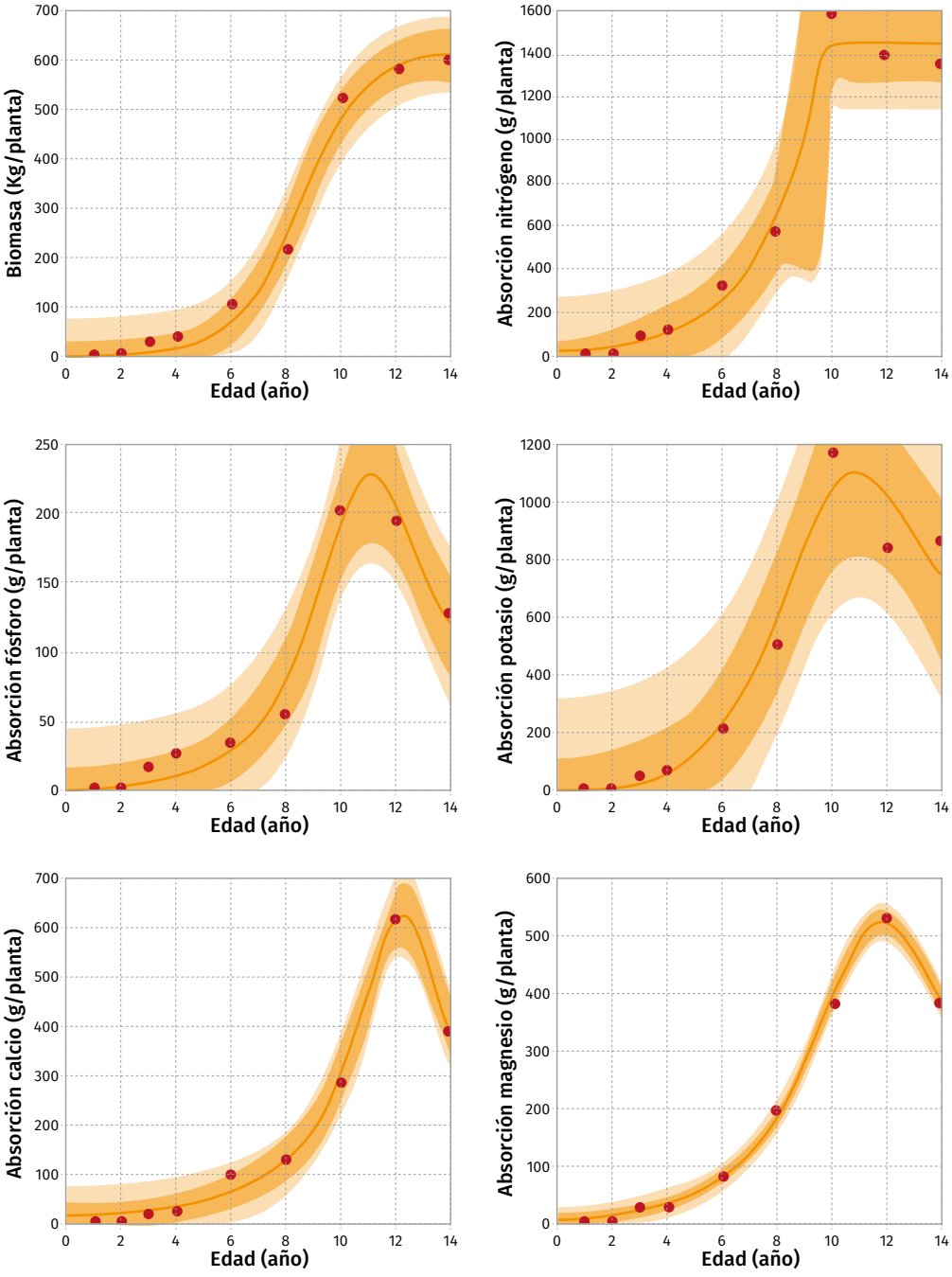


Figura 11.
Acumulación de biomasa total del marañón tipo común (raíces, tallos, ramas, hojas y frutos) y absorción de macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio).
Fuente: Elaboración propia con base en Haag et al. (1975)

el análisis químico se deben realizar entre los 0 y 20 cm de profundidad en suelos con coberturas de sabana nativa. En esta capa se concentra la mayor actividad biológica y absorción de nutrientes por parte de las plantas. Las áreas de muestreo deben ser lo más homogéneas posible en cuanto a textura, pendiente, color y gestión, para que la muestra sea representativa. En sitios donde se hayan realizado quemas recientes, lotes con exceso de estiércol, zonas con residuos de cosecha, abonos, cal o saladeros, así como en áreas cerca de carreteras, construcciones, antiguos canales, canales existentes, cercas o áreas con cambios abruptos de pendiente no se deben tomar muestras de suelo para enviar al laboratorio y hacer su caracterización.

De otra parte, la fertilización edáfica a partir de los requerimientos nutricionales de la planta y los resultados del análisis de suelos, el uso de abonos orgánicos, el reciclaje de nutrientes mediante la entrada de hojarasca, el establecimiento de cultivos de servicios, especialmente de leguminosas, además del uso de biofertilizantes para la incrementar la disponibilidad de nutrientes y la promoción del crecimiento, son prácticas esenciales que contribuyen a mejorar la calidad del suelo, promover la eficiencia en la absorción de nutrientes y optimizar la productividad del agroecosistema. Estas acciones también fomentan la sostenibilidad del agroecosistema de marañón bajo en carbono en la altillanura.

Cultivos de servicios

Los cultivos de servicios, también conocidos como cultivos de cobertura, desempeñan un rol fundamental en la mejora de la calidad del suelo. Estos incorporan materia orgánica, mejoran la capacidad de retención de agua en el suelo y la absorción de nutrientes por parte de las plantas. Además, reducen la fijación de fósforo, aportan nitrógeno al cultivo, incrementan la biodiversidad y el ciclaje de nutrientes (Rupa & Rejani, 2017). La implementación y evaluación de cultivos de servicios en agroecosistemas de marañón es una práctica relativamente nueva y poco escalada. No obstante, los pocos estudios determinan beneficios en estos agroecosistemas. Por ejemplo, Yadukumar et al. (2008) encontraron que los cultivos de cobertura de gliricidia, sesbania y cáñamo, establecidos entre dos hileras de marañón, aportaban una cantidad significativa de nutrientes al suelo. La gliricidia aportó 186 kg de N, 23,6 kg de P_2O_5 y 126,2 kg de K_2O por hectárea, en tanto que la sesbania introdujo 141 kg de N, 17,9 kg de P_2O_5 y 162,3 kg de K_2O por hectárea.

Los cultivos de servicios no solo aportan nutrientes, sino que protegen el suelo de la erosión, aumentan la capacidad de retención de humedad e incrementan la biodiversidad en los agroecosistemas de marañón. Actualmente, en la altillanura del Vichada se adelantan evaluaciones para determinar los beneficios de establecer co-

berturas de *Arachis pintoi, Desmodium ovalifolium* y *Brachiaria decumbens* en los agroecosistemas de marañón. Aunque las evaluaciones continúan, hasta el momento estos materiales vegetales muestran buena adaptación, por lo que es importante socializar los resultados y hacer seguimiento.

Podría parecer, en primera instancia, que la implementación de cultivos de servicios reduce la rentabilidad de la actividad productiva por incrementar los costos; sin embargo, se ha documentado que los costos de no acción para prevenir o corregir la degradación del suelo excede por mucho al costo de hacerlo (Nkonya et al., 2008). Finalmente, las acciones de intensificación ecológica tienen como objetivo mantener o mejorar la producción y los beneficios por unidad de área, mientras se reduce el impacto ambiental por otimizar la eficiencia en el uso de los recursos e incrementar las relaciones funcionales en el agroecosistema.



Establecimiento-trasplante

Foto: Xiomara Pulido

El trasplante del material vegetal en los agroecosistemas de marañón es un proceso crítico, ya que la planta pasa de una condición semicontrolada en vivero a una condición estresante en campo. Por eso, esta actividad debe hacerse en un periodo que no represente estrés adicional. El inicio de la temporada de lluvias es el momento ideal. Esta época favorece el desarrollo y crecimiento de las plantas, gracias a la mayor disponibilidad de agua en el suelo. No obstante, es primordial evitar hacer el trasplante en meses con lluvias torrenciales, ya que podría ocasionar la pérdida del material vegetal por anegamiento. Cuando el trasplante se realiza en otra época del año, se deben implementar estrategias para asegurar la disponibilidad de agua en el suelo.

A continuación, se presentan algunos elementos importantes a considerar durante el establecimiento del material vegetal.

Material de siembra

El uso de plantas de marañón injertadas y la calidad genética del material vegetal (selección de clones registrados por adaptación a las condiciones locales) son factores esenciales para un buen desarrollo. Además, la planificación de su adquisición en el momento adecuado es fundamental en la gestión del material vegetal para el establecimiento del agroecosistema de marañón.

El marañón naturalmente presenta una alta heterogeneidad, razón por la cual se recomienda el uso de plantas injertadas[1] en el establecimiento de cultivos comerciales. Este método de propagación ayuda a controlar la heterogeneidad de las plantas, lo que se traduce en uniformidad en altura, sincronización de la etapa de floración y maduración uniforme de frutos. Por consiguiente, se facilita la cosecha y hay una mejora en la calidad de la nuez y el pedúnculo. Además, el uso de portainjertos es una práctica recurrente en árboles frutales, ya que favorece la adaptación al clima y las características edáficas locales. Estos aspectos influyen directamente en la toma y traslocación de nutrientes, la eficiencia en el uso del agua, la arquitectura de la planta, el vigor de la copa, la tolerancia a enfermedades y la calidad de las almendras (Vahdati et al., 2021; Bielsa et al., 2018).

De otro lado, la selección adecuada de copa-patrón también favorece la eficiencia en el uso de los recursos. Las plantas de marañón excesivamente vigorosas demandarán mayores insumos para su mantenimiento y, según su arquitectura, podrían limitar la captura de energía solar en el dosel (copa). En consecuencia, una acumulación de biomasa adecuada, tanto como indicadores óptimos de productividad, dependerán en gran medida

1 Para ampliar información sobre el proceso de injertación, visite los siguientes enlaces: https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/book/179 y https://www.youtube.com/watch?v=OnuFWt7kP1c

de la selección de la genética del material y su gestión. Por lo anterior, previo al establecimiento del cultivo, se debe asegurar la calidad genética, sanitaria, fisiológica y física de las plantas injertadas. AGROSAVIA desarrolló y registró en el año 2013 tres clones de marañón para la altillanura plana: Mapiria Ao1, Yopare Ao2 y Yucao Ao3. Se sugiere injertar estos clones sobre el patrón 3680, ya que han demostrado una excelente adaptación a las condiciones de la región, con altos niveles de productividad y calidad. Las características de estos materiales se presentan en la tabla 1.

Tabla 1.
Características de los tres clones de marañón: Mapiria, Yopare y Yucao

Variable	Mapiria Ao1	Yopare Ao2	Yucao Ao3
Color del pedúnculo	Amarillo	Amarillo	Salmón
Peso promedio del pedúnculo (g)	104	66	78
Peso promedio de la nuez (g)	11	12	13
Peso promedio de la almendra (g)	3,3	3,3	3,2
Grado de exportación	W180	W180	W180

Fuente: Elaboración propia con base en Arango et al. (2016)

Finalmente, las características del pedúnculo o manzana son un rasgo morfológico útil para la identificación del material vegetal. La forma de las hojas también puede brindar una orientación visual sobre la conformidad del material. En la figura 12 se muestran rasgos característicos de hojas de los clones Yopare, Yucao y Mapiria. En Yopare, la forma de las hojas es oblonga con ápice redondeado; en Yucao, es obovada con ápice indentada; las hojas de Mapiria son obovadas y se caracterizan porque el ápice indentado es más pronunciado, es decir, la muesca del ápice es profunda y le otorga una forma "acorazonada" a la hoja (figura 12). Sin embargo, la herramienta de análisis molecular para caracterización genética es el factor decisivo para una identificación precisa. A fin de evitar problemas relacionados con la calidad genética del material vegetal y garantizar su origen, se recomienda adquirirlo en viveros de comercialización con registro ICA (Instituto Colombiano Agropecuario) que cuenten con jardín clonal registrado. El listado de viveros registrados puede ser consultado en la página web del ICA o en las oficinas locales.



Figura 12.
Hojas de los clones de AGROSAVIA. a. Yopare; b. Yucao; c. Mapiria.
Fotos: Diana Mateus y Maira Villalobos

Distancias de siembra

El cultivo de marañón predominante en la altillanura es de tipo común. Este material se caracteriza por su porte alto, puede alcanzar alturas de 14 metros y diámetros de copa de más de 12 metros cuando no se realiza gestión de podas sobre la planta. Por tanto, las distancias de establecimiento óptimas dependerán de la intensidad de podas que se planifiquen en el agroecosistema. Aunque en la región se encuentra un sinnúmero de combinaciones de distancias de siembra, la distancia óptima para los clones es de 10 m entre plantas y 10 m entre filas (figura 13). Esta separación permite un crecimiento adecuado tanto de las

plantas como de las raíces. Además, facilita las prácticas de gestión, entre ellas la recolección de los frutos.

En los primeros años de las plantas, es fundamental realizar podas de formación para crear una arquitectura óptima en el árbol. Esta práctica de gestión posibilita una buena entrada de luz y aireación al reducir el número de ramas y hojas de sombra, lo cual repercute en la salud general de la planta. A su vez, una estructura equilibrada ayuda a soportar el peso de la producción sin comprometer la estabilidad del árbol.

Es importante recordar que la producción del marañón se concentra en el tercio medio exterior de la planta. Así mismo, que es recomendable mantener alturas de planta que favorezcan la gestión del cultivo, así como su desarrollo. Por tanto, si no se controla el crecimiento, la productividad podría verse afectada puesto que la planta destinará mayor porcentaje de sus nutrientes a conformar y mantener la biomasa "improductiva" de la planta (hojas y ramas), reduciendo sus reservas para el producto de mayor interés.



Figura 13.
Cultivo de marañón.
Fuente: Hugo Gil y Diana Mateus



Consideraciones finales

Foto: Diana Mateus

La planificación predial y productiva es fundamental para el establecimiento de agroecosistemas de marañón bajos en carbono, una acción que incrementa la competitividad del modelo de negocio. En marañón esta etapa es aún más crítica debido a que las decisiones tendrán un efecto por más de dos décadas.

Algunas de las prácticas de gestión presentadas se encuentran actualmente en evaluación en este agroecosistema. Sin embargo, sus beneficios a corto, mediano y largo plazo se han demostrado ampliamente en otras especies.

El desempeño productivo del marañón y su permanencia en el tiempo dependen de la planificación, el diseño y la gestión del agroecosistema. Por tanto, los agroecosistemas de marañón con mejores prácticas de gestión, mayor biodiversidad y provisión de servicios ecosistémicos son menos vulnerables a la variabilidad del clima, la incidencia de plagas y enfermedades y la dinámica de los mercados.

Referencias

Amézquita, E., Rao, I. M., Rivera, M., Corrales, I., Bernal, J. H. (2013). *Sistemas agropastoriles: un enfoque integrado para el manejo sostenible de Oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR); Corpoica.

Arango, L. V., Clímaco, J., Guevara, E. J., & Navas, A. A. (2016). *Corpoica Mapiria Ao1, Corpoica Yopare Ao2, Corpoica Yucao Ao3.: clones de marañón para la altillanura plana de la Orinoquía colombiana*. Corpoica.

Beena, B., Abdul Salam, M., and Wahid, P. A. (1995). Root activity of cashew (*Anacardium occidentale* L.) varieties in relation to phonological phases. *Journal of Plantation Crops*, *23*(1), 35-39.

Bielsa, B., Hewitt, S., Reyes-Chin-Wo, S., Dhingra, A., & Rubio-Cabetas, M. J. (2018). Identification of water use efficiency related genes in 'Garnem'almond-peach rootstock using time-course transcriptome analysis. *PLoS One*, *13*(10), e0205493.

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.

Gallo, O., Bernal, J., Baquero, J., Botero, R., & Gómez, J. (2013). Efecto de tres métodos de incorporación de cal dolomítica en la altillanura plana colombiana. *Suelos Ecuatoriales*, *43*(1), 24-28.

Grundon, N. J. (1999). *Overview of australian cashew literature*. CSIRO Land and Water.

Haag, H. P., Sarruge, J. R., de Oliveira, G. D., Scoton, L. C., & Dechen, A. R. (1975). Nutrição mineral do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.): III - Absorção de nutrientes: nota prévia. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, *32*, 197-204. https://doi.org/10.1590/S0071-12761975000100016

Indira, G., Chandrakanth, A., Anjali, T., & Verma, A. (2023). Sustainable agriculture practices for promoting soil health: a crucial paradigm for environmental resilience. *Vigyan Varta*, *4*(10), 136-139.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2014). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento del Vichada: Escala 1:100.000*.

Kenji, C. A., & Araujo, L. (2016). Clima e solo para o cajueiro. En L. Serrano (Ed.), *Sistema de produção do caju* (2.ª ed.) (pp. 54-60). Embrapa Agroindústria Tropical.

Kopittke, P. M., Menzies, N. W., Wang, P., McKenna, B. A., & Lombi, E. (2019). Soil and the intensification of agriculture for global food security. *Environment International, 132*, 105078.

Legiscomex. (2021). www.legiscomex.com

Nkonya, E., Pender, J., Kaizzi, K. C., Kato, E., Mugarura, S., Ssali, H., & Muwonge, J. (2008). *Linkages between land management, land degradation, and poverty in Sub-Saharan Africa: the case of Uganda, IFPRI research report 159*. International Food Policy Research Institute.

Oliveira, V. H., Kenji, C. A., & Araujo, L. A. (2013). *Nutrição Mineral do Cajueiro* (2.ª ed.). Embrapa Agroindústria Tropical.

Rangel, J. O., Celis, L., Mera, A. (2019). Suelos en el territorio de las selvas transicionales de Cumaribo, Vichada (Colombia): aspectos físicos y químicos con base en revisión bibliográfica. En J. O. Rangel, M. G. Andrade, C. Jarro, & G. Santos (Eds.), *Colombia diversidad biótica XIX: selvas transicionales de Cumaribo (Vichada - Colombia)* (pp. 77-100). Universidad Nacional de Colombia; Parques Nacionales Naturales de Colombia. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81594

Román, C. (1992). *El cultivo de marañón en los Llanos Orientales de Colombia*. ICA; Bancoldex.

Rupa, T. R., & Rejani, R. (2017). Soil and climate. En P. L. Saroj, & K. R Swamy (Eds.), *The cashew* (pp. 107-120). Indian Council of Agricultural Researched.

Tahat, M., M. Alananbeh, K., A. Othman, Y., & I. Leskovar, D. (2020). Soil health and sustainable agriculture. *Sustainability*, *12*(12), 4859.

Vahdati, K., Sarikhani, S., Arab, M. M., Leslie, C. A., Dandekar, A. M., Aleta, N., & Mehlenbacher, S. A. (2021). Advances in rootstock breeding of nut trees: objectives and strategies. *Plants*, *10*(11), 2234.

Yadukumar, N., Rejani, R., & Nandan, S. L. (2008). Studies on green manuring in high density cashew orchards. *Journal of Plantation Crops*, *36*, 265-269.

Zheng, W., Rao, C., Wu, Q., Wang, E., Jiang, X., Xu, Y., ... & Yan, W. (2022). Changes in the soil labile organic carbon fractions following bedrock exposure rate in a karst context. *Forests*, *13*(4), 516.

Autores

Diana Mayerly Mateus Cagua
dmateus@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-7876-5343

Ingeniera agrónoma y magíster en Ciencias Agrarias en la línea de investigación en Fisiología de Cultivos de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Tiene experiencia en la formulación y ejecución de proyectos de investigación en frutales. Sus áreas de trabajo incluyen evaluación de alternativas para la gestión integrada de sistemas productivos, efecto de factores bióticos y abióticos sobre la fisiología de las plantas y ecofisiología de cultivos. Ha publicado artículos científicos en revistas indexadas, así como cartillas y manuales técnicos. Actualmente es investigadora del Centro de Investigación La Libertad de AGROSAVIA.

Carmen Alicia Parrado Moreno
caparrado@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-2013-8491

Ecóloga de la Pontificia Universidad Javeriana, magíster en Gestión y Conservación de Recursos Naturales y doctora en Agroecología de la Universidad Nacional de Colombia. En la actualidad es investigadora PhD en AGROSAVIA, donde se dedica desde 2021 al análisis ambiental y de sostenibilidad en sistemas agrícolas. Su trabajo se enfoca en la generación y aplicación de herramientas e indicadores que permitan determinar las relaciones entre el desempeño ambiental y productivo para la transformación e innovación orientada a la sostenibilidad. Ha publicado artículos científicos en revistas indexadas en temas relacionados con el análisis ambiental e indicadores de sostenibilidad en sistemas agroindustriales.

Hernán Oswaldo Camacho Delgado
hcamachod@agrosavia.co
https://orcid.org/0000-0003-4503-2877

Ingeniero agrónomo egresado de la Universidad de Cundinamarca, actualmente se desempeña como profesional de apoyo a la investigación en la finca experimental Taluma del C. I. La Libertad de AGROSAVIA. Tiene once años de experiencia en investigación en el área de cultivos permanentes (caucho), frutales (marañón, cítricos), transitorios (arroz, maíz, soya, sorgo) y sistemas agrosilvopastoriles en la altillanura plana colombiana.

Héctor Augusto Sandoval Contreras
hsandoval@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-1998-0390

Ingeniero agrónomo de la Universidad del Tolima y magíster en Agronomía en el área de fertilidad de suelos y nutrición de plantas de la Universidad Estadual de Londrina Paraná (Brasil). Su trabajo se enfoca en la investigación, principalmente en el desarrollo de la nutrición de cultivos como arroz, tomate, yuca, fríjol vagem y plátano, así como en manejo agronómico de yuca y plátano. Ha trabajado en la caracterización del sistema productivo y desarrollo rural y cuenta con diferentes publicaciones de investigaciones enunciadas anteriormente. Desde 2016 hace parte de la Red de Frutales de AGROSAVIA.

Oscar Javier Gallo Gordillo
ogallo@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-5748-4876

Ingeniero agrónomo de la Universidad de los Llanos y magíster en Ciencias Agrarias en la línea de investigación en Suelos y Aguas de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Tiene 13 años de experiencia en gestión del recurso suelo, e investigaciones en indicadores de calidad del suelo, manejo de cultivos transitorios, evaluación y modelamiento hidrológico, valoración de servicios ecosistémicos, relación genotipo-ambiente, dinámica del carbono orgánico del suelo en paisajes agrícolas y análisis espacial para la toma de decisiones. Actualmente es profesional de apoyo a la investigación en el C. I. La Libertad de AGROSAVIA.

Sandra Xiomara Pulido Castro
spulido@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-5792-7136

Ingeniera agrónoma y magíster en Sistemas de Producción Agrícola. Posee amplia experiencia en la planificación, diseño e implementación de proyectos de transferencia de tecnología agropecuaria, gestión de conocimiento y de apropiación social del conocimiento; en procesos de capacitación; formulación y ejecución de proyectos de desarrollo tecnológico, organización comunitaria y procesos pedagógicos/educativos. Ha liderado y participado en procesos de coordinación en programas que soportan la asistencia y servicios de extensión agrícola, así como en el fortalecimiento de la relación entre productores, investigadores y proveedores de servicios en extensión agrícola en procura de la innovación agropecuaria. Actualmente es asesora sénior de la Sede Central de AGROSAVIA.

Jaime Humberto Bernal Riobo
jhbernal@agrosavia.co
Orcid: https://orcid.org/0000-0002-8738-1365

Ingeniero agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, magíster en Agronomía con énfasis en Nutrición de Plantas de la Universidad de Nebraska-Lincoln y doctor en Ciencias Agrarias con énfasis en Ecofisiología Vegetal de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Fue presidente de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (2011-2013, 2017-2020), dirige el grupo Agricultura de Conservación para Suelos de Trópico Bajo y es investigador asociado de Minciencias. En la actualidad es investigador PhD de AGROSAVIA, donde se dedica desde 1994 al estudio de la ecofisiología de cultivos y la nutrición de plantas en zonas ecuatoriales. Su trabajo se enfoca en el desarrollo de estrategias para la gestión integral en suelos ácidos, fertilidad y nutrición de plantas, modelamiento de cultivos, agricultura de conservación, servicios ecosistémicos, estrategias de gestión de sistemas de producción sostenible de cultivos para la Orinoquia y en la integración de herramientas en agricultura de precisión para una gestión eficiente de los sistemas de producción con menor impacto ambiental.



Las prácticas de gestión de los agroecosistemas son determinantes en el proceso de transformación de paisajes productivos hacia la sostenibilidad. En cultivos permanentes como el marañón, la planificación predial y productiva es fundamental para lograr este fin. Este proceso requiere una sólida base conceptual que garantice la toma de decisiones informada y eficaz para el establecimiento de cultivos de marañón. La identificación de las restricciones edáficas, climáticas y ambientales del cultivo de marañón, para una correcta selección y establecimiento, contribuirá a alcanzar el potencial productivo y lograr un buen rendimiento de los clones entregados por AGROSAVIA en el año 2013. Este documento presenta aspectos claves, desde el punto de vista conceptual, que deben considerarse en las fases de planeación y establecimiento, como herramienta para tomar decisiones informadas y oportunas. Esto favorecerá la consolidación de su cadena de valor, el escalamiento y consolidación de agroecosistemas de marañón bajos en carbono y nuevas oportunidades de negocios basados en los servicios ecosistémicos.

AGROSAVIA
EDITORIAL