

# IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE **AGROECOLOGÍA**

“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible”  
por el día mundial del Medio Ambiente

Pamplona, Colombia | 5, 6 y 7 de junio de 2025

# **LIBRO DE MEMORIAS**

Leónides Castellanos González y Ana Francisca González Pedraza  
(Coordinadores y compiladores)

ISSN: 2954-890X



Universidad de Pamplona | Facultad de Ciencias Agrarias  
Grupo de Investigaciones en Agroecología y Transformación Agraria Sostenible (GIATAS)

**En alianza con:**

Grupo de Investigación en Ganadería y Agricultura Sostenible (GIAS)  
Programa de Ingeniería Agronómica  
Maestría en Ciencias Agrarias  
Maestría en Extensión y Desarrollo Rural



## IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA

“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible” por el día mundial del Medio Ambiente

05, 06 y 07 de junio de 2025



# IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA

**Impulsando la Transformación Agraria Sostenible por el día mundial del Medio  
Ambiente**

## LIBRO DE MEMORIAS

**ISSN: 2954-890X**

Editores

Leónides Castellanos González

Grupo de Investigaciones en Agroecología y Transformación Agraria Sostenible (GIATAS)

Correo: [leonides.castellanos@unipamplona.edu.co](mailto:leonides.castellanos@unipamplona.edu.co)

Ana Francisca González Pedraza

Grupo de Investigaciones en Agroecología y Transformación Agraria Sostenible (GIATAS)

Correo: [ana.gonzalez2@unipamplona.edu.co](mailto:ana.gonzalez2@unipamplona.edu.co)

Universidad De Pamplona

Facultad de Ciencias Agrarias

Grupo de Investigaciones en Agroecología y Transformación Agraria Sostenible

(GIATAS)

Pamplona, Colombia

05, 06 y 07 de junio de 2025



## IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA

“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible” por el día mundial del Medio Ambiente

05, 06 y 07 de junio de 2025



### CRÉDITOS

#### COMITÉ EJECUTIVO

Ivaldo Torres Chávez - PhD, Rector

Aldo Pardo – PhD, Vicerrector de Investigaciones

José Flórez Gélvez – PhD, Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias

Deisy Katherine Fernández - MSc. Directora del Departamento de Agronomía

#### COMITÉ ORGANIZADOR

Leónides Castellanos González (GIATAS)

Ana Francisca González Pedraza (GIATAS)

Enrique Quevedo García (GIAS)

Jesús A. Mendoza (GICA)

Deisy Katherine Fernández (Directora Ingeniería Agronómica)

John Jairo Bustamante (Director Maestría en Extensión y Desarrollo Rural)

#### COMITÉ CIENTÍFICO

##### **Leónides Castellanos**

Investigador Senior Colciencias Grupo de Investigaciones en Agroecología y Transformación Agraria Sostenible

(GIATAS) Categorizado B en Colciencias

##### **Ana Francisca González Pedraza**

Coordinadora del Semillero de Investigación en Sistema de producción Agropecuaria Sostenibles (SISPAS)

##### **Enrique Quevedo García**

Investigador Asociado Colciencias. Director del grupo en Investigación en Ganadería y Agricultura Sostenible - A (Colciencias).

##### **Humberto Giraldo Vanegas**

Coordinador del Semillero en Sanidad vegetal

##### **John Jairo Bustamante**

Director Maestría en Extensión y Desarrollo Rural)



## IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA

“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible” por el día mundial del Medio Ambiente

05, 06 y 07 de junio de 2025



### EDITORES

Leónides Castellanos González-Docente de la Universidad de Pamplona.

Dirección: Calle 11 #7-30. Bloque 2 Apto 401. Barrio Plazuela. Pamplona, Norte de Santander, Colombia 2022

+573166993265

Correo: [leonides.castellanos@unipamplona.edu.co](mailto:leonides.castellanos@unipamplona.edu.co)

Ana Francisca González Pedraza-Docente de la Universidad de Pamplona

Dirección: Km 1 Vía Bucaramanga Ciudad Universitaria

Pamplona - Norte de Santander

Teléfono: (+57) 3153429495 – 3160244475

Correo: [ana.gonzalez2@unipamplona.edu.co](mailto:ana.gonzalez2@unipamplona.edu.co)

### EDICIÓN

Cuarta Edición

Periodicidad Anual



**IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA**  
“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible” por el día mundial del Medio Ambiente  
05, 06 y 07 de junio de 2025



**COMITÉ EDITORIAL**

**RESPONSABLE ECONÓMICO Y JURÍDICO DE LA OBRA**

ISSN Obra independiente: 2954-890X

Sello editorial: Universidad de Pamplona

Nº de Edición: 4

Ciudad de Edición: Pamplona

Departamento: Norte de Santander

Fecha de aparición: 18 de marzo de 2026

Libro digital descargable Formato: PDF (.pdf)

Tipo de contenido: Texto (legible a simple vista)



## IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA

“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible” por el día mundial del Medio Ambiente

05, 06 y 07 de junio de 2025



### INVESTIGADORES INTERNACIONALES Y NACIONALES INVITADOS PARA LAS CONFERENCIAS MAGISTRALES

- **Dra. Ana Cervera-Mata (España)**

Departamento de Conservación de Suelos y Aguas y Manejo de Residuos Orgánicos, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, CSIC, P.O. Box 164, 30100 Murcia, España. Investigadora postdoctoral en CEBAS-CSIC (España). Especialista en Química Agrícola. Doctora en Nutrición y Ciencias de los Alimentos por la Universidad de Granada (España). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6959-3404>. Correo electrónico: [agcervera@cebas.csic.es](mailto:agcervera@cebas.csic.es).

- **Dra. Carmen Betancourt (Argentina)**

Universidad Nacional de Río Negro UNRN: Viedma, CP 8500, Río Negro, Argentina. Licenciada en Química por la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (Cuba). Doctora en Ciencias Técnicas por la Universidad de Pinar del Río (Cuba) y la Universidad de Alicante (España). Correo electrónico: [crbetancourt@unrn.edu.ar](mailto:crbetancourt@unrn.edu.ar). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7977-9517>.

- **Carlos A. Salas-Macías (Ecuador)**

Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. ORCID: <https://doi.org/10.1002/fes3.115>, Correo: [salas@utm.edu.ec](mailto:salas@utm.edu.ec). Ingeniero Agropecuario, Magíster en Administración y Mercadeo Agropecuario, Magíster en Agroforestería Tropical, Doctor en Ingeniería y Ciencias Ambientales. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1641-1571>. Correo electrónico: [carlos.salas@utm.edu.ec](mailto:carlos.salas@utm.edu.ec)

- **Dr. Ricardo José Orellana (Venezuela)**

Profesor titular Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales (UNELLEZ). Ingeniero Agrónomo (UNELLEZ), Magister en Recursos Naturales (UNELLEZ), Doctor en Ciencias Agrarias (LUZ). ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5660-4342>. Correo electrónico: [rj1961ore@gmail.com](mailto:rj1961ore@gmail.com).



## IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA

“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible” por el día mundial del Medio Ambiente

05, 06 y 07 de junio de 2025



- **Dr. Tomás de Jesús Guzmán Hernández (Costa Rica)**

Ingeniero Agrónomo y Licenciado en Ingeniería en Fitotecnia, con Doctorado en Ciencias Agrícolas y Doctorado académico por la Universidad de Costa Rica. Ejecutivo internacional de la Red Latinoamericana de Ciencias Ambientales y de la Red Universitaria Internacional de Carreras de Ingeniería Agroindustrial (REDUNIA), representando a Costa Rica. Correo electrónico: Correo electrónico: [tjguzman@itcr.ac.cr](mailto:tjguzman@itcr.ac.cr) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2719-8550>.

- **Dr. Yhosvanni Pérez Rodríguez (Cuba)**

Ingeniero Agrónomo de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas (UCLV), Cuba. Diplomado en Agroecología y Agricultura Sostenible en la Universidad Agraria de la Habana. Máster en Agricultura Sostenible (UCF). Doctorado en Ciencias Agrícolas (UCLV). Correo electrónico: [yprodriguez@ucf.edu.cu](mailto:yprodriguez@ucf.edu.cu). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2078-8961>.

- **Dr. Álvaro Acevedo Osorio (Colombia)**

Profesor Asociado de la Universidad Nacional de Colombia. Miembro de la Red Nacional de Agricultura Familiar (líder del eje de investigaciones), del Movimiento Agroecológico Latinoamericano (MAELA) y de la Alianza por la Agrobiodiversidad en Colombia. Integrante de la Junta Directiva del Grupo Semillas. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2132-4891>. Correo electrónico: [aacevedoo@unal.edu.co](mailto:aacevedoo@unal.edu.co)



## IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA

“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible” por el día mundial del Medio Ambiente

05, 06 y 07 de junio de 2025



### Tabla de contenido

Prólogo .....	12
Conferencias magistrales.....	14
Remediación de cadmio mediante la adición de subproductos de cacao y café en suelos colombianos .....	15
Innovación en el control de plagas almacenadas mediante productos botánicos.....	26
Sostenibilidad y sustentabilidad. Epistemología, gnoseología o error de concepto. La reconstrucción de nuevos modelos basados en el respeto ambiental.....	34
Agroecología del suelo como herramienta para la producción sostenible de alimentos.....	42
El plástico, surgimiento, características y principales impactos. Su uso en la agricultura .....	54
Servicios Ecosistémicos y Sistemas Agroforestales: Oportunidad Estratégica para el Sector Agropecuario.....	60
Avances y desafíos de la agroecología en Colombia .....	67
Ponencias orales .....	71
Desarrollo de planes prediales agroecológicos en la agricultura familiar campesina del municipio de Maripí, Boyacá.....	72
Competencias en extensión y liderazgo rural para la transición agroecológica: fortalecimiento desde el currículo .....	73
La agroecología y el Manejo Sostenible de Tierra en la producción agrícola. Estudios de Caso.....	74
Identificación de los factores que han impulsado la agroecología en la Región de Aysén (norpatagonia chilena): estudio de caso Programa de Transición a la Agricultura Sostenible (TAS); analizando consigo el rol que han tenido las mujeres en este proceso .....	75
Caracterización de procesos asociativos de pescadores en el cultivo de peces como estrategia económica y de conservación de recursos hidrobiológicos en el municipio de Arauquita-Arauca.....	76
Percepción de los productores piscícolas sobre el Instrumento de Extensión Zoonosanitario implementado por el ICA en El Tarra, Norte de Santander.....	77
Efecto de la fertilización química y orgánica como fuente de fósforo sobre variables del suelo y crecimiento de la variedad Fedearroz-2000 en San Cayetano, Norte de Santander ..	78
No toda la hierba silvestre es maleza: Caracterización taxonómica del género Besleria en el municipio de El Carmen de Chucurí – Santander.....	79



## IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA

“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible” por el día mundial del Medio Ambiente

05, 06 y 07 de junio de 2025



Influencia de los factores técnicos, sociales e institucionales en la implementación de clones de cacao en el nororiente colombiano.....	80
Efectos de tres arvenses en la germinación y desarrollo de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L. ) ....	81
Diversificación productiva y seguridad alimentaria en unidades agrícolas familiares de Mutiscua, Norte de Santander .....	82
Parámetros hematológicos y bioquímicos en equinos: Influencia de la raza, edad, sexo, procedencia geográfica, actividad física y patologías. Una revisión .....	83
Evaluación de los factores socioeconómicos, técnicos y de mercado que afectan la adopción de variedades de arándano en Chitagá, Mutiscua y Pamplona, Norte de Santander ....	84
Arvenses y su relación con propiedades del suelo .....	85
Evaluación de sustratos para la propagación asexual por acodos de punta en la Mora Uva ( <i>Rubus floribundus</i> Kunth). .....	86
Estrategias para la sostenibilidad de la producción de papa en Norte de Santander.....	87
Caracterización de los parámetros fisicoquímicos del fruto mora uva ( <i>Rubus floribundus</i> Kunth) bajo un solo tipo de tutorado en diferentes subestadios de maduración.....	88
Producción de fresa en Pamplona: uso de las TIC en extensión agropecuaria .....	89
Identificación y seguimiento de los insectos de interés fitopatológico en pastos de pequeños productores de Pamplona Norte de Santander (Colombia).....	90
Evaluación de los factores técnicos, sociales y ambientales para el fortalecimiento de procesos de producción e inocuidad de la panela en trapiches artesanales de Villa Sucre, Norte de Santander.....	91
Eficacia larvicida del aceite de neem sobre <i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E. Smith): análisis por instares larvales bajo condiciones de laboratorio.....	92
Toxicidad del aceite de Neem sobre los instares larvales de <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith): un enfoque de dosis-respuesta bajo condiciones de laboratorio .....	93
Caracterización física de suelos en plantaciones de palma africana ( <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) Tibú, Norte de Santander .....	94
Evaluación de indicadores biológicos de la calidad del suelo en sistemas agrícolas de Pamplona, Norte de Santander.....	95
Evaluación de sustratos para la producción de plántulas de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) en vivero de San Martín – Meta .....	96
Relación entre enfermedades fungosas y propiedades fisicoquímicas del suelo en cultivos de fresa.....	97



## IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA

“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible” por el día mundial del Medio Ambiente

05, 06 y 07 de junio de 2025



Fungorresistencia de una cepa del hongo <i>Colletotrichum</i> sp. aislada en fruto de cultivos de fresa, en el municipio de Pamplona .....	98
Caracterización de los agricultores, las fincas y los sistemas de cultivos de fresa en cuatro veredas de Pamplona.....	99
Clasificación de artrópodos en las estructuras reproductivas del frailejón ( <i>Espeletia</i> Spp.) en el páramo de Fontibón – Norte De Santander.....	100
Caracterización de Buenas Prácticas Agrícolas en pequeños productores del sistema productivo de tomate de árbol en Chitagá, Norte de Santander. ....	101
Aspectos epidemiológicos de las enfermedades más importantes del cultivo de la acelga de dos fechas de siembra en el huerto de la Escuela Normal Superior de Pamplona.....	102
Coberturas vegetales para la recuperación de suelos de uso agropecuario en el Páramo del Almorzadero, Cerrito (Santander). ....	103
Aislamiento de bacteriófagos en plantaciones de durazno en Pamplona, Norte de Santander, Colombia, como potencial controlador de la mancha bacteriana producida por <i>Xanthomonas</i> spp. ....	104
Diagnóstico socioeconómico y Buenas Prácticas Agrícolas en fincas productoras de fresa, papa negra y arveja en Pamplona, Norte de Santander.....	105
Replacación forestal con especies nativas para la recuperación hídrica de la naciente del Río Pamplonita, Pamplona, Colombia.....	106
Potencial de microalgas nativas como bioestimulantes y biofertilizantes sostenibles para la agricultura moderna .....	107
Estudios hematológicos en el caballo criollo colombiano de acuerdo a su andar y estado fisiológico .....	108
Bacterias de los géneros <i>Bacillus</i> y <i>Lactobacillus</i> como solubilizadoras de fósforo y antagonistas de hongos del suelo en fresa.....	109
Integración de los agronegocios periurbanos de Medellín con enfoques agroecológicos para la sostenibilidad regional .....	110
Taller experiencias con niños; jóvenes y agricultores.....	111
Huerta escolar y recursos naturales: una vía para el desarrollo integral en la educación inicial de los niños del Centro Atención Integral Materno Infantil de la Universidad de Pamplona.....	112
El bienestar psicosocial como enfoque para el desarrollo integral en contextos rurales y comunitarios desde la agroecología .....	113
Producción de fresa en Pamplona: uso de las TIC en extensión agropecuaria .....	114



## IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA

“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible” por el día mundial del Medio Ambiente

05, 06 y 07 de junio de 2025



Pequeñas cooperativas agroturísticas hacia la bioeconomía popular y los negocios verdes.

Caso Sendeprocoop, oportunidades y desafíos ..... 115



## IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA

“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible” por el día mundial del Medio Ambiente

05, 06 y 07 de junio de 2025



### Prólogo

La agroecología se ha consolidado como un campo de conocimiento y acción que articula ciencia, práctica y movimiento social en favor de la sostenibilidad agraria. El IV Coloquio Internacional de Agroecología, celebrado en Pamplona los días 5, 6 y 7 de junio de 2025, se inscribe en este horizonte transformador. Bajo el lema “*Impulsando la Transformación Agraria Sostenible*”, el encuentro reunió investigadores, docentes, estudiantes, agricultores y comunidades rurales en torno a un propósito común: fortalecer la transición hacia sistemas productivos que respeten la biodiversidad, la cultura campesina y el equilibrio ambiental. Este libro de memorias recoge las reflexiones, experiencias y resultados de investigación que se compartieron, constituyendo un testimonio vivo del compromiso colectivo con el futuro de la agricultura.

Las conferencias magistrales ofrecieron un panorama amplio y diverso de los retos y oportunidades que enfrenta la agroecología en distintos contextos internacionales. Expertos de España, Argentina, Ecuador, Venezuela, Costa Rica, Cuba y Colombia presentaron avances en temas como la remediación de metales pesados en suelos agrícolas, la innovación en el control de plagas mediante productos botánicos, la epistemología de la sustentabilidad y el papel de la agroecología del suelo en la producción sostenible de alimentos. Estas intervenciones no solo aportaron rigor científico, sino también perspectivas críticas que invitan a repensar los modelos de desarrollo agrario, situando la sostenibilidad como eje central de la investigación y la práctica.

Las ponencias orales y presenciales reflejaron la riqueza de experiencias locales y regionales. Se abordaron estudios de caso sobre planes prediales agroecológicos, procesos asociativos de pescadores, fertilización orgánica y química en cultivos de arroz, caracterización taxonómica de especies nativas, estrategias para la sostenibilidad de la papa, y el uso de TIC en la extensión agropecuaria, entre muchos otros. Cada trabajo constituye un aporte concreto a la construcción de alternativas productivas que integran conocimiento científico, saberes campesinos y prácticas innovadoras. La diversidad temática evidencia la amplitud de la agroecología como disciplina y su capacidad de responder a problemáticas técnicas, sociales y ambientales de manera integral.

El coloquio por primera vez también abrió un espacio especialmente participativo para agricultores, niños y jóvenes, reconociendo que la transformación agraria sostenible requiere de la inclusión activa de las nuevas generaciones y de quienes viven cotidianamente la producción en el campo. De gran connotación fue el Conversatorio del Dr. Álvaro Acevedo Osorio quien se refirió a los avances del Movimiento Agroecológico Colombiano, retos y perspectivas con especial referencia a la política pública sobre agroecología aprobada para Colombia. El taller permitió compartir experiencias de huertas escolares, proyectos comunitarios y actividades pedagógicas que vinculan la agroecología con la educación inicial y la formación ciudadana. Estos ejercicios prácticos fortalecen la conciencia ambiental y el sentido de pertenencia hacia los territorios, sembrando las bases de una cultura agroecológica que trasciende lo académico y se proyecta hacia la vida cotidiana de las comunidades.

Este libro de memorias más que un registro documental es una invitación a continuar el diálogo, la investigación y la acción transformadora. La agroecología, como se evidencia en estas



## IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA

“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible” por el día mundial del Medio Ambiente

05, 06 y 07 de junio de 2025



páginas, no es únicamente una alternativa técnica, sino una propuesta ética y política para construir sociedades más justas, resilientes y en armonía con la naturaleza. El libro recoge todo ese espíritu de rigurosidad de la investigación, la fuerza de las comunidades y la esperanza de las nuevas generaciones. Queremos que cada página sea una invitación a seguir caminando juntos hacia una agricultura que respete la naturaleza, dignifique al campesino y abra horizontes de vida para quienes vendrán.

### **Editores**



## IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA

“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible” por el día mundial del Medio Ambiente

05, 06 y 07 de junio de 2025



# Conferencias magistrales



## IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA

“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible” por el día mundial del Medio Ambiente

05, 06 y 07 de junio de 2025



### Remediación de cadmio mediante la adición de subproductos de cacao y café en suelos colombianos

Ana Cervera-Mata<sup>1</sup>; Lida Yaneth Maldonado Mateus<sup>2</sup>; José Ángel Rufián-Henares<sup>3,4,\*</sup>;  
Gabriel Delgado<sup>5</sup>; Silvia Pastoriza<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Conservación de Suelos y Aguas y Manejo de Residuos Orgánicos, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, CSIC, P.O. Box 164, 30100 Murcia, Spain

<sup>2</sup>Departamento de Alimentos, Universidad de Pamplona, Colombia

<sup>3</sup>Departamento de Nutrición y Bromatología, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos, Centro de Investigación Biomédica, Universidad de Granada. Av. del Hospicio, s/n, 18071, Granada, Spain

<sup>4</sup>Instituto de Investigación Biosanitaria ibs.GRANADA, Universidad de Granada, Granada, Spain

<sup>5</sup>Departamento de Edafología y Química Agrícola, Facultad de Farmacia, Campus de Cartuja, Universidad de Granada, 18071, Granada, Spain.

#### 1. Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo tropical de gran importancia económica, cuyos frutos (mazorcas) contienen semillas que, tras un proceso de fermentación, lavado y secado, se transforman en los granos de cacao utilizados para la producción de chocolate (Powis et al., 2011). En Colombia, la producción de cacao ha experimentado un crecimiento significativo, alcanzando un récord de 69.040 toneladas en 2021, lo que representa un aumento del 8,9 % respecto al año anterior (Fedecacao, 2022). Según la Organización Internacional del Cacao (ICCO), durante el año cacaotero 2019-2020, Colombia ocupó el décimo lugar a nivel mundial y el quinto en Latinoamérica en producción de este cultivo (Fedecacao, 2021).

Sin embargo, la legislación sanitaria, especialmente en la Unión Europea, ha establecido límites estrictos para la presencia de metales pesados en productos derivados del cacao, incluyendo concentraciones máximas de cadmio (Cd) que oscilan entre 0,1 y 0,8 mg kg<sup>-1</sup>, dependiendo del tipo de producto (Comisión Europea, Regulación EU 2021/1323). Esta regulación ha obligado a los productores a mejorar la calidad y seguridad de sus cosechas, reduciendo la acumulación de metales pesados como el Cd (Aikpokpodion, 2012). Diversos estudios han reportado altas concentraciones de metales pesados en suelos, hojas y granos de cacao, lo que representa un obstáculo para la exportación (Arévalo-Gardini et al., 2017; Engbersen et al., 2019; Intriago et al., 2019).

Factores como el pH del suelo, la acidez intercambiable, el porcentaje de arcilla, la materia orgánica y la presencia de óxidos de manganeso (Mn), magnesio (Mg) y hierro (Fe) influyen significativamente en la biodisponibilidad de estos metales (Arvelo et al., 2017; Gil et al., 2022). En Colombia, se ha observado que los niveles de Cd en suelos son altamente variables, con rangos que van desde 0,01 hasta 27 mg kg<sup>-1</sup> (Bravo et al., 2021). Un aspecto crítico en la producción de cacao es la generación de residuos orgánicos. Por cada tonelada de granos secos



## IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA

“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible” por el día mundial del Medio Ambiente

05, 06 y 07 de junio de 2025



producidos, se generan aproximadamente diez toneladas de cáscara húmeda (Campos-Vega et al., 2018), un subproducto que puede convertirse en un problema debido a su alta carga de mucílago, el cual atrae plagas y microorganismos (Castillo et al., 2018; Díaz-Oviedo et al., 2022). Según Lozano (2020), en Colombia se producen anualmente alrededor de 37.711 toneladas de cáscara de cacao, lo que evidencia la magnitud de este residuo y la necesidad de buscar alternativas para su aprovechamiento.

Una estrategia prometedora para la remediación de suelos contaminados con Cd es el uso de enmiendas orgánicas derivadas de la descomposición de residuos agrícolas e industriales (Ramtahal et al., 2019). Estas enmiendas mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, favoreciendo el crecimiento de las plantas (Cervera-Mata et al., 2019). Además, ayudan a regular el pH del suelo, reduciendo la absorción de metales pesados (Argüello et al., 2017; Islam et al., 2020). Entre los materiales estudiados, los posos de café (conocidos como *spent coffee grounds*, SCG) han demostrado ser efectivos como enmiendas, aunque su efecto depende de su forma de aplicación (compostados o frescos) y de la dosis utilizada, ya que pueden presentar cierto grado de fitotoxicidad (Cervera-Mata et al., 2018, 2021). Recientemente, se ha comprobado que los SCG son una fuente directa de sustancias húmicas con alta capacidad antioxidante, lo que contribuye a mejorar la fertilidad del suelo (Bravo et al., 2024).

Otras alternativas incluyen el uso de biochar y cal, los cuales actúan de manera complementaria para reducir la bioacumulación de Cd en suelos cacaoteros (Ramtahal et al., 2019). El biochar, en particular, ha sido ampliamente estudiado por su capacidad para disminuir la biodisponibilidad y lixiviación de metales pesados, gracias a su naturaleza alcalina que incrementa el pH del suelo (Cervera-Mata et al., 2021; Kim et al., 2016).

Teniendo en cuenta estos antecedentes, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes tipos de biochar obtenidos a partir de SCG y cáscara de cacao en la reducción de Cd y la mejora de propiedades edáficas, con especial énfasis en el contenido de carbono orgánico, mediante microcosmos controlados en cámara climática. Este trabajo reviste especial importancia por tres razones: (1) el cacao representa una alternativa económica sostenible frente a cultivos ilícitos como la coca, pero la presencia de Cd en suelos amenaza su viabilidad; (2) los suelos en zonas de ladera son altamente susceptibles a la degradación, y la incorporación de carbono orgánico podría asegurar su sostenibilidad a largo plazo; y (3) se propone el aprovechamiento de residuos agrícolas que actualmente no tienen un manejo adecuado, evitando así problemas fitosanitarios y contribuyendo a la economía circular.

## 2. Materiales y métodos

Las muestras de suelo se recolectaron de la capa arable (0-20 cm) de suelos agrícolas en las regiones de El Zulia y Tibú (Norte de Santander, Colombia) (Figura 1), caracterizadas por un clima cálido húmedo y muy húmedo (IGAC, 2007). Los suelos de Zulia provienen de plantaciones de cacao en zonas montañosas con pendientes pronunciadas (> 20 %), mientras que los de Tibú corresponden a terrazas fluviales (0 %) del río Tibú. Las muestras se secaron al aire y se tamizaron (< 2 mm). Cada muestra compuesta consistió en nueve submuestras (≈1 kg cada una), recolectadas aleatoriamente de tres parcelas por zona.

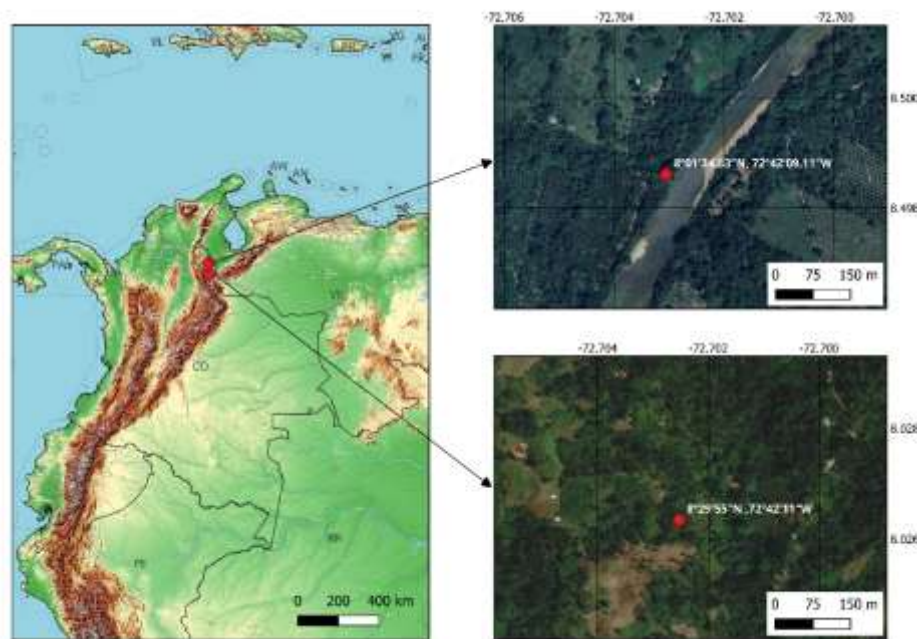
Como residuos orgánico se utilizaron posos de café (SCG) y biochar de SCG (SCGchar), los cuales fueron obtenidos según las metodologías descritas por Cervera-Mata et al. (2018, 2021).

También se empleó biochar de la cáscara de cacao (Cacaochar). Las cáscaras se secaron a 50 °C y posteriormente fueron pirolizadas a 400 °C durante 30 min.

El ensayo se realizó utilizando suelo seco y tamizado (de Zulia y Tibú), con cinco réplicas y dos tiempos de incubación (45 y 90 días), incluyendo un tiempo inicial ( $t = 0$ ) para análisis inicial. Se evaluaron tres enmiendas orgánicas (SCG, SCGchar y Cacaochar) en concentraciones de 5 %, 10 % y 15 % (p/p). Cada muestra, identificada por tipo de suelo, enmienda, dosis y tiempo de incubación, se colocó en frascos de PVC de 50 mL con tapa perforada para humedecer con agua destilada cada tres días. La humedad se mantuvo entre capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente mediante pesaje, añadiendo un promedio de 15 mL por muestra ( $\approx 0,17$  mL/día). Las muestras se incubaron en cámara climática (Equitec, España) a 30 °C (día), 22°C (noche) y 80 % de humedad, totalizando 228 muestras, incluyendo controles sin enmienda. Para análisis de pH, conductividad y Cd, se usaron cinco réplicas por grupo, de las cuales tres se seleccionaron aleatoriamente para medir carbono orgánico.

Para el análisis de suelos se utilizaron métodos estándar (USDA, 2017).

En cuanto al análisis estadístico se realizó un análisis ANOVA y una prueba post-hoc (Test de Tukey) para comparaciones múltiples. Todos los análisis se realizaron con el programa IBM SPSS Statistics v.22.0.0.0.



**Figura 1.** Ubicación del suelo Tibú (arriba) y el suelo Zulia (abajo) en Norte de Santander (Colombia).

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Características de los suelos de cacao analizados



## IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA

“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible” por el día mundial del Medio Ambiente

05, 06 y 07 de junio de 2025



Los suelos estudiados, Zulia y Tibú, presentaron pH entre fuertemente ácido (Tibú, pH = 4,92, con toxicidad potencial por aluminio y manganeso (USDA, 2017)) y ligeramente ácido (Zulia, pH = 5,83), inferiores al rango óptimo para cacao (6,0 a 7,5 (Wood y Lass, 1985; Enríquez, 1985). La acidez se relaciona con las altas precipitaciones en la región del Catatumbo (cerca de 5000 mm/año (IDEAM, 2005).

El carbono orgánico fue mayor en Zulia (1,62 %) que en Tibú (0,9 %), con baja fertilidad en Tibú (C/N = 4,08) frente a Zulia (C/N = 11,13). Los niveles de K fueron superiores al crítico (0,3 mmol kg<sup>-1</sup> (Aikpokpodion, 2012)), destacando la presencia de illita como reserva de K (Navarro y Navarro, 2013). El P disponible en ambos suelos superó el nivel crítico (>10 µg g<sup>-1</sup> (Aikpokpodion, 2012)), siendo alto (>16 µg g<sup>-1</sup> (Enríquez, 1985).

**Table 1.** Propiedades químicas y fisicoquímicas de los suelos ensayados

	Zulia	Tibú
Arena (%)	32,26	54,41
Limo (%)	38,01	24,47
Arcilla (%)	29,73	21,12
W <sub>-33kPa</sub> (%)	29,9	15,11
W <sub>-1500kPa</sub> (%)	15,72	6,64
AU (mm/cm)	1,84	1,2
pH (H <sub>2</sub> O)	5,8	4,9
pH (KCl)	5,1	3,9
EC (dS/m)	0,11	0,07
CO (%)	1,62	0,9
Total N (%)	0,15	0,23
C/N	11	4
K asimilable (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	0,3	1,3
P asimilable (µg g <sup>-1</sup> )	27,44	18,99

W<sub>-33kPa</sub>: retención de agua a -33kPa; W<sub>-1500kPa</sub>: retención de agua a -1500kPa; Au: agua útil.

El Al en Tibú (> 50 mg kg<sup>-1</sup>) coincidió con su bajo pH, mientras que Zulia (< 12 mg kg<sup>-1</sup>) mostró mayor contenido de Ca y Mg, este último críticamente bajo en Tibú (< 8 mmol kg<sup>-1</sup> (Aikpokpodion, 2012; Enríquez, 1985). La textura fue franco arcillosa en Zulia y franco arenosa en Tibú, ambas ideales para cacao (Arvelo et al., 2017; Wood y Lass, 1985). Se identificaron filosilicatos que retienen cationes (Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>) y tremolita no fibrosa (sin riesgo carcinogénico (Thompson et al., 2011).

### 3.2. Ensayo de remediación de cadmio

#### 3.2.1. Efecto de los residuos en pH, conductividad eléctrica y carbono orgánico

La adición de SCG, SCGchar y Cacaochar aumentó el pH, especialmente con Cacaochar al 15 % (Tabla 1). El aumento del pH puede influir fuertemente en el comportamiento del Cd (Idbella et al., 2024). La conductividad eléctrica también incrementó, pero su impacto es limitado por las altas lluvias (5000 mm/año). El carbono orgánico (CO) aumentó proporcionalmente a la



## IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA

“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible” por el día mundial del Medio Ambiente

05, 06 y 07 de junio de 2025



dosis, con mayor efecto en Tibú (control bajo en CO) y destacando SCGchar al 15 % (Cervera-Mata et al., 2019; Yamane et al., 2014).

### 3.2.2. Efecto en los niveles de Cd

Las concentraciones iniciales de Cd fueron  $0,0872 \text{ mg kg}^{-1}$  (Zulia) y  $0,1684 \text{ mg kg}^{-1}$  (Tibú), inferiores a otros reportes ( $0,53 \text{ mg kg}^{-1}$  (Huauya y Huamaní, 2012)). La textura arenosa de Tibú favoreció la infiltración de metales (Bravo et al., 2014), mientras que la arcillosa de Zulia redujo el Cd. SCGchar y Cacaochar disminuyeron el Cd disponible, con mayor eficacia en Zulia ( $0,06 \text{ ppm}$  a  $0,01 \text{ ppm}$  con Cacaochar al 1 % en 90 días). \*"La adsorción de Cd sigue el modelo de Langmuir (Strawn, 2021)"\* y su movilidad se reduce por el aumento de pH y materia orgánica (Saleem et al., 2024). Un incremento de pH (5 a 7) reduce el Cd en 76-93 % (Pauget et al., 2012).

**Table 2.** Evolución del pH durante los 90 días de incubación

		Zulia			Tibú		
		Días de incubación			Días de incubación		
		0	45	90	0	45	90
Control		$6,3 \pm 0,0$	$6,2 \pm 0,1$	$6,1 \pm 0,1$	$5,0 \pm 0,0$	$5,3 \pm 0,0$	$3,7 \pm 0,0$
SCG	5	$6,0 \pm 0,1$	$6,4 \pm 0,1$	$6,2 \pm 0,0$	$4,7 \pm 0,1$	$5,3 \pm 0,0$	$4,8 \pm 0,4$
	10	$6,0 \pm 0,0$	$6,4 \pm 0,0$	$6,3 \pm 0,0$	$4,8 \pm 0,1$	$5,3 \pm 0,0$	$5,0 \pm 0,1$
	15	$6,2 \pm 0,0$	$6,7 \pm 0,2$	$6,5 \pm 0,1$	$5,0 \pm 0,0$	$5,4 \pm 0,0$	$5,0 \pm 0,0$
SCG <sub>char</sub>	5	$6,4 \pm 0,1$	$6,4 \pm 0,1$	$6,2 \pm 0,0$	$5,3 \pm 0,0$	$5,5 \pm 0,0$	$4,5 \pm 0,0$
	10	$6,4 \pm 0,1$	$6,1 \pm 0,3$	$6,3 \pm 0,4$	$5,4 \pm 0,0$	$5,6 \pm 0,1$	$4,6 \pm 0,0$
	15	$6,8 \pm 0,0$	$6,7 \pm 0,2$	$6,5 \pm 0,0$	$5,5 \pm 0,0$	$5,9 \pm 0,0$	$4,7 \pm 0,0$
Cacao <sub>char</sub>	5	$6,7 \pm 0,0$	$6,5 \pm 0,1$	$6,6 \pm 0,0$	$5,7 \pm 0,0$	$5,9 \pm 0,1$	$4,9 \pm 0,0$
	10	$6,8 \pm 0,0$	$6,8 \pm 0,2$	$6,9 \pm 0,0$	$6,2 \pm 0,1$	$6,2 \pm 0,0$	$5,5 \pm 0,0$
	15	$6,9 \pm 0,0$	$7,2 \pm 0,1$	$7,0 \pm 0,0$	$6,5 \pm 0,1$	$6,7 \pm 0,0$	$6,1 \pm 0,3$

Fuente: Autor

**Tabla 3.** Evolución de la conductividad eléctrica (dS/m) durante los 90 días de incubación

		Zulia			Tibú		
		Días de incubación			Días de incubación		
		0	45	90	0	45	90
Control		$112 \pm 2$	$262 \pm 8$	$322 \pm 117$	$70 \pm 5$	$97 \pm 5$	$158 \pm 8$
SCG	5	$159 \pm 5$	$176 \pm 6$	$276 \pm 6$	$104 \pm 7$	$73 \pm 8$	$76 \pm 7$
	10	$183 \pm 9$	$91 \pm 3$	$204 \pm 20$	$127 \pm 7$	$79 \pm 5$	$67 \pm 4$
	15	$206 \pm 3$	$89 \pm 2$	$149 \pm 22$	$154 \pm 12$	$73 \pm 2$	$68 \pm 5$
SCG <sub>char</sub>	5	$141 \pm 10$	$236 \pm 7$	$301 \pm 10$	$79 \pm 3$	$99 \pm 9$	$147 \pm 6$
	10	$154 \pm 10$	$236 \pm 8$	$282 \pm 9$	$98 \pm 4$	$111 \pm 14$	$148 \pm 5$
	15	$136 \pm 6$	$234 \pm 15$	$273 \pm 12$	$87 \pm 2$	$98 \pm 3$	$145 \pm 5$
Cacao <sub>char</sub>	5	$220 \pm 9$	$265 \pm 9$	$303 \pm 13$	$152 \pm 2$	$182 \pm 42$	$204 \pm 6$
	10	$313 \pm 19$	$279 \pm 6$	$332 \pm 19$	$263 \pm 3$	$246 \pm 7$	$245 \pm 9$
	15	$404 \pm 19$	$314 \pm 10$	$355 \pm 14$	$406 \pm 11$	$279 \pm 4$	$300 \pm 10$

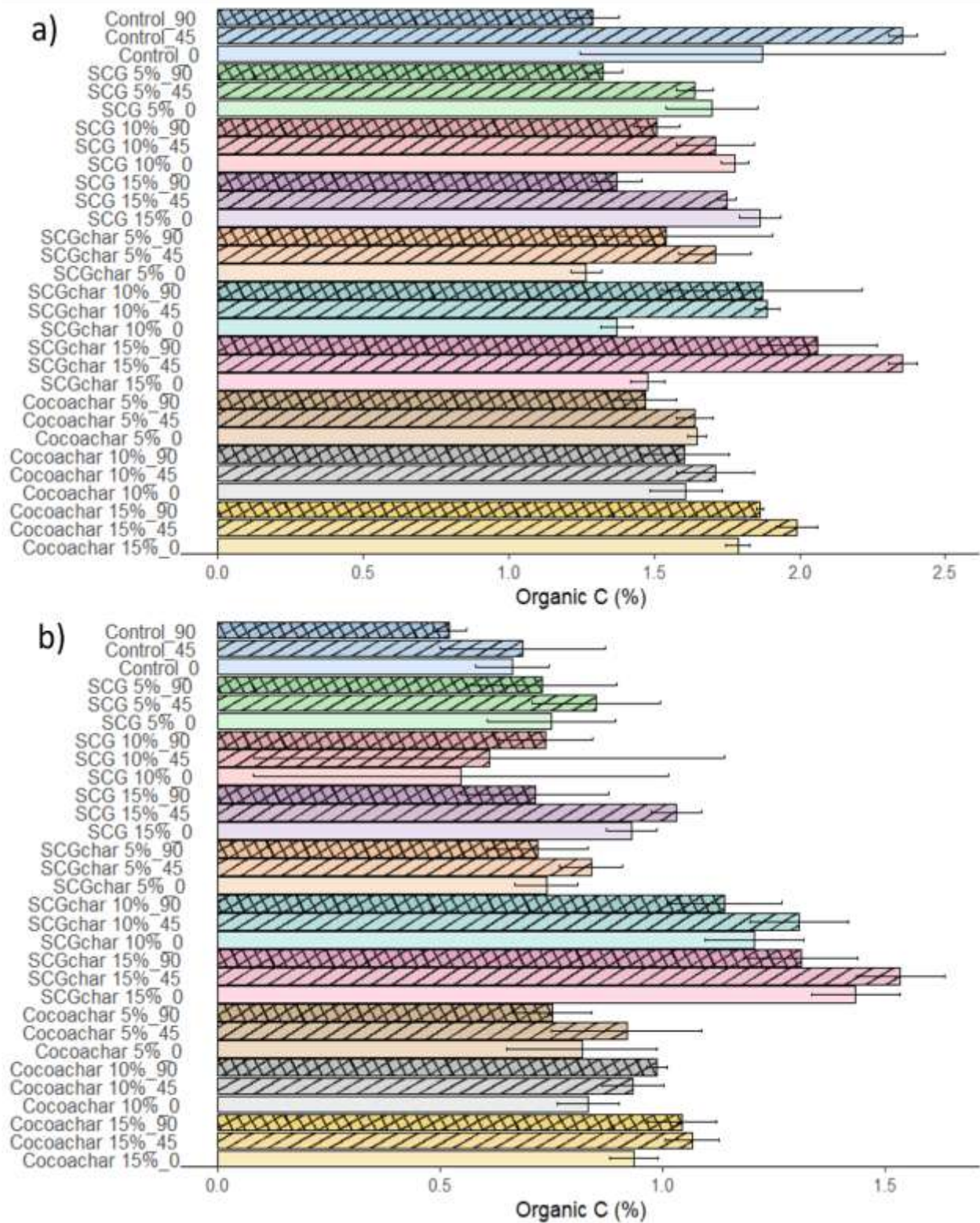
Fuente: Autor



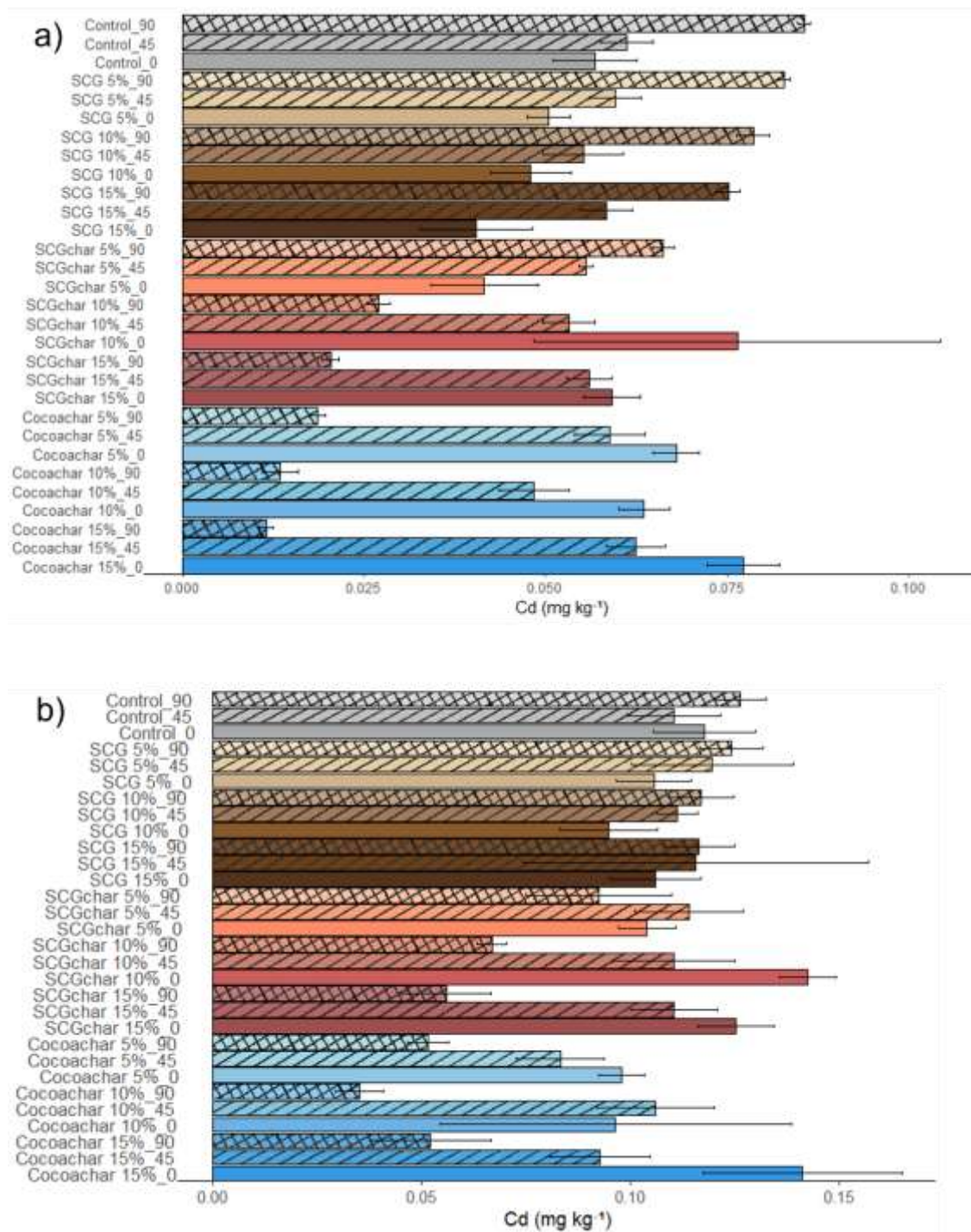
## IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA

“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible” por el día mundial del Medio Ambiente

05, 06 y 07 de junio de 2025



**Figura 2.** Contenido de carbono orgánico en suelo Zulia (a) y suelo Tibú (b). Fuente: Autor



**Figura 3.** Contenido de Cd en suelo Zulía (a) y suelo Tibú (b). Fuente: Autor

#### 4. Conclusiones

Los suelos de las fincas cacaoteras de Zulía y Tibú presentan características texturales adecuadas para el cultivo de cacao, pero su pH ácido favorece la absorción de metales pesados como el cadmio (Cd), cuyos niveles superaron los umbrales fitotóxicos. Estos niveles de Cd se relacionan con el pH bajo, el contenido de carbono orgánico (CO) y las concentraciones de Al,



## IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA

“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible” por el día mundial del Medio Ambiente

05, 06 y 07 de junio de 2025



Fe y Mn. La estrategia de remediación mediante biochar (SCGchar y Cacaochar) aumentó el pH y redujo significativamente la biodisponibilidad de Cd, destacando el Cacaochar por su mayor eficacia. Además, los efectos de los residuos aplicados (SCG, SCGchar y Cacaochar) variaron según el suelo: Zulia mostró mejores resultados en propiedades físicas, químicas y retención de Cd. Este estudio destaca la utilidad de transformar un subproducto contaminante (cáscara de cacao) en biochar para mitigar la acumulación de Cd en suelos agrícolas. Esta solución es práctica, accesible y de bajo costo para los agricultores, quienes a menudo no pueden implementar métodos de remediación más costosos.

### Referencias

- Aikpokpodion, P. E., Lajide, L., & Aiyesanmi, A. F. (2012). Assessment of heavy metals mobility in selected contaminated cocoa soils in Ondo State, Nigeria. *Global Journal of Environmental Research*, 6(1), 30–35. <https://doi.org/10.5829/idosi.gjer.2012.6.1.385>
- Arévalo-Gardini, E., Arévalo-Hernández, C. O., Baligar, V. C., & He, Z. L. (2017). Heavy metal accumulation in leaves and beans of cacao (*Theobroma cacao* L.) in major cacao growing regions in Peru. *Science of the Total Environment*, 605–606, 792–800. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.122>
- Argüello, D., Chavez, E., Lauryssen, F., Vanderschueren, R., Smolders, E., & Montalvo, D. (2019). Soil properties and agronomic factors affecting cadmium concentrations in cacao beans: A nationwide survey in Ecuador. *Science of the Total Environment*, 649, 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.292>
- Arvelo, M. Á., González, D., Maroto, S., Delgado, T., & Montoya, P. (2017). *Manual técnico del cultivo de cacao: Prácticas latinoamericanas*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Bravo, C., Pérez-Gregório, R., Pellegrini, E., Contin, M., Brandão, E., Ramos, R. M., Martin-Neto, L., de Nobili, M., de Freitas, V., & Soares, S. (2024). Unlocking the potential of spent coffee grounds as a source of humic-like substances with high antioxidant capacity. *Waste and Biomass Valorization*, 15(5), 2769–2779. <https://doi.org/10.1007/s12649-023-02344-9>
- Bravo, D., Leon-Moreno, C., Martínez, C. A., Varón-Ramírez, V. M., Araujo-Carrillo, G. A., Vargas, R., Quiroga-Mateus, R., Zamora, A., & Rodríguez, E. A. G. (2021). The first national survey of cadmium in cacao farm soil in Colombia. *Agronomy*, 11(4), Article 761. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040761>
- Bravo, I., Arboleda, C., & Martín, F. (2014). Efecto de la calidad de la materia orgánica asociada con el uso y manejo de suelos en la retención de cadmio en sistemas altoandinos de Colombia. *Acta Agronómica*, 63(2), 164–174. <https://doi.org/10.15446/acag.v63n2.39569>
- Campos-Vega, R., Nieto-Figueroa, K. H., & Oomah, B. D. (2018). Cocoa (*Theobroma cacao* L.) pod husk: Renewable source of bioactive compounds. *Trends in Food Science & Technology*, 81, 172–184. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.022>
- Castillo, E., Alvarez, C., & Contreras, Y. (2018). Caracterización fisicoquímica de la cáscara del fruto de un clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) cosechados en Cauca, estado



## IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA

“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible” por el día mundial del Medio Ambiente

05, 06 y 07 de junio de 2025



- Miranda, Venezuela. *Revista de Investigación*, 42(95): 153-167. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376160247008>
- Cervera-Mata, A., Fernández-Arteaga, A., Navarro-Alarcón, M., Hinojosa, D., Pastoriza, S., Delgado, G., & Rufián-Henares, J. Á. (2021). Spent coffee grounds as a source of smart biochelates to increase Fe and Zn levels in lettuces. *Journal of Cleaner Production*, 328, Article 129548. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129548>
- Cervera-Mata, A., Martín-García, J. M., Delgado, R., Párraga, J., Sánchez-Marañón, M., & Delgado, G. (2019). Short-term effects of spent coffee grounds on the physical properties of two Mediterranean agricultural soils. *International Agrophysics*, 33(2), 205–216. <https://doi.org/10.31545/INTAGR/109412>
- Cervera-Mata, A., Pastoriza, S., Rufián-Henares, J. Á., Párraga, J., Martín-García, J. M., & Delgado, G. (2018). Impact of spent coffee grounds as organic amendment on soil fertility and lettuce growth in two Mediterranean agricultural soils. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(6), 790–804. <https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1387651>
- Engbersen, N., Gramlich, A., Lopez, M., Schwarz, G., Hattendorf, B., Gutierrez, O., & Schulin, R. (2019). Cadmium accumulation and allocation in different cacao cultivars. *Science of the Total Environment*, 678, 660–670. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.001>
- Enríquez, G. A. (1985). *Curso sobre el cultivo del cacao* (Serie Materiales de Enseñanza No. 22). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/1058>
- European Union. (2021). *Commission Regulation (EU) 2021/1323 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of cadmium in certain foodstuffs*. *Official Journal of the European Union*. [https://members.wto.org/crnattachments/2021/SPS/EEC/21\\_5154\\_00\\_e.pdf](https://members.wto.org/crnattachments/2021/SPS/EEC/21_5154_00_e.pdf)
- Federación Nacional de Cacaoteros (Fedecacao). (2021). *En tiempos de pandemia, producción de cacao alcanzó cifra récord*. <https://www.fedecacao.com.co/post/design-a-stunning-blog>
- Federación Nacional de Cacaoteros (Fedecacao). (2022). *La producción cacaotera nacional sigue creciendo: En 2021 logra un nuevo récord histórico*. <https://www.fedecacao.com.co/post/la-producción-cacaotera-nacional-sigue-creciendo-en-2021-logra-un-nuevo-récord-histórico>
- Huamani Yupanqui, H., Ángel Huauya-Rojas, M., Germán Mansilla-Minaya, L., Florida-Rofner, N., & Milton Neira-Trujillo, G. (2012). Presence of heavy metals in organic cacao (*Theobroma cacao* L.) crop. *Acta Agronómica*, 61(4), 339–344.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2005). *Atlas climatológico de Colombia*. <http://www.ideam.gov.co/AtlasWeb/info/Textos/Departamentos/memoNORTESANTANDER.pdf>
- Idbella, M., Baronti, S., Giagnoni, L., Renella, G., Becagli, M., Cardelli, R., Maienza, A., Vaccari, F. P., & Bonanomi, G. (2024). Long-term effects of biochar on soil chemistry,



## IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA

“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible” por el día mundial del Medio Ambiente

05, 06 y 07 de junio de 2025



- biochemistry, and microbiota: Results from a 10-year field vineyard experiment. *Applied Soil Ecology*, 195, Article 105217. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.105217>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2007). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento Norte de Santander*. Imprenta Nacional de Colombia.
- Intriago, F., Solórzano, V., Cuenca-Nevárez, G., Macías Barberán, J., Andrade, J., & Menjivar Flores, J. (2019). Evaluación del contenido de metales pesados en almendras de cacao (*Theobroma cacao* L.) durante el proceso de beneficiado. *Pro Sciences*, 3(26), 17–23. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol3iss26.2019pp17-23>
- Islam, S., Rashid Khan, H., & Sadid Hossain, M. (2020). Effects of different levels of soil moisture and indigenous organic amendments on the yield of boro rice grown under field conditions. *International Journal of Biological Sciences*, 29(1).
- Kim, H. S., Kim, K. R., Yang, J. E., Ok, Y. S., Owens, G., Nehls, T., Wessolek, G., & Kim, K. H. (2016). Effect of biochar on reclaimed tidal land soil properties and maize (*Zea mays* L.) response. *Chemosphere*, 142, 153–159. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.06.041>
- Lozano, M. S. (2020). *Utilización de los subproductos del beneficio del cacao: Una revisión* [Tesis de pregrado, Universidad Jorge Tadeo Lozano]. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/18805/Tesis%20Opcion%20de%20grado%20ingenier%c3%ada%20de%20Alimentos%20Michael%20Lozano.pdf>
- Loveland, P. J., & Whalley, W. R. (1991). Particle size analysis. En K. A. Smith & C. E. Mullis (Eds.), *Soil analysis: Physical methods* (pp. 271–328). Marcel Dekker. <https://doi.org/10.1201/9780203908600.ch7>
- Powis, T. G., Cyphers, A., Gaikwad, N. W., Grivetti, L., & Cheong, K. (2011). Cacao use and the San Lorenzo Olmec. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(21), 8595–8600. <https://doi.org/10.1073/pnas.1100620108>
- Ramtahal, G., Umaharan, P., Hanuman, A., Davis, C., & Ali, L. (2019). The effectiveness of soil amendments, biochar and lime, in mitigating cadmium bioaccumulation in *Theobroma cacao* L. *Science of the Total Environment*, 693, Article 133563. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.369>
- Saleem, A., Ur Rahim, H., Khan, U., Irfan, M., Akbar, W. A., Akbar, Z., & Alatalo, J. M. (2024). Organic material amendments can improve NPK availability and maize growth by reducing heavy metal stress in calcareous soil. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 21(3), 2533–2546. <https://doi.org/10.1007/s13762-023-05135-w>
- Strawn, D. G. (2021). Sorption mechanisms of chemicals in soils. *Soil Systems*, 5(1), Article 13. <https://doi.org/10.3390/soilsystems5010013>
- Sustainable Agriculture Reviews. (n.d.). *Sustainable agriculture reviews*. Springer. <http://www.springer.com/series/8380>



## IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA

“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible” por el día mundial del Medio Ambiente

05, 06 y 07 de junio de 2025



- Thompson, B. D., Gunter, M. E., & Wilson, M. A. (2011). Amphibole asbestos soil contamination in the U.S.A.: A matter of definition. *American Mineralogist*, 96, 690–693. <https://doi.org/10.2138/am.2011.3777>
- U.S. Department of Agriculture, Soil Science Division Staff. (2017). *Soil survey manual* (C. Ditzler, K. Scheffe, & H. C. Monger, Eds.; USDA Handbook 18). Government Publishing Office.
- Wood, G. A. R., & Lass, R. A. (1985). *Cocoa* (4th ed.). Longman Scientific & Technical.
- Yamane, K., Kono, M., Fukunaga, T., Iwai, K., Sekine, R., Watanabe, Y., & Iijima, M. (2014). Field evaluation of coffee grounds application for crop growth enhancement, weed control, and soil improvement. *Plant Production Science*, 17(1), 93–102. <https://doi.org/10.1626/pps.17.93>



## IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA

“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible” por el día mundial del Medio Ambiente

05, 06 y 07 de junio de 2025



### Innovación en el control de plagas almacenadas mediante productos botánicos

Dr.C. Yhosvanni Pérez Rodríguez

Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”. Cuba. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2078-8961>, correo electrónico: [yprodriguez@ucf.edu.cu](mailto:yprodriguez@ucf.edu.cu)

#### Introducción

El interés por encontrar soluciones sostenibles para combatir las plagas de insectos que afectan los granos almacenados ha impulsado el uso de métodos alternativos, entre los cuales destacan los insecticidas botánicos. Estos productos son una opción segura, ya que no representan un riesgo significativo para el medio ambiente ni para la salud humana. En Cuba, el uso de extractos obtenidos de diversas especies botánicas para el control de plagas en cultivos y granos almacenados ha sido una práctica común entre los agricultores (Estrada y López, 2006; Reyes et al., 2022; Zambrano et al., 2024). En el país se han evaluado numerosas especies botánicas con actividad fitoplaguicida para la síntesis de nuevos insecticidas.

Entre las familias de plantas más estudiadas se encuentran Asteraceae, Apiaceae, Fabaceae, Clusiaceae, Meliaceae, Piperaceae, Lamiaceae, Lauraceae, Solanaceae y Myrtaceae, las cuales contienen altas concentraciones de aceites esenciales (Pino et al., 2013). En particular, las Myrtaceae han surgido como una alternativa viable para el control ecológico de plagas, especialmente al combinar materiales vegetales con granos para protegerlos durante el almacenamiento.

Las pérdidas poscosecha en cereales, causadas por la reducción del peso del grano, la disminución del poder germinativo de las semillas y el aumento de la temperatura debido a la densidad poblacional de los insectos, representan un problema global que afecta el valor nutritivo, el sabor y el olor de los granos. Estas pérdidas también han contribuido al incremento en los precios de los alimentos (Suleiman et al., 2015). Entre las plagas más comunes en el orden Coleoptera se encuentran *Rhizopertha dominica* (Fabricius), *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus) y *Sitophilus oryzae* L., esta última especialmente dañina para el maíz almacenado. En los últimos años, las afectaciones causadas por *S. oryzae* han aumentado, reduciendo el poder germinativo y el peso específico del grano, así como su valor comercial. Estudios como los de Valdés et al. (2008) y Ramos et al. (2016) han identificado a *S. oryzae* como una plaga preferente en arroz, sorgo, maíz y trigo almacenado.

Ante esta problemática, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto *in vitro* de los extractos de *Pimenta dioica* (L.) Merr, *Callistemon citrinus* (Curtis) Skeels y *Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L.M. Perry sobre *S. oryzae*.

#### Materiales y métodos

La recolección del material vegetal se realizó durante la etapa de floración, ya que en este estado fenológico se produce la mayor concentración de compuestos químicos secundarios (Tavares,



## IV COLOQUIO INTERNACIONAL DE AGROECOLOGÍA

“Impulsando la Transformación Agraria Sostenible” por el día mundial del Medio Ambiente

05, 06 y 07 de junio de 2025



2002). Se seleccionaron hojas adultas del segundo par de ramas cercanas al tallo, a una altura de 2 m del suelo, considerando los puntos cardinales. La recolección se llevó a cabo entre las 9:00 y las 11:00 de la mañana. Posteriormente, el material vegetal fue colocado en bolsas de nylon y llevado al Laboratorio de Biología de la Facultad de Ciencias Agrarias, donde fue lavado con abundante agua corriente hasta eliminar las impurezas externas visibles y luego enjuagado con agua destilada. Inmediatamente, se realizó el secado del material en una estufa (marca Boxun) a 40 °C, para lo que se tomó el peso de las muestras, cada dos días, hasta mantener el peso constante. Una vez secas las hojas, se procedió al molinaje de las mismas en un molino C&N Junior. Durante ese proceso se obtuvieron partículas menores de 1 mm según lo recomendado por Ramírez (2005). El polvo obtenido en el proceso de pulverizado fue utilizado inmediatamente para la obtención de los extractos a través de tres métodos de extracción (Soxhlet, extracción asistida con Ultrasonido y Maceración). Se utilizaron solventes puros para análisis de diferente polaridad en extracciones sucesivas, n-hexano (Merk, Alemania), acetato de etilo (Merk, Alemania) y metanol (Merk, Alemania), según lo recomendado por Mesa et al. (2015).

Para la obtención de los productos a evaluar a partir de cada planta se utilizaron por separado los procedimientos de maceración, extracción asistida con ultrasonido y con extractor continuo tipo Soxhlet. En todos los procesos de extracción se partió de 50 g de material vegetal. En el trabajo en el Soxhlet se utilizaron 200 mL y 3 horas en reflujo para cada uno de los solventes. En las extracciones asistidas con ultrasonido se emplearon 200 mL y 15 minutos de exposición para cada solvente en un equipo Ultrasonic Cleaner SB 120 DT de 40 KHz de frecuencia. La maceración se realizó en condiciones de completa oscuridad, a temperatura de 25 ± 3 °C, utilizando 200 mL de solvente y un tiempo de 48 horas. Posteriormente se llevaron a sequedad los extractos obtenidos en un rotoevaporador (Marca IKA, Modelos RV 05-ST-1, China) a 30 rpm y 40 °C. Se obtuvieron 27 extractos a partir del procedimiento utilizado (Tabla), finalizado el proceso, se almacenaron a 4 °C hasta su uso.

### *Actividad biológica de los extractos*

Para realizar la evaluación de la actividad biológica de los extractos obtenidos se utilizó un diseño completamente aleatorizado (cada extracto constituyó un tratamiento). Los extractos fueron disueltos en acetona según la metodología propuesta por Follett et al. (2014) con ligeras modificaciones para obtener una concentración de 6000 mg L<sup>-1</sup>, y un tratamiento control (maíz con la aplicación de acetona sin extractos). El experimento estuvo conformado con cinco repeticiones por tratamiento.

**Tabla. 1.** Códigos utilizados para la identificación de los extractos

Método de extracción	Solvente	Especies botánicas		
		<i>P. dioica</i>	<i>C. citrinus</i>	<i>S. malaccense</i>
Soxhlet	n-hexano	PSH	CSH	SSH
	acetato de etilo	PSAE	CSAE	SSAE
	Metanol	PSM	CSM	SSM
Ultrasonido	n-hexano	PUH	CUH	SUH
	acetato de etilo	PUAE	CUAE	SUAE
	Metanol	PUM	CUM	SUM
Maceración	n-hexano	PMH	CMH	SMH
	acetato de etilo	PMAE	CMAE	SMAE
	Metanol	PMM	CMM	SMM

Fuente: Autores

Se aplicó 1 mL de la disolución del extracto de cada tratamiento sobre el papel de filtro (Bringht, China), colocado en la base inferior interna de cada placa de Petri de Ø 12 cm, h = 2 m. Seguidamente se ubicó la tapa de esta y trascurridos cinco minutos, para evitar el efecto de la acetona sobre el insecto siguiendo lo recomendado por Jayakumar et al. (2017) correspondiéndose con el menor tiempo en que se pudiera evaporar compuestos importantes en estos extractos. Posteriormente le fueron agregados 10 g de semillas de maíz (seleccionadas para garantizar que no tuvieran afectaciones por insectos, ni estuvieran tratadas con insecticidas) y se procedió a infestar cada placa, con 10 parejas de insectos con 10 días de adultez para cada tratamiento. Las placas fueron selladas con PARAFILM “M” (Chicago, IL).

Consecutivamente, fueron colocadas en un local a  $25 \pm 2$  °C de temperatura y  $70 \pm 5$  % de humedad relativa. La temperatura y humedad se midieron con un Hidrotermógrafo (marca TROTEC B 205). Se midió la variable, cantidad de insectos muertos en los tratamientos, cada 24 horas después de iniciado el experimento, hasta las 168 horas. El cálculo del porcentaje de mortalidad se realizó por la fórmula de Abbott modificada.

$$M_c = \left( \frac{M_{tr} - M_t}{100 - M_t} \right) * 100$$

**M<sub>c</sub>** - Mortalidad corregida

**M<sub>tr</sub>** - Mortalidad en tratamiento

**M<sub>te</sub>** - Mortalidad en testigo

A los 55 días, se evaluó las variables emergencia del insecto y pérdida de peso en los granos almacenados para semillas de maíz. En la determinación de los porcentajes de emergencia de insectos adultos (F1) de la infestación se consideró la emergencia del tratamiento control como el 100 % de los insectos a emerger. Para ello se utilizó la fórmula siguiente:

$$P_e = \left( \frac{P_{tr}}{P_{te}} \right) * 100$$

**P<sub>e</sub>** - Porcentaje de emergencia

**P<sub>tr</sub>** – Porcentaje de emergencia en el tratamiento

**P<sub>te</sub>** - Porcentaje de emergencia en el testigo

Al estimar el porcentaje de pérdida de peso se utilizó la fórmula propuesta por Adams y Schulten. La estimación fue calculada a los 55 días después de iniciado el ensayo, aunque no fue considerada la pérdida de humedad como acción del tratamiento.

$$P_p = \frac{N_{gd}}{N_g} * 100C$$

**P<sub>p</sub>** - Porcentaje de pérdida de peso **N<sub>gd</sub>** - Número de granos dañados **N<sub>g</sub>** - Número de granos

**C** = 0,125 (valor constante si el maíz es almacenado como grano).

Al determinar el rendimiento en la extracción de los extractos se utilizó la siguiente fórmula:

$$R = \left( \frac{W_e}{W_{mv}} \right) 100$$

**R** - Rendimiento

**We** - Peso (g) obtenido del extracto

**Wmv** - Peso en (g) del material vegetal

Para agrupar los extractos se tuvo en cuenta el porcentaje de mortalidad, emergencia de nuevos adultos y la pérdida de peso a los granos de maíz, provocada por *S. oryzae* a la semilla. Con estos datos se realizó un análisis de conglomerados (Clúster) utilizando la Distancia Euclidiana Cuadrada como medida de similitud, mediante el paquete estadístico IBM SPSS v. 21 para Windows.

### *Efecto repelente*

La determinación del efecto de repelencia de los polvos sobre el gorgojo fue evaluada para cada extracto a la concentración de 6000 mg L<sup>-1</sup> y un tratamiento control (maíz con la aplicación de acetona sin extractos). En el bioensayo se utilizó un diseño formado por cinco cajas plásticas circulares de Ø 11 cm, h=6 cm. Para cada ensayo, se distribuyeron dos cajas simétricamente opuestas por tratamiento del extracto y dos del tratamiento control, conectados a una caja central mediante tubos plásticos de 10 cm de longitud en la que se liberaron 20 adultos de *S. oryzae*. Cada ensayo contó de tres repeticiones en el tiempo por tratamiento. Pasada 24 horas se contabilizó el número de insectos dentro de cada recipiente. Fue determinado el índice de repelencia para cada tratamiento. Se utilizó la ecuación del índice de repelencia (I.R.):

$$\text{I.R.} = \frac{2G}{G+P}$$

**I.R.** - índice de repelencia

**G** - Porcentaje de insectos presentes en el tratamiento con respecto a la placa central

**P** - Porcentaje de insectos presentes en el tratamiento control con respecto a la placa central

(**I.R.**=1) Neutro, (**I.R.**>1) Atrayente, (**I.R.**<1) Repelente

## **Resultados y discusión**

Al utilizar los métodos Soxhlet, extracción asistida por Ultrasonido y Maceración, con los solventes n-hexano, acetato de etilo, metanol, y las especies más efectivas en polvos *P. dioica*, *C. citrinus* y *S. malaccense* evaluadas sobre *S. oryzae* fueron obtenidos 27 extractos.

### *Obtención de los extractos y sus características*

Teniendo en cuenta los resultados precedentes, con las tres plantas seleccionadas *C. Citrinus*, *P. Dioica* y *S. Malaccense* se obtuvieron extractos de polaridad creciente utilizando n-hexano, acetato de etilo y metanol. Para la preparación de cada uno de ellos se utilizaron los procedimientos de extracción continua mediante Soxhlet, Extracción Asistida por Ultrasonido y Maceración a temperatura ambiente por lo que finalmente se tuvieron 27 extractos al combinar las 3 plantas con los 3 solventes y 3 tratamientos cada una (Tabla 2).

Los resultados de la actividad biológica demostraron que los extractos PMH, SUM, SMAE, SSH, PSH y CSH fueron los más activos frente a *S. oryzae*, por lo que se procedió a profundizar en el estudio de estos; en este trabajo presentamos los resultados correspondientes a los tres primeros.

El extracto de *P. Dioica* en n-hexano utilizando Maceración (PMH) se obtuvo con un rendimiento de 1,24 % (masa extracto/masa material vegetal) resultó ser un sólido pastoso de color verde oscuro y olor penetrante. Para los extractos SUM y SMAE de la planta *S.*

*Malaccense*, se utilizó como solvente, en el primero, metanol y mediante el método de Extracción Asistida por Ultrasonido se obtuvo un sólido pastoso de color verde claro y con olor algo agradable, para el segundo, el método utilizado fue la Maceración y como solvente el acetato de etilo obteniéndose un sólido con características similares al anterior, pastoso, de color verde claro y olor algo agradable.

**Tabla 2: Relación de plantas, métodos, solventes y rendimientos**

Planta, método y solvente	Peso(g)	Planta, método y solvente	Peso(g)	Planta, método y solvente	Peso(g)
PMH1	0,62	CMH10	0,55	SMH19	2,16
PMAE2	0,66	CMAE11	1,89	SMAE20	3,69
PMM3	4,39	CMM12	4,03	SMM21	1,56
PSH4	0,28	CSH13	1,04	SSH22	0,4
PSAE5	0,43	CSAE14	4,22	SSAE23	0,14
PSM6	2,14	CSM15	1,11	SSM24	0,89
PUH7	1,09	CUH16	0,99	SUH25	0,67
PUAE8	2,15	CUAE17	3,75	SUAE26	1,05
PUM9	4,01	CUM18	2,67	SUM27	1,14

**Leyenda:**      **P:** Pimenta              **M:** Maceración              **H:** Hexano  
                         **C:** Callistemon              **U:** Ultrasonido              **AE:** Acetato de etilo  
                         **S:** Syzygium              **S:** Soxhlet              **M:** Metanol

Fuente: Autor

**Tabla 3: Rendimientos de los extractos obtenidos**

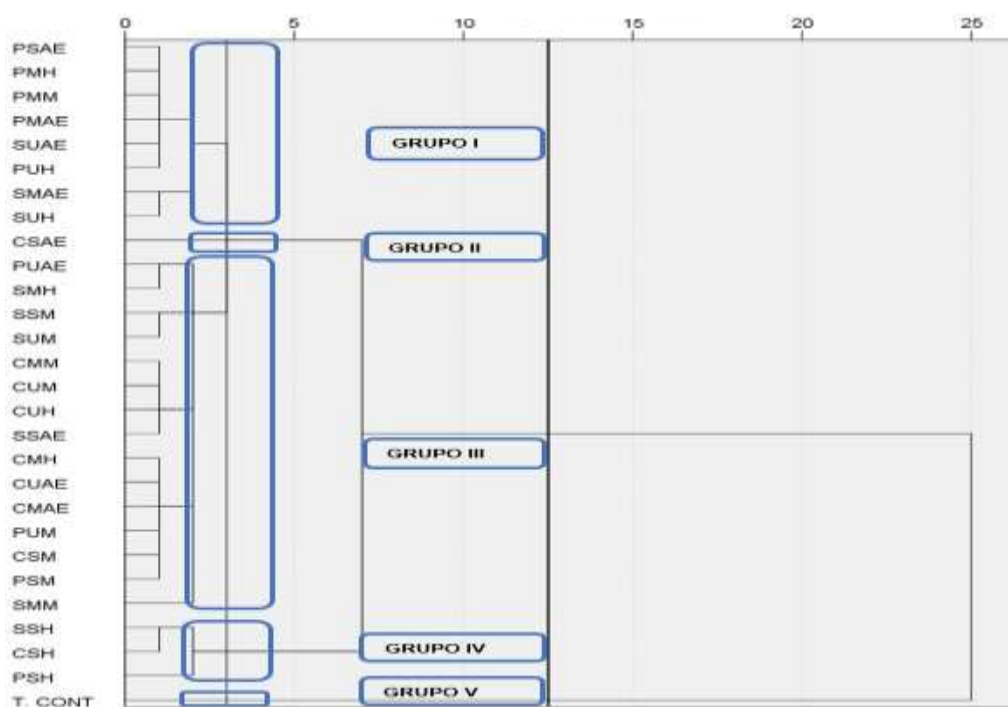
Extractos	Material vegetal (g)	Extractos obtenidos (g)	Rendimientos (M1/M2 %)
PMH	50,00	0,62	1,24
SUM	25,00	1,14	4,56
SMAE	50,00	3,69	7,38

Fuente: Autor

Luego de culminar este primer objetivo podemos decir que se obtuvieron satisfactoriamente los aceites esenciales de las plantas *C. citrinus* y *P. dioica*, dando un rendimiento de 1,01 y 0,99 % respectivamente, estando estos resultados en correspondencia con otros que fueron analizados en algunas publicaciones consultadas. Al obtener los rendimientos de los extractos en estudio, pudimos comparar los resultados con sus similares (Tabla 5). Para PMH, PMAE y PMM se obtuvo un rendimiento de 1,24; 1,32 y 8,78 % respectivamente, considerándose variables a causa de los diferentes solventes, a medida que aumentaba su polaridad el efecto de dicho rendimiento era mayor ya que se mantuvieron comunes la planta y el método utilizado. De la misma manera sucedió con SUH, SUAE y SUM donde se obtuvieron porcentajes de 2,68; 4,20 y 4,56 respectivamente. Siendo totalmente diferente para SMH, SMAE y SMM los cuales alcanzaron resultados de 4,32; 7,38 y 3,12 % respectivamente, no coincidiendo con los valores anteriores, probablemente debido a una variación de la temperatura.

El análisis de clúster permitió obtener cinco grupos. Estos grupos comenzaron la ramificación a distancias muy pequeñas, lo que indica que los mismos son compactos y la diversidad intragrupos es muy baja (Figura 1). El primer grupo, conformado por PMAE, PMM, PSAE, PUH, SMAE, SUH, SUAE, PMH. representa el 28,57 % de los extractos obtenidos y en el mismo estuvieron agrupados los que redujeron las pérdidas en granos almacenados a valores cercanos a 6,5 % y lograron una emergencia de insectos inferior a 37 %. En el segundo grupo se ubicó a CSAE, extracto con efecto similar al grupo anterior en cuanto al porcentaje de granos afectados y la reducción de la emergencia. Mientras que, la mortalidad de *S. oryzae* fue superior. PSM, PUAE, PUM, SMH, SMM, SSM, SUM, SSAE, CSM, CMH, CMAE, CMM, CUH, CUAE, CUM quienes representan el 53,57 % de los extractos, conformaron el tercer grupo. El mismo estuvo marcado por aglomerar extractos, cuya acción sobre los insectos provoca que estos tengan menor reducción en la población que los ubicados en los grupos I y II, mayor afectación a los granos y emergencia de insectos.

Los extractos PSH, SSH, CSH, que representan el 10,71 % de los obtenidos se agruparon en el grupo IV. Estos extractos logran un efecto insecticida más marcado al producir mayor mortalidad en los adultos, menor porcentaje de emergencia y menores pérdidas de peso de los granos. El quinto grupo solo estuvo conformado por el tratamiento control absoluto. Los resultados obtenidos demuestran que los extractos afectan a *S. oryzae*, lo cual se confirma al agruparse los mismos en cuatro grupos, separados del tratamiento control. La mayor mortalidad de *S. oryzae* fue alcanzada con los extractos obtenidos con el solvente n- hexano a través del método de extracción Soxhlet.



**Figura 1.** Dendrograma obtenido al agrupar los extractos según los efectos que ejercieron sobre *S. oryzae*. Fuente: Autores.

Los extractos PSH, SSH y CSH presentan similitud a los obtenidos del material vegetal con n-hexano, solvente de baja polaridad, por lo cual, los metabolitos que componen estos extractos tienen estructuras químicas de baja polaridad. Resultado que coinciden con Pérez et al. (2017) al referir que los valores de rendimientos obtenidos están relacionados con las diferentes polaridades de los extractos, ya que los mismos contienen compuestos afines a las polaridades de los solventes. Otro aspecto que los caracteriza es que los tres fueron obtenidos utilizando la

extracción asistida por Soxhlet, CSH con rendimiento respecto al material vegetal de 4,16 % mayor que cuando se utiliza la Maceración 1,1 % o extracción asistida por Ultrasonido 3,96 %, sin embargo, con PSH 1,12 % y SSH 1,60 % sucede lo contrario, pues estos son los rendimientos más bajos entre los diferentes métodos utilizados.

La extracción de metabolitos mediante este procedimiento tiene como ventajas que aumenta la eficiencia del proceso, consume menor cantidad de solvente y el equipamiento utilizado es sencillo (Heleno et al., 2015). Como desventaja, se realiza a altas temperaturas, esto último implica un mayor gasto energético, pero esto se ve compensado por las ventajas antes mencionadas, todo lo cual hace que este método pueda ser utilizado para obtener los extractos promisorios a mayor escala. Por otra parte, es necesario destacar que en este caso la aplicación de calor no provoca la afectación apreciable de la actividad biológica de estos productos lo cual se constata en el hecho de que los resultados fueron mejores a los extractos obtenidos en los otros procedimientos pese a ser trabajados a temperatura ambiente. Los resultados muestran las potencialidades de estas especies botánicas al reducir las afectaciones provocada por *S. oryzae*. Se puede apreciar que los efectos de los extractos sobre los insectos son similares a los alcanzados por Viglianco *et al.* (2008) cuando refiere que los extractos obtenidos de hojas de *Larrea divaricata* Cav. (Zygophyllaceae) y *Capparis atamisquea* Kuntze (Capparaceae) con el solvente n-hexano, mostraron un elevado efecto antialimentario y un moderado índice de repelencia sobre *S. oryzae*.

No obstante, los extractos obtenidos con el solvente metanol mostraron una reducción en la población del insecto. Los daños causados por estos confirman que los metabolitos secundarios extraídos con solventes más polares también poseen efecto insecticida. Resultados similares relacionados con el uso de metanol han sido referidos por Osaigbokan *et al.* (2017) con extractos de *Cymbopogon citratus* L. sobre *S. oryzae*.

Al evaluar los bioensayos realizados todos los extractos registraron valores de I.R. menores a 1 para todas las concentraciones evaluadas, resultados que muestran como las tres especies botánicas evaluadas, pueden mantener alejados al insecto del grano, evitando infestaciones externas, lo que confiere un efecto preventivo a las mismas. La mayor repelencia sobre *S. oryzae* se alcanzó con *P. dioica* ultrasonido hexano (PUH) 0,32, y *C. citrinus* Soxhlet-hexano (CSH) 0,35.

Los resultados obtenidos coinciden con los criterios de Mazzonetto y Vendramim (2003) que refieren como repelencia alta cuando el índice de repelencia oscila entre 0,26-0,50. La presencia del efecto repelente en estas especies puede estar relacionado con la concentración de terpenos, compuestos abundantes en la familia Myrtaceae. Las especies botánicas evaluadas constituyen alternativas capaces de provocar menor impacto ambiental para el control de insectos plagas de almacén.

## Conclusiones

Los resultados confirman el efecto in vitro sobre *S. oryzae* que poseen los extractos obtenidos de las especies *Pimenta dioica* (L.) Merr, *Callistemon citrinus* (Curtis) Skeels y *Syzygium malaccense* (L.) Merr. & L.M. Perry. Todos los extractos obtenidos mostraron efecto repelente. Los extractos PSH, SSH, CSH presentaron los mayores efectos insecticidas, redujeron las pérdidas en granos almacenados y disminuyeron la emergencia de insectos.

## Bibliografía

- Estrada, J., & López, M. T. (1997). Los bioplaguicidas en la agricultura sostenible cubana. *Agroecología y Desarrollo*, (11), 12.
- Follett, P. A., Keao, R., Myers, L., & Rice, R. (2014). Weevil response to basil oil fumigation. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 17, 119–121.

- Heleno, S. A., Diz, P., Prieto, M. A., & Barreiro, M. F. (2015). Optimization of ultrasound-assisted extraction to obtain mycosterols from *Agaricus bisporus* L. by response surface methodology and comparison with conventional Soxhlet extraction. *Food Chemistry*, *197*, 1054–1063.
- Jayakumar, M., Arivoli, S., Raveen, R., & Tennyson, S. (2017). Repellent activity and fumigant toxicity of a few plant oils against the adult rice weevil *Sitophilus oryzae* Linnaeus 1763 (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, *5*(2), 324–335.
- Mazzonetto, F., & Vendramim, J. D. (2003). Efeito de pós de origem vegetal sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) em feijão armazenado. *Neotropical Entomology*, *32*(1), 145–149.
- Mesa, V. A. M., Zapata, U. S., & Arana, L. M. (2015). Actividad antioxidante de extractos de diferente polaridad de *Ageratum conyzoides* L. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, *14*(1), 1–10.
- Osaigbokan, U., Christopher, M., Chinedu, N. J., & colaboradores. (2017). Toxicity of lemon grass (*Cymbopogon citratus*) powder and methanol extract against rice weevil *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Coastal Life Medicine*, *5*(3), 99–103.
- Pérez, R. B. N., Leal-Granadillo, I. A., Cuauro, L., & colaboradores. (2017). Phenolic compounds and antioxidant activity in extracts of four oregano species. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, *40*(3), 134–142.
- Pino, O., Sánchez, Y., & Rojas, M. M. (2013). Plant secondary metabolites as alternatives in pest management. II: An overview of their potential in Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, *28*(2), 95–108.
- Ramírez, S. (2005). *Plantas con acción repelente e inhibitoria de la reproducción de Zabrotes subfasciatus (Bohemann) (Coleoptera, Bruchidae)* [Trabajo de diploma, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas]. Santa Clara, Cuba.
- Ramos, H. M. J., Rodríguez, T. F. Y., & Palmero, L. M. (2016). La fauna de insectos y ácaros asociados a almacenes de alimentos en la provincia de Sancti Spíritus. *Fitosanidad*, *20*(1), 13–19.
- Suleiman, R., Williams, D., Nissen, A., & colaboradores. (2015). Is flint corn naturally resistant to *Sitophilus zeamais* infestation? *Journal of Stored Products Research*, *60*, 19–24.
- Tavares, M. (2002). *Bioatividade da erva-de-santa-maria, Chenopodium ambrosioides L. (Chenopodiaceae), em relação a Sitophilus zeamais (Coleoptera: Curculionidae)* [Tesis de maestría, Universidade de São Paulo]. Piracicaba, Brasil.
- Valdés, H. R., Pozo, V. E., Guerra, B. Y., & Cárdenas, M. M. (2008). Comportamiento de *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) en granos almacenados. *Centro Agrícola*, *35*(3), 37–41.
- Viglianco, A. I., Novo, R. J., Cragolini, C. I., & Nassetta, M. (2008). Actividad biológica de extractos crudos de *Larrea divaricata* Cav. y *Capparis atamisquea* Kuntze sobre *Sitophilus oryzae* (L.). *Agriscientia*, *23*(2), 83–89.
- Reyes Castro, B., Lorenzo Nicao, M. E., Castellanos González, L., Pérez, Y., & Jiménez Carbonell, R. (2022). Potencial fungicida de cinco extractos vegetales sobre *Lasiodiplodia theobromae*, *Fusarium* spp. y *Curvularia* spp. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *7*(2). <https://doi.org/10.24054/cyta.v7i2.2808>
- Zambrano Vélez, M. I., Vera Zambrano, A. M., & Vera Arteaga, T. A. (2024). Microencapsulación en la industria alimentaria: avances y tendencias actuales. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *9*(2), 51–60. <https://doi.org/10.24054/cyta.v9i2.3108>

# **Sostenibilidad y sustentabilidad. Epistemología, gnoseología o error de concepto. La reconstrucción de nuevos modelos basados en el respeto ambiental**

Dr. Tomás de Jesús Guzmán Hernández

Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa [Rica.tjguzman@itcr.ac.cr](mailto:Rica.tjguzman@itcr.ac.cr).  
<https://orcid.org/0000-0002-2719-8550>

## **Resumen**

El presente artículo tiene como propósito ofrecer una revisión crítica y conceptual del desarrollo sostenible, abordando sus antecedentes históricos, su evolución teórica y las múltiples reinterpretaciones, deformaciones y ajustes que ha experimentado en el debate académico y político contemporáneo. Se analiza su definición y resignificación a la luz de las dinámicas actuales, considerando especialmente su traducción y pertinencia en los contextos latinoamericanos. Asimismo, se examina su vinculación con los sistemas productivos agropecuarios en Colombia, enfatizando la necesidad de una comprensión rigurosa del concepto y de su aplicabilidad práctica. En este sentido, se destaca el papel central que debe ocupar la conservación de los sistemas naturales y ecológicos como base estructural y funcional para el sostenimiento de los procesos productivos, sociales y económicos. Finalmente, se realiza una reflexión analítica sobre las diferencias conceptuales entre sostenibilidad y sustentabilidad, profundizando en su origen, significado y en las imprecisiones frecuentes que han contribuido a la ambigüedad y uso indiscriminado de ambos términos.

Palabras clave: desarrollo sostenible; sostenibilidad; sustentabilidad; concepto, epistemología.

## **Introducción**

Es fundamental realizar un recorrido conceptual, antropológico y epistemológico en torno al desarrollo sostenible, desde la publicación del Informe Brundtland en 1987 hasta la actualidad, partiendo de los antecedentes que precedieron su formulación, analizando su definición, alcances e implicaciones, y precisando los términos equivalentes derivados de sus dimensiones social, económica y ecológica, en estrecha relación con el ambiente y los sistemas productivos. El propósito es facilitar la traducción del concepto de sostenibilidad a la vida cotidiana y a las realidades socioculturales concretas, así como identificar las similitudes y diferencias con nociones locales afines (Hernández-Tilbury, 2006; Vega et al., 2009; Fernández-Herrería, 2018; Gozalbo et al., 2018).

Por otra parte, se examinan los planteamientos formulados por las Naciones Unidas en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), considerando tanto sus antecedentes como su proyección en el escenario internacional. Especial atención se otorga a su traducción efectiva en los contextos latinoamericanos, lo cual exige adaptar estos lineamientos a los hábitos, costumbres, percepciones y marcos culturales propios de cada pueblo, evitando su adopción acrítica o la imposición de enfoques externos desvinculados de las realidades locales.

El concepto será abordado desde diferentes perspectivas, contextual y conceptual, con el propósito de identificar sus alcances, limitaciones, niveles de claridad y posibilidades reales de aplicación, particularmente en espacios rurales. La construcción y comprensión rigurosa del marco conceptual de la sostenibilidad, junto con el reconocimiento de sus términos equivalentes, su aplicación práctica y su institucionalización, pueden constituir una base sólida para el diseño de sistemas más resilientes y orientados al mejoramiento de la calidad de vida. Esto será posible en la medida en que las comunidades se apropien críticamente de estos conceptos y los integren en sus dinámicas territoriales y productivas (Chacón, 2009; Antúnez et al., 2017; Nava, 2023).

Existen múltiples enfoques en torno al concepto de sostenibilidad, lo que ha dado lugar a interpretaciones diversas según los contextos disciplinares y territoriales. En este marco, resulta necesario analizar las diferencias sustanciales entre sostenibilidad y sustentabilidad, profundizando en su origen etimológico, su evolución conceptual y los matices que han adquirido en su uso tanto en el ámbito nacional como internacional. Este examen permite esclarecer imprecisiones frecuentes y comprender cómo cada término ha sido apropiado en distintos escenarios académicos, políticos y productivos (Cambers et al., 2008; Aguilera y Terreros, 2014; Pérez-Ortega, 2018).

Uno de los antecedentes más relevantes en la gestación del concepto de desarrollo sostenible puede encontrarse en la obra del economista germano-británico **Ernst Friedrich Schumacher** (1911–1977), académico, investigador y pensador crítico de la economía convencional. Schumacher concibió la economía como una ciencia orientada al bienestar humano, en la que la dimensión ética y la escala adecuada de los procesos productivos ocupan un lugar central. En su obra **Small Is Beautiful** (1973), planteó la necesidad de una economía a escala humana, promovió el uso de tecnologías intermedias y defendió una conciencia ambiental basada en la armonía entre las personas y su entorno. Aunque el término “desarrollo sostenible” aún no se encontraba formalmente definido, sus planteamientos constituyeron un antecedente intelectual fundamental al cuestionar el crecimiento ilimitado y proponer modelos productivos compatibles con los límites ecológicos.

A partir de la década de 1970, la comunidad científica comenzó a advertir que muchas acciones orientadas a la conservación y protección de los ecosistemas generaban impactos positivos limitados frente a la magnitud del deterioro ambiental. En este contexto, diversos especialistas alertaron sobre la acelerada pérdida de biodiversidad y desarrollaron marcos teóricos para explicar la vulnerabilidad de los sistemas naturales, así como su capacidad diferenciada de resiliencia y regeneración en el tiempo y el espacio (Boullón, 2006, p. 20). Estas reflexiones sentaron bases conceptuales que posteriormente confluían en la formulación estructurada del desarrollo sostenible como paradigma global.

Algunos de los principales hitos internacionales que han contribuido a la consolidación del paradigma del desarrollo sostenible incluyen los siguientes:

- **United Nations Conference on the Human Environment**, celebrada en Estocolmo, Suecia, en 1972. Este encuentro marcó un punto de inflexión al situar la problemática ambiental en la agenda política global. Uno de sus resultados más significativos fue la creación del **United Nations Environment Programme** (PNUMA), organismo encargado de coordinar las acciones ambientales dentro del sistema de Naciones Unidas.
- En 1987, la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo publicó el informe **Our Common Future** (“Nuestro futuro común”), documento que formalizó la definición clásica de desarrollo sostenible y consolidó el concepto en el ámbito internacional.

- La **United Nations Conference on Environment and Development**, realizada en Río de Janeiro en 1992, profundizó los compromisos globales mediante instrumentos como la Agenda 21. Posteriormente, en 2012, la conferencia **Rio+20** retomó la evaluación de avances y propuso iniciar el proceso para la formulación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), tomando como referencia los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM).
- La **World Summit on Sustainable Development**, celebrada en Johannesburgo, Sudáfrica, en 2002, reforzó la dimensión social del desarrollo sostenible y enfatizó la erradicación de la pobreza como eje articulador.
- Finalmente, diversas cumbres y sesiones especiales de la Asamblea General de las Naciones Unidas en Nueva York (1997, 2000, 2005, 2010, 2012, 2013 y 2015) culminaron con la adopción de la Agenda 2030, titulada **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**, que establece 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible y 169 metas orientadas a transformar los modelos de desarrollo a escala global.

Estos eventos evidencian la evolución progresiva del concepto desde una preocupación ambiental inicial hacia un enfoque integral que articula dimensiones ecológicas, sociales y económicas en un marco de gobernanza global.

La formulación clásica del concepto de desarrollo sostenible fue liderada por la entonces primera ministra de Noruega, **Gro Harlem Brundtland**, en el marco del informe presentado en 1987 por la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, titulado **Our Common Future**. Este documento, ampliamente conocido como el Informe Brundtland, consolidó una definición que se convertiría en referencia obligada en el debate internacional.

En él, el desarrollo sostenible se define como “la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”, estableciendo así un principio de responsabilidad intergeneracional. Esta formulación plantea la necesidad de armonizar tres dimensiones fundamentales —crecimiento económico, protección ambiental y bienestar social— bajo un enfoque integrador que reconozca los límites ecológicos del planeta y la equidad como condición esencial para la sostenibilidad.

En 2015, la Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó formalmente los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y sus 169 metas como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Estos objetivos constituyen un marco de acción global orientado a erradicar la pobreza, proteger el planeta y mejorar la calidad de vida de las personas en todas las regiones del mundo. Concebidos como objetivos universales, integran dimensiones económicas, sociales y ambientales bajo el principio de que el desarrollo debe garantizar, para el año 2030, condiciones de paz, prosperidad y equidad.

Sin embargo, pese a su amplia aceptación internacional, el concepto de desarrollo sostenible y la operacionalización de sus metas han sido interpretados desde múltiples enfoques, generando debates en torno a sus dimensiones, alcances y formas de aplicación. Sin profundizar en todas estas discusiones, resulta pertinente centrar el análisis en la distinción entre “sostenibilidad” y “sustentabilidad”, términos que, desde la consolidación conceptual de 1987, han sido utilizados en ocasiones de manera indistinta, dando lugar a ambigüedades, imprecisiones y expectativas divergentes tanto en el ámbito académico como en el político y productivo.

*Sostenibilidad y Sustentabilidad*

Las imprecisiones en torno a estos términos pueden advertirse, por ejemplo, en definiciones de divulgación general como las ofrecidas por **Wikipedia**, donde “desarrollo sostenible” y “desarrollo sustentable” se presentan como expresiones equivalentes. Allí se describe el concepto como una alternativa al modelo de desarrollo convencional, orientada a conciliar bienestar económico, recursos naturales y sociedad, con el propósito de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras. Si bien esta formulación coincide con la definición clásica del Informe Brundtland, la equiparación automática de ambos términos plantea la pregunta de si se trata realmente de sinónimos absolutos o de conceptos con matices diferenciados.

De acuerdo con el **Real Academia Española**, en su Diccionario de la lengua española (DLE), la sostenibilidad se define, especialmente en los ámbitos de la ecología y la economía, como la cualidad de aquello que puede mantenerse durante largo tiempo sin agotar los recursos ni causar grave daño al medio ambiente. En este marco, “sostenible” aparece como adjetivo y “sostenibilidad” como su cualidad, mientras que “sustentable” se reconoce como término equivalente en ciertos contextos. Sin embargo, aunque desde el punto de vista lexicográfico puedan considerarse sinónimos, en el debate académico y en las políticas públicas latinoamericanas ambos vocablos han adquirido matices distintos, asociados a tradiciones teóricas, enfoques territoriales y posicionamientos ideológicos específicos, lo que justifica un análisis más detenido de su uso y significado.

Desde la tradición europea y en coherencia con la traducción literal del término inglés *sustainable*, el vocablo empleado ha sido “sostenible” y no “sustentable”. En sentido estricto, la equivalencia lingüística más precisa de *sustainable* en castellano es “sostenible”, lo que ha llevado a algunos autores a considerar que la adopción extendida de “sustentable” en ciertos países latinoamericanos constituye una adaptación semántica discutible más que una traducción fiel. Con el tiempo, este uso se consolidó como un tecnicismo en ámbitos académicos y políticos de países como Chile y México, generando una dualidad terminológica que aún persiste.

A partir de esta diferencia, puede identificarse una primera fuente de ambigüedad conceptual: la generalización indistinta de ambos términos. Aunque algunos diccionarios del español los registran como sinónimos, esta equiparación ha favorecido interpretaciones diversas y, en ocasiones, ajustes terminológicos poco rigurosos. En efecto, el marco oficial adoptado por las Naciones Unidas se refiere explícitamente a “Objetivos de Desarrollo Sostenible” y no a “Objetivos de Desarrollo Sustentable”, lo que evidencia una preferencia terminológica en el ámbito internacional.

Desde el punto de vista lexicográfico, “sustentable” también remite a aquello que puede ser defendido o sustentado con razones, además de incluir, en ciertos repertorios, la acepción relacionada con la posibilidad de mantenerse sin agotar recursos. Esta doble carga semántica amplía su campo de interpretación y contribuye a la confusión conceptual. En varios países de América Latina, el uso de “sustentable” se ha adoptado como equivalente práctico de “sostenible”; sin embargo, esta equivalencia no siempre responde a criterios estrictamente lingüísticos, sino a procesos históricos, políticos y culturales que han influido en la apropiación del término.

En América del Norte se ha extendido el uso del término “desarrollo sustentable”, en parte como consecuencia de la influencia directa del vocablo inglés *sustainable* y de su adaptación al español. No obstante, desde una perspectiva lingüística estricta, dicha equivalencia no siempre responde con precisión al sentido etimológico del término original. Esta dualidad terminológica ha contribuido a la ambigüedad conceptual y ha favorecido interpretaciones diversas, ajustes

semánticos y, en algunos casos, un uso impreciso que debilita la claridad del concepto en los debates académicos y políticos.

Desde el punto de vista definitorio, ambos términos suelen emplearse para aludir a la preservación, conservación y protección de los recursos naturales del planeta; sin embargo, equipararlos sin matices puede resultar problemático si no se considera su fundamento etimológico y su evolución histórica. El *Diccionario de la lengua española* (2001) registra el término “sostenibilidad” como la cualidad de “sostenible”, especialmente en los ámbitos ecológico y económico, mientras que “sustentabilidad” no aparece de manera sistemática en los diccionarios etimológicos tradicionales, aunque en algunos repertorios modernos se admite como sinónimo.

En el marco conceptual consolidado a partir del informe *Nuestro futuro común*, la sostenibilidad se refiere a la capacidad de las generaciones presentes para satisfacer sus necesidades sin comprometer los recursos que permitirán la vida y el bienestar de las generaciones futuras. En este sentido, un desarrollo sostenible implica mantener el equilibrio entre las necesidades humanas y la conservación de los ecosistemas. Si bien el uso de “sustentabilidad” se ha difundido en determinados contextos académicos y regionales, desde una perspectiva normativa y lingüística se recomienda emplear “sostenibilidad” o “sostenible” como términos preferentes para designar el concepto en su acepción general.

### **Tipos de sistemas agrícolas relacionados con el concepto de sostenibilidad en Colombia**

Diversos autores han analizado los sistemas agrícolas colombianos desde la perspectiva de la sostenibilidad, destacando experiencias que integran dimensiones productivas, ecológicas y sociales (Mejía, 1995; Chilon, 2018; León-Sicard et al., 2015). En Colombia coexisten múltiples sistemas productivos agropecuarios que, desde hace décadas, incorporan prácticas asociadas a indicadores de sostenibilidad, tales como la diversificación de cultivos, el manejo racional del suelo y del agua, la integración pecuaria-agrícola y la organización comunitaria. Estos sistemas no solo generan réditos económicos, sino que también sostienen formas de vida, garantizan seguridad alimentaria y fortalecen el empleo rural en comunidades, asociaciones y pequeños productores.

En el caso de las agriculturas de alta montaña, se han desarrollado iniciativas orientadas a la reconversión productiva hacia esquemas más sostenibles, promoviendo la transición gradual de modelos convencionales hacia enfoques agroecológicos o de manejo integrado (Rojas et al., 2024). En este trabajo, desarrollado por la **AGROSAVIA**, se adopta explícitamente el término “sostenibilidad” y no “sustentabilidad”, lo cual resulta coherente con la terminología empleada en los marcos internacionales y en la literatura científica especializada.

Asimismo, estos procesos buscan preservar la identidad productiva y cultural de los sistemas agrícolas locales, incorporando progresivamente los principios de la sostenibilidad de manera contextualizada. La estrategia no se basa en imponer modelos externos, sino en integrar el concepto de forma paulatina y orgánica, respetando las dinámicas territoriales, los saberes tradicionales y las condiciones socioambientales propias de cada región.

Para concluir, el concepto de desarrollo sostenible debe ser analizado, reinterpretado y reconstruido a partir de las costumbres, hábitos, tradiciones y saberes propios de cada pueblo, considerando sus entornos biofísicos y la aplicabilidad real del enfoque a sus condiciones locales y climáticas. La sostenibilidad no puede entenderse como una categoría abstracta o meramente discursiva; requiere contextualización territorial y coherencia entre los principios globales y las dinámicas socioculturales específicas.

Tabla 1. Sistemas agrícolas relacionados con el concepto de sostenibilidad usados en Colombia

Sistema agrícola	Definición	Autor(es) de referencia
Agricultura orgánica (método Howard)	Propone el uso sistemático de materia orgánica compostada como base de la fertilidad del suelo y la nutrición vegetal, priorizando la salud del suelo como fundamento de la productividad agrícola.	Howard (1940)
Agricultura asociativa	Plantea arreglos productivos en múltiples estratos, basados en la ley de asociación de organismos que favorecen la biodiversidad y en la restitución de los recursos agotados por la actividad productiva.	Cocannouer (1950)
Agricultura biodinámica antroposófica	Concibe la planta como un organismo vivo que se desarrolla en interacción con fuerzas telúricas y cósmicas, integrando prácticas agrícolas con fundamentos espirituales y ecológicos.	Steiner (1924)
Agricultura mesiánica	De origen oriental, incorpora un enfoque espiritual que articula la trilogía verdad, bondad y belleza como principios orientadores de la producción agrícola en armonía con la naturaleza.	Okada (citado por Mejía, 1995)
Agricultura microbiológica	Enfatiza el uso intensivo de microorganismos benéficos y concibe el suelo como un sistema vivo cuya fertilidad depende de su actividad biológica.	Higa (citado por Mejía, 1995)
Agricultura biológica	Fundamentada en principios como la labranza mínima y la mejora de la sanidad y fertilidad del suelo mediante abonos orgánicos, rotaciones y asociaciones de cultivos.	Aubert (1970)
Agricultura natural	Basada en la filosofía de trabajar conforme a las leyes de la naturaleza, evitando la intervención intensiva y priorizando el equilibrio ecológico.	Roger (1958); Fukuoka (1995)
Agricultura natural de no intervención	Propone la no labranza, la ausencia de deshierbe, el no uso de fertilizantes de síntesis química ni pesticidas, favoreciendo la autorregulación del agroecosistema.	Fukuoka (1995)

Fuente: Autor

El desarrollo sostenible debe trascender la discusión terminológica, más allá de la dicotomía entre sostenible y sustentable, para convertirse en una visión orientada a la acción. Ello implica la participación de los gobiernos locales y nacionales, de los responsables políticos, de la academia,

de los docentes, científicos e investigadores, pero, de manera fundamental, de las comunidades. Son estas quienes, a partir de una apropiación consciente del territorio y del conocimiento profundo de sus recursos y limitaciones, pueden generar estrategias viables para alcanzar los objetivos de la sostenibilidad y sus metas. Este proceso debe promover patrones de producción y consumo más responsables, que equilibren la utilización de bienes y servicios ambientales con su conservación, garantizando así mejores condiciones de vida y oportunidades equitativas.

En este contexto, la educación desempeña un papel estructural. No se trata únicamente de transmitir información, sino de propiciar transformaciones en los patrones de conducta y en los modelos de pensamiento que sostienen las prácticas sociales y económicas. Una educación orientada a la sostenibilidad debe contribuir a cambios estructurales que permitan avanzar hacia un desarrollo humano integral, fortaleciendo la responsabilidad en la toma de decisiones en un mundo interconectado, y articulando coherentemente las escalas de acción desde lo local hacia lo global.

## Bibliografía

- Aguilera M., A., & Terreros, M. I. (2014). Education and social movements: The sustainability of proposals. *Folios*, (39), 1–14. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S01238702014000100009&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S01238702014000100009&script=sci_arttext)
- Antúñez, M., Gomera, A., & Villamandos, F. (2017). Sustainability and curriculum: Problems and possible solutions in the Spanish university context. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 21(4). <https://www.redalyc.org/pdf/567/56754639011.pdf>
- Cambers, G., Chapman, G., Diamond, P., Down, L., Griffith, A. D., & Wiltshire, W. (2008). *Educación para el desarrollo sostenible: Aportes didácticos para docentes del Caribe*. OREALC/UNESCO. <https://bvearmb.do/handle/123456789/839>
- Chacón, R. M. (2009). Education for sustainability: The role of universities. *Argos*, 26(50). [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0254-16372009000100004](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-16372009000100004)
- Gozálbo, M. E., Zuazagoitia Rey-Baltar, D., & Ruiz González, A. (2018). Huertos ecodidácticos y educación para la sostenibilidad: Experiencias educativas para el desarrollo de competencias del profesorado en formación inicial. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(1), 1501. <https://doi.org/10.25267/RevEurekaensendivulgcienc.2018.v15.i1.1501>
- Hernández R. M., & Tilbury, D. (2006). Educación para el desarrollo sostenible: ¿Nada nuevo bajo el sol? Consideraciones sobre cultura y sostenibilidad. *Revista Iberoamericana de Educación*, 40, 1-15. <https://doi.org/10.35362/rie400784>
- Nava R. M. (2023). Sostenibilidad y desempeño financiero en Sistemas de Ganadería de Doble Propósito: Un enfoque integral de las perspectivas agroecológicas. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8(2), 62–79. <https://doi.org/10.24054/cyta.v8i2.2896>
- Pérez-Ortega, I. (2018). Education for sustainable development beyond the school curriculum: Socio-cultural reflections. *Revista San Gregorio*, 24. [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2528-79072018000300140](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2528-79072018000300140)

- Rojas-Ramírez, D. A., Varela-Benavides, I., & Guzmán-Hernández, T. (2024). Agriculturas de la alta montaña en Colombia: Oportunidades para la reconversión hacia la sostenibilidad. *e-CUCBA. Revista Electrónica de Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 21(11). <https://doi.org/10.32870/e-cucba.vi21.329>
- United Nations. (2015). *Objetivos de desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Vega, P., Freitas, M., Álvarez, P., & Fleuri, R. (2009). Educación ambiental e intercultural para la sostenibilidad: Fundamentos y praxis. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, 14(44), 25–38. [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1315-52162009000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-52162009000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

# Agroecología del suelo como herramienta para la producción sostenible de alimentos

Dr. Ricardo Orellana

Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales de Venezuela (UNELLEZ),  
Venezuela. Correo electrónico: [rj1961ore@gmail.com](mailto:rj1961ore@gmail.com)

## Resumen

La agroecología del suelo es un enfoque científico y práctico que concibe el suelo como un ecosistema vivo cuya salud determina la sostenibilidad y resiliencia de los sistemas agrícolas. Supera la visión reduccionista centrada exclusivamente en la fertilidad química, al integrar dimensiones físicas, biológicas y químicas, y al considerar procesos como la difusión, el flujo de masa, la intercepción radicular, la dinámica del potencial hídrico y el intercambio iónico en la rizosfera. Desde esta perspectiva, la fertilidad emerge principalmente de las condiciones físicas del suelo, complementadas por la actividad biológica y el equilibrio químico. En Venezuela, desde 2020, la empresa SER AGRO C.A. ha desarrollado Estudios Agroecológicos de Suelo que integran observación de campo e interpretación fisicoquímica para generar diagnósticos integrales. Estos estudios evidencian que suelos con pH cercano a la neutralidad presentan mayor capacidad de intercambio catiónico y mejor disponibilidad de nutrientes, y demuestran que el manejo agroecológico favorece procesos de restauración y sostenibilidad productiva.

**Palabras clave:** salud del suelo; fertilidad edáfica; rizosfera; restauración agroecológica.

## Introducción

La agroecología del suelo constituye una disciplina científica y práctica integral que integra principios ecológicos en la producción agrícola con el propósito de favorecer sistemas sostenibles, resilientes y equitativos. Este enfoque reconoce al suelo como un ecosistema vivo, cuyo mantenimiento y regeneración son esenciales para sostener servicios ecosistémicos clave como el ciclo de nutrientes, la retención de agua, la biodiversidad microbiana y la productividad agrícola (Terán-Samaniego et al., 2025; Vikas et al., 2024). Además, la agroecología del suelo promueve prácticas como la diversificación de cultivos, la rotación y el uso de enmiendas orgánicas, que contribuyen a restaurar la salud del suelo, aumentar su fertilidad y reducir la dependencia de insumos externos, lo cual es crítico para lograr una producción alimentaria sostenible en contextos de cambio climático y presión demográfica creciente (Bhat et al., 2023).

Los enfoques agroecológicos ponen énfasis en la mejora de la estructura y función del suelo mediante la promoción de interacciones biológicas complejas y la optimización de procesos ecológicos naturales. Estas dinámicas edáficas son fundamentales para garantizar la eficiencia de flujos de nutrientes hacia las raíces de las plantas, la mitigación de la erosión y la recuperación de materia orgánica, aspectos que están directamente relacionados con la producción de alimentos nutritivos y la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas agroalimentarios (Bhat et al., 2023; Nava, 2023).

La agroecología del suelo también se concibe como un marco que va más allá de las prácticas técnicas, incorporando dimensiones sociales, económicas y culturales en el diseño y manejo de los agroecosistemas. Este enfoque fomenta la participación de comunidades rurales en la toma de decisiones, promoviendo el conocimiento local y la adopción de prácticas adaptadas a contextos específicos, lo que favorece la soberanía alimentaria y la justicia social en territorios agrícolas (Vikas et al., 2024; Chaguala, 2022; Flórez y Ochoa, 2022).

De acuerdo con la literatura reciente, la implementación de principios agroecológicos en el manejo del suelo se asocia con mejoras en la diversidad biológica, la estabilidad productiva y la resiliencia frente a perturbaciones ambientales, aportando evidencias empíricas sobre cómo los sistemas agroecológicos pueden superar las limitaciones de los modelos convencionales, reducir la degradación del suelo y contribuir a sistemas alimentarios más justos y sostenibles (Terán-Samaniego et al., 2025).

En coherencia con los fundamentos conceptuales previamente expuestos, la comprensión de los procesos biofísicos que ocurren en el suelo resulta indispensable para operacionalizar los principios de la agroecología en sistemas productivos concretos. En este sentido, la dinámica de absorción y movilización de nutrientes y agua hacia la rizosfera constituye uno de los ejes funcionales más relevantes para interpretar la salud y eficiencia del suelo como sistema vivo. Tales procesos no dependen únicamente de la disponibilidad química de los elementos, sino también de la actividad microbiana, la estructura del suelo, la estabilidad de agregados, la porosidad y la interacción raíz-microorganismo, factores que determinan la capacidad del agroecosistema para sostener una nutrición vegetal equilibrada y resiliente.

Bajo este marco conceptual, la Figura 1 representa una esquematización detallada de los mecanismos de absorción y movilización de nutrientes y agua en el suelo hacia la rizosfera de una planta, integrando principios de la agroecología del suelo que a continuación se describen:

### ***Procesos de transporte de nutrientes hacia la raíz***

La imagen ilustra tres mecanismos fundamentales de movimiento de nutrientes en el suelo:

- **Difusión (líneas azules):** es el movimiento de iones desde zonas de mayor concentración a zonas de menor concentración, atravesando la solución del suelo. Este proceso es típico para nutrientes poco móviles como el fósforo (P) o el potasio ( $K^+$ ) en condiciones de humedad adecuada.
- **Flujo de masa (líneas naranjas):** se refiere al arrastre de nutrientes disueltos en el agua cuando esta se mueve hacia la raíz, impulsada por el gradiente hídrico. Este es el mecanismo principal para nutrientes como el nitrógeno (en forma de  $NO_3^-$  o  $NH_4^+$ ), azufre y calcio.
- **Intercepción radicular (líneas verdes):** ocurre cuando las raíces crecen y entran en contacto directo con nutrientes disponibles en la matriz del suelo. Es limitada, pero relevante para micronutrientes o en suelos de baja fertilidad.

### ***Potencial hídrico del suelo ( $\Psi_h$ )***

Se representan distintas zonas del suelo con valores progresivos de potencial hídrico ( $\Psi_h$ ), desde  $\Psi_h = 0$  (suelo saturado), hasta  $\Psi_h = -200$  (punto de marchitamiento permanente, PMP). Este gradiente ilustra cómo la disponibilidad de agua para las plantas disminuye a medida que el potencial hídrico se hace más negativo, afectando también la movilidad de los nutrientes.

- Las zonas cercanas a  $\Psi_h = 0$  están en condiciones de saturación hídrica, con alta disponibilidad de agua pero riesgo de anoxia (falta de oxígeno).

- Las zonas cercanas a  $\Psi_h = -2$  representan un nivel óptimo de disponibilidad de agua y nutrientes.
- El nivel  $\Psi_h = -200$  indica un suelo seco donde las plantas no pueden extraer agua (PMP).

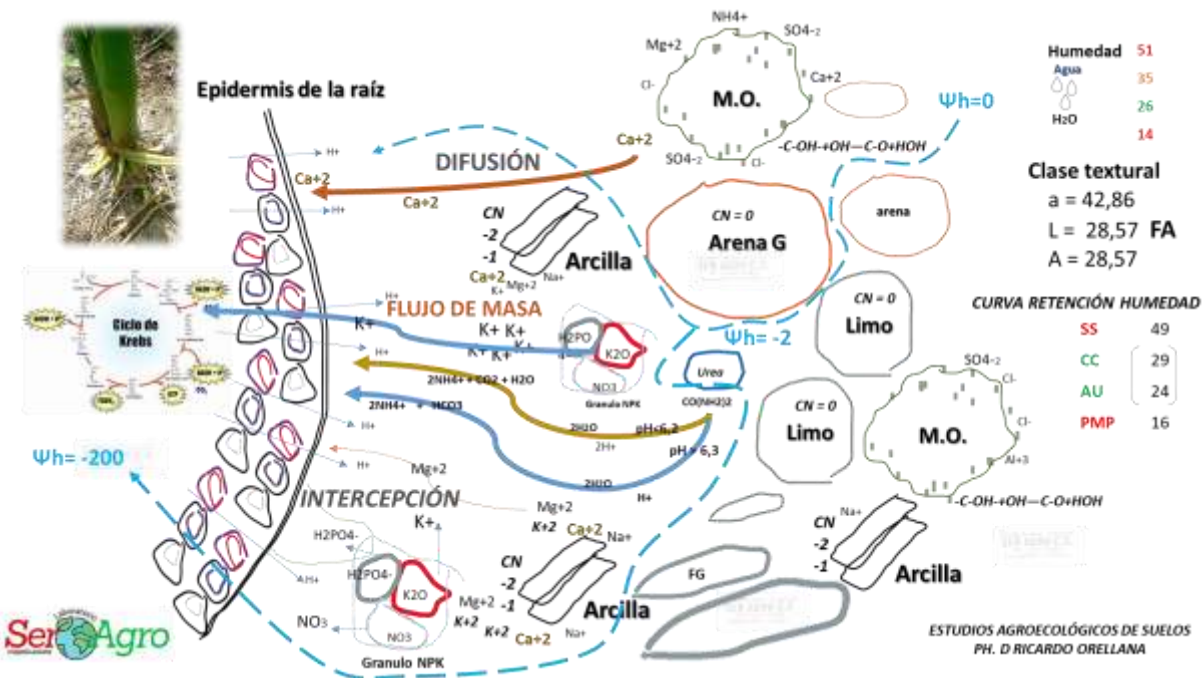
### Carga iónica en la rizosfera

Se observa el intercambio de cationes ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$ ) y aniones ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), destacando su adsorción en coloides del suelo o su disponibilidad en la solución. La reacción de urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) y su transformación en amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y posteriormente en otras formas de nitrógeno también está representada, con una dependencia crítica del pH del suelo.

- A  $\text{pH} > 6,3$ , la hidrólisis de urea genera bicarbonato y amonio.
- A  $\text{pH} < 6,2$ , se favorece la formación de  $\text{CO}_2$  y agua, cambiando el balance de especies nitrogenadas.

### Ciclo de Krebs y metabolismo radicular

La inclusión del ciclo de Krebs indica que esta dinámica edáfica está directamente relacionada con la actividad metabólica de las raíces, las cuales requieren energía (ATP) para la absorción activa de nutrientes. Por ello, un suelo sano debe no solo ser químicamente equilibrado, sino también biológicamente activo.



**Figura 1.** Mecanismos de absorción de nutrientes y agua en la rizosfera bajo un enfoque agroecológico del suelo. Fuente: Adaptado de Brady y Weil, (2016).

### Interpretación agroecológica

Este modelo refuerza la importancia de una visión agroecológica del suelo, en la que:

- Se reconoce la complejidad de las interacciones fisicoquímicas-biológicas.

- Se evita una visión reduccionista centrada solo en análisis de laboratorio, y se promueve una lectura integral del sistema edáfico.
- Se privilegia el manejo del suelo como un sistema vivo, considerando estructura, microbiología, retención hídrica, y dinámica de nutrientes de forma interrelacionada.

Los principios clave de la agroecología del suelo destacan cómo el manejo sostenible debe considerar no solo la fertilidad química, sino también los flujos hídricos, la estructura física del suelo y las condiciones bioquímicas de la rizosfera. Este enfoque permite una mejor eficiencia en el uso de nutrientes, una mayor resiliencia del sistema productivo y una contribución significativa a la soberanía alimentaria.

La figura 2 presenta un modelo interpretativo del comportamiento químico del suelo, elaborado por SER AGRO C.A. (2024), que integra de forma gráfica la relación entre el pH del suelo, la saturación de bases (PSB), la relación entre bases y acidez, y la disponibilidad de nutrientes esenciales para los cultivos. Este esquema permite visualizar cómo diferentes niveles de acidez o alcalinidad del suelo influyen directamente en la concentración y biodisponibilidad de macro y micronutrientes, afectando la fertilidad edáfica y la aptitud del terreno para la producción agrícola. Así, se constituye en una herramienta clave para el diagnóstico agroecológico del suelo, orientando decisiones de manejo correctivo y preventivo hacia sistemas de producción más eficientes y sostenibles.

*Eje diagonal principal: de acidez extrema a alcalinidad*

El eje diagonal azul representa una gradiente continua del pH del suelo, desde valores ultra ácidos (<-2,5) hasta fuertemente alcalinos (>-8,5). Este eje está correlacionado con la disponibilidad de nutrientes y con el nivel de fertilidad general del suelo. Se identifican siete grandes rangos:

- Ultra ácido (<2,5): Suelos inadecuados para la agricultura.
- Extremadamente ácido (2,5-3,5): Inhóspitos para la mayoría de los cultivos.
- Muy fuertemente ácido (3,5-4,5): Alta presencia de  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $H^+$ ; deficiencias severas de bases.
- Fuertemente ácido (4,5-5,1): Menor disponibilidad de Ca, Mg, K.
- Moderadamente ácido (5,1-5,9): Mayor biodisponibilidad de algunos micronutrientes (Mn, Cu, Zn).
- Ligeramente ácido a neutro (5,9-6,6): Intervalo óptimo para la mayoría de los cultivos.
- Alcalino (> 7,4 hasta > 8,5): Aumenta riesgo de deficiencia de Fe, Zn, Mn, B y riesgo de suelos sódicos.

## **2. Saturación de bases (PSB)**

Las flechas horizontales en verde indican los valores de PSB:

- PSB < 50: Baja fertilidad, suelos ácidos.
- PSB entre 50–90: Fertilidad moderada.
- PSB > 90: Alta fertilidad y buen balance catiónico, típico de suelos neutros o ligeramente alcalinos.



La figura 3 presenta una conceptualización jerárquica de la fertilidad del suelo desde un enfoque agroecológico, evidenciando que esta propiedad no es una condición exclusivamente química, sino una cualidad emergente que resulta de la interacción sinérgica entre los componentes físicos, biológicos y químicos del suelo. El esquema piramidal resume de forma pedagógica la proporción relativa de influencia que tiene cada dimensión sobre la fertilidad, asignando un 96% al componente físico, un 3% al biológico y apenas un 1% al componente químico. Esta distribución rompe con el paradigma convencional que prioriza el contenido de nutrientes como indicador exclusivo de fertilidad y orienta hacia una comprensión más holística y funcional del ecosistema edáfico.



**Figura 3.** Enfoque agroecológico de la fertilidad del suelo como interacción funcional de componentes físicos, biológicos y químicos. Fuente: Autor.

El componente físico, base de la pirámide, incluye variables estructurales como la textura (arena, limo y arcilla), densidad aparente, porosidad, agregación y capacidad de retención de agua. Estos factores determinan la disponibilidad de oxígeno para las raíces y los microorganismos, la capacidad de infiltración y el soporte físico para el desarrollo radicular. Sin una estructura física adecuada, el aprovechamiento de los nutrientes se ve severamente limitado, por lo que el manejo del suelo debe comenzar por su condición física.

En el nivel intermedio de la pirámide se ubica el componente biológico, representado por microorganismos funcionales como rizobios, azotobacter, micorrizas, azospirillum y cianobacterias. Estos organismos son esenciales en procesos clave como la fijación biológica de nitrógeno, la mineralización de materia orgánica, la solubilización de fósforo, la producción de fitohormonas y la agregación del suelo. Aunque su proporción es menor en términos cuantitativos, su rol es estratégico en la activación de ciclos biogeoquímicos y en la generación de condiciones edáficas favorables para el crecimiento vegetal.

El vértice superior de la pirámide corresponde al componente químico, el cual, aunque limitado a un 1% en la representación gráfica, sigue siendo esencial para la nutrición vegetal. Este nivel incluye las formas iónicas de los nutrientes y las reacciones que los transforman, tales como la hidrólisis, nitrificación y los procesos redox que determinan su disponibilidad. Sin embargo, la

eficiencia en el uso de estos nutrientes depende en gran medida de las condiciones físicas y biológicas del suelo que regulan su movilidad, retención y absorción por parte de las plantas.

Adicionalmente, la inspección de agregados, la evaluación de la estructura y el color del suelo, la presencia de raíces activas, la incorporación de materia orgánica y la ejecución de pruebas físicas representan una aproximación agroecológica basada en el conocimiento empírico y científico del suelo como sistema vivo, más allá de su análisis en laboratorio.

La tabla 1 compara dos enfoques metodológicos para la evaluación de suelos agrícolas: el análisis tradicional y el estudio agroecológico promovido por SER AGRO C.A. Esta comparación resalta diferencias sustanciales en cuanto al enfoque, objetivo, método y resultados, lo cual tiene implicaciones importantes en la planificación y manejo de los sistemas productivos.

**Tabla 1.** Comparación entre el análisis tradicional de suelo y el estudio agroecológico propuesto por SER AGRO C.A.

	<b>Análisis tradicional</b>	<b>Estudio agroecológico</b>
<b>Enfoque</b>	Se centra en la fertilidad del suelo y la disponibilidad de nutrientes	Considera una visión holística del suelo, incluyendo aspectos biológicos, físicos, químicos y las plantas
<b>Objetivo</b>	Determinar los niveles de nutrientes esenciales (como nitrógeno, fósforo y potasio) y el pH del suelo	Comprender la salud general del suelo, su biodiversidad y su capacidad para mantener cultivos saludables
<b>Método</b>	Se recolectan muestras de suelo de diferentes áreas de la finca y se envían a un laboratorio para su análisis (Determinación)	Evalúa la interacción entre los componentes del suelo, dando igual importancia a los componentes físicos, químicos, biológicos y su relación agua-suelo-planta-atmosfera. Los análisis comienzan en el campo
<b>Resultados</b>	Proporciona información sobre fertilidad, deficiencias o excesos de nutrientes, y recomendaciones de fertilización	Ofrece una visión más completa de la salud del suelo y permite estrategias de manejo más específicas

Fuente: Autor.

En cuanto al enfoque, el análisis tradicional se centra exclusivamente en la fertilidad química del suelo, evaluando la disponibilidad de nutrientes esenciales para los cultivos. En contraste, el estudio agroecológico adopta una perspectiva holística, reconociendo que la salud del suelo es el resultado de interacciones entre componentes físicos, biológicos y químicos, en relación con las plantas y su entorno.

Respecto al objetivo, el análisis convencional busca cuantificar nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, y medir el pH del suelo con el fin de emitir recomendaciones de fertilización. Por su parte, el estudio agroecológico se orienta a comprender la salud integral del suelo, su biodiversidad funcional y su capacidad para sostener cultivos sanos y resilientes, considerando el suelo como un ecosistema dinámico.

En el componente metodológico, el análisis tradicional se basa en la recolección de muestras en distintas áreas de la finca, las cuales son enviadas a un laboratorio para su análisis químico. El

estudio agroecológico, en cambio, comienza desde el mismo campo, incorporando la observación directa de factores físicos (estructura, compactación, permeabilidad), biológicos (presencia de raíces activas, lombrices, agregados estables) y químicos (pH, CIC, disponibilidad de nutrientes), e interpretando sus interacciones en el contexto agroclimático local.

Finalmente, en cuanto a los resultados, el análisis tradicional ofrece un diagnóstico parcial sobre deficiencias o excesos de nutrientes y plantea recomendaciones estándar de fertilización. El estudio agroecológico proporciona una visión más integral de la salud del suelo, facilitando el diseño de estrategias de manejo diferenciadas y contextualizadas, que potencien la regeneración del suelo, la eficiencia biológica y la sostenibilidad productiva.

#### *Diferencias con los análisis tradicionales*

A diferencia de los análisis convencionales, que se basan en la extracción mecánica de muestras puntuales, los estudios agroecológicos (EAS) proponen iniciar el análisis directamente en campo mediante calicatas o huecos de observación, en lugar de barrenos. Esta metodología permite registrar variables contextuales como: profundidad del horizonte superficial, permeabilidad, erosión, relieve, patrón de raíces, estructura del suelo, drenaje, espesor de capa arable, y presencia de capas compactas.

Estas variables, integradas con los datos fisicoquímicos, proporcionan una visión más holística del suelo como ecosistema vivo, facilitando un manejo diferenciado por unidades de paisaje.

#### *Principales herramientas y variables evaluadas*

Los estudios agroecológicos hacen énfasis en procesos de:

- Intercepción, difusión y flujo de masa de nutrientes (por ejemplo,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{NO}_3^-$ );
- Dinámica de nitrógeno (transformación de urea y amonio según el pH);
- Curvas de retención de humedad y comportamiento de diferentes clases texturales frente al potencial hídrico;
- Intercambio iónico de bases ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ );
- Análisis de capacidad de intercambio catiónico (CIC), saturación de bases (PSCa, PSMg, PSK), y proporciones entre cationes como Ca/Mg o Mg/K.

#### *Experiencias en campo*

En la tabla 2 se muestran dos escenarios contrastantes evaluados por SER AGRO C.A: Los resultados comparativos entre el Sitio A (con pH ácido) y el Sitio B (con pH neutro) muestran diferencias relevantes en diversas propiedades edáficas. El pH del Sitio A fue de 4,82, mientras que en el Sitio B se registró un pH de 6,73. La materia orgánica (MO) fue ligeramente superior en el Sitio B (1,95%) en comparación con el Sitio A (1,72%).

La disponibilidad de fósforo (P) fue similar en ambos sitios, con valores de 11,9 mg/kg en el Sitio A y 11,6 mg/kg en el Sitio B. Sin embargo, el potasio (K) y el magnesio (Mg) presentaron diferencias notables: el Sitio B mostró concentraciones de 174 mg/kg de K y 124 mg/kg de Mg, frente a 85 mg/kg y 23 mg/kg en el Sitio A, respectivamente. El contenido de azufre (S) también fue mayor en el Sitio B (14,63 mg/kg) que en el Sitio A (8,04 mg/kg).

La presencia de aluminio intercambiable ( $\text{Al}^{3+}$ ) fue detectada solo en el Sitio A (0,24), lo cual se asocia comúnmente con suelos ácidos. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) fue mayor en el Sitio B (19,56 cmol(+)/kg) respecto al Sitio A (14,71 cmol(+)/kg). Además, la proporción de saturación de calcio (PSCa) fue considerablemente superior en el Sitio B (53,9 %) comparado con el Sitio A (37,32 %), mientras que el  $\text{PSAl}^{3+}$  fue únicamente detectable en el Sitio A (1,63 %).

**Tabla 2. Resultados comparativos de EAS (Estudios Agroecológicos de Suelo)**

Variable	Sitio A (pH ácido)	Sitio B (pH neutro)
pH	4,82	6,73
MO (%)	1,72	1,95
P (mg/kg)	11,9	11,6
K (mg/kg)	85	174
Mg (mg/kg)	23	124
S (mg/kg)	8,04	14,63
Al <sup>3+</sup>	0,24	0
CIC (cmol/kg)	14,71	19,56
PSCa (%)	37,32	53,9
PSAl <sup>3+</sup> (%)	1,63	0

Fuente: Autor.

Los resultados sugieren que los suelos con pH neutro, como el Sitio B, tienden a presentar condiciones más favorables para el desarrollo de cultivos, especialmente debido a la ausencia de aluminio intercambiable, mayor capacidad de intercambio catiónico y mejores niveles de nutrientes esenciales como potasio, magnesio y azufre. La mayor CIC y saturación de calcio en el Sitio B indican un suelo con mayor fertilidad química y mejor estructura, lo que favorece la retención de nutrientes y el desarrollo radicular. Por el contrario, el Sitio A, con un pH ácido, muestra signos de acidez activa como la presencia de Al<sup>3+</sup> y menor disponibilidad de cationes básicos, lo que puede restringir el crecimiento de las plantas y afectar la absorción de nutrientes. Estos hallazgos resaltan la importancia de monitorear el pH del suelo y realizar ajustes correctivos, como la aplicación de enmiendas alcalinas, en suelos ácidos para mejorar su productividad agroecológica.

Estos resultados demuestran cómo el enfoque agroecológico no solo detecta limitantes químicas, sino que también orienta estrategias de restauración y manejo basadas en relaciones entre elementos, no solo en su concentración.

La Tabla 3 muestra una comparación detallada entre dos estratos del perfil del suelo (0–32 cm y >32 cm), con base en un enfoque agroecológico que considera parámetros físicos, químicos y de fertilidad edáfica. Esta información es clave para identificar limitaciones y potencialidades en el manejo del suelo con fines productivos y regenerativos.

En el estrato 0–32 cm, se observan varias limitaciones edáficas. El pH de 4,82 indica un suelo ácido, lo que se correlaciona con la presencia de aluminio intercambiable (Al<sup>3+</sup> = 0,24 cmol/kg) y una baja saturación de bases (PSAB = 40,24 %). Este nivel de acidez puede afectar negativamente la disponibilidad de nutrientes y la actividad biológica. Además, la relación base/acidez (B/A = 0,67) y la alta relación Ca/Mg (28,89) sugieren un desequilibrio catiónico que puede influir en la absorción de nutrientes por parte de las plantas. La densidad aparente (Da = 1,29 g/cm<sup>3</sup>) y la baja conductividad hidráulica (Ks = 0,43 cm/h) indican compactación moderada y baja capacidad de infiltración, lo que limita la disponibilidad de agua. La RIA (Relación de Infiltración Aparente) de 1,22 es superior a la del segundo estrato, pero aún puede considerarse moderada. La materia orgánica (MO = 1,72 %) y el contenido de fósforo (P = 11,9 mg/kg) son bajos, al igual que los niveles de potasio (K = 85 mg/kg) y magnesio (Mg = 23 mg/kg), lo cual incide en una fertilidad reducida.

En contraste, el estrato > 32 cm presenta condiciones más favorables. El pH de 6,73 es adecuado para la mayoría de los cultivos, y la ausencia de aluminio intercambiable ( $Al^{3+} = 0$ ) sugiere un ambiente químicamente estable. La CIC (capacidad de intercambio catiónico) de 19,56 cmol/kg y la PSAB del 61,88% indican un suelo con mayor capacidad para retener y suministrar nutrientes. Las relaciones catiónicas son más equilibradas:  $Ca/Mg = 10,13$ ;  $Mg/K = 3,15$  y  $B/A = 1$ , reflejando un entorno químico adecuado para el desarrollo radicular. Además, los niveles de materia orgánica (1,95%), fósforo (11,6 mg/kg), potasio (174 mg/kg) y magnesio (124 mg/kg) son considerablemente superiores a los del primer estrato, lo que representa una mayor fertilidad edáfica.

Desde el punto de vista físico, aunque este segundo estrato tiene una densidad aparente ligeramente mayor ( $1,38 \text{ g/cm}^3$ ) y una RIA inferior (0,9), su mayor conductividad hidráulica ( $K_s = 1,22 \text{ cm/h}$ ) permite una mejor movilidad del agua en el perfil, lo que podría compensar parcialmente esa diferencia.

**Tabla 3.** Comparación de propiedades físicas, químicas y de fertilidad entre dos estratos del suelo

Variable	Estrato 0–32 cm	Estrato >32 cm
FAL (%)	32,87	18,8
RMF	< 2,5	> 2,5
Da ( $\text{g/cm}^3$ )	1,29	1,38
$K_s$ (cm/h)	0,43	1,22
RIA	1,22	0,9
pH	4,82	6,73
MO (%)	1,72	1,95
P (mg/kg)	11,9	11,6
$P_2O_5$ (mg/kg)	70,31 / 16,17	73,72 / 73,72
K (mg/kg)	85	174
$K_2O$ (mg/kg)	263 / 87	573 / 573
Mg (mg/kg)	23	124
S (mg/kg)	8,04	14,63
$Al^{3+}$	0,24	0
CIC (cmol/kg)	14,71	19,56
PSAB (%)	40,24	61,88
PSCa (%)	37,32	53,9
PSMg (%)	1,29	5,32
PSK (%)	1,5	1,69
$PSAl^{3+}$ (%)	1,63	0
Ca/Mg	28,89	10,13
Ca/K	24,95	31,94
Mg/K	0,86	3,15
B/A	0,67	1

Fuente: Autor.

Estos datos revelan que el estrato superficial (0-32 cm) presenta restricciones tanto físicas como químicas que requieren estrategias de manejo correctivo, como el encalado, la incorporación de

materia orgánica, el subsolado y prácticas de conservación. Por su parte, el estrato > 32 cm representa una zona más fértil y estable, que puede aprovecharse mejor con prácticas que favorezcan el desarrollo profundo de raíces y una gestión racional del perfil del suelo.

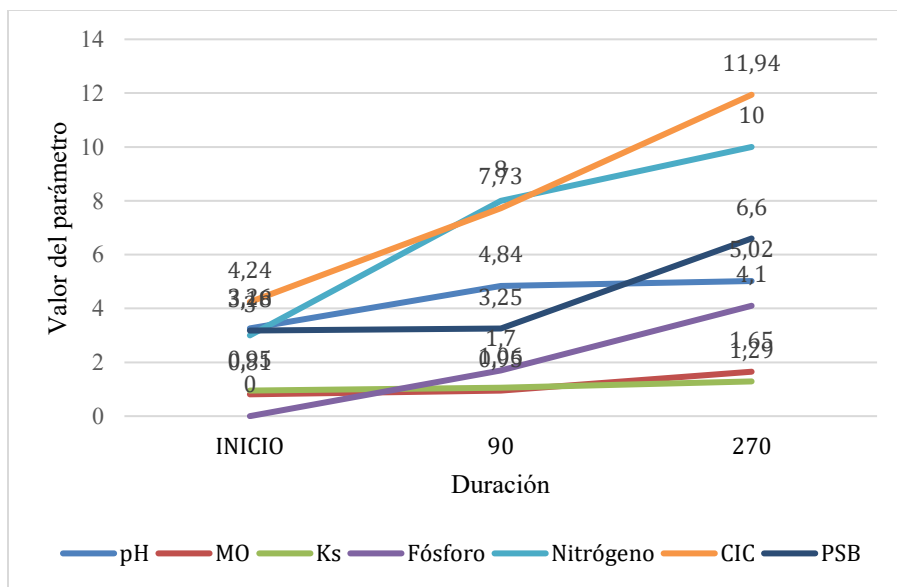
Esta evaluación confirma la importancia del análisis por estratos dentro de un enfoque agroecológico, permitiendo decisiones de manejo diferenciadas y específicas para cada horizonte del suelo.

#### *Aplicaciones en recuperación de suelos*

Uno de los casos destacados fue el de la Finca La Calambreira (Araure, Edo. Portuguesa), donde, tras la aplicación de prácticas derivadas de los EAS, se observaron mejoras sustanciales en la estructura, fertilidad y productividad de los suelos degradados. La intervención permitió aumentar la producción mediante una estrategia combinada de restauración fisicoquímica y biológica del suelo.

La Figura 4 presenta un análisis gráfico de la evolución de diversos indicadores de fertilidad del suelo a lo largo de un proceso de restauración, evaluado en tres momentos: al inicio, a los 90 días y a los 270 días. Las variables consideradas incluyen el pH, la materia orgánica (MO), la conductividad hidráulica saturada (Ks), el contenido de fósforo y nitrógeno, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la saturación de bases (PSB). Esta secuencia temporal permite evidenciar el efecto acumulativo de las prácticas de manejo aplicadas sobre la calidad del suelo.

En cuanto al pH, se observa un incremento sostenido desde un valor inicial muy ácido de 3,26 hasta alcanzar 5,02 al día 270. Esta mejora significativa refleja una reducción de la acidez del suelo, posiblemente asociada al uso de enmiendas o incorporación de materia orgánica. De forma paralela, la materia orgánica se duplicó entre el día 0 (0,81 %) y el día 270 (1,65 %), lo que indica una recuperación del componente biológico y una mejora en la capacidad del suelo para retener humedad y nutrientes.



**Figura 4.** Evolución de indicadores de fertilidad del suelo en tres momentos del proceso de restauración. Fuente: Autor.

La conductividad hidráulica (Ks) pasó de 0,95 a 1,29 cm/h, evidenciando una mejora en la estructura y porosidad del suelo. El fósforo y el nitrógeno, dos nutrientes esenciales, mostraron incrementos notables: el fósforo pasó de estar ausente a un valor de 4,1 mg/kg, y el nitrógeno se incrementó de 3 a 10 mg/kg, lo que señala una mayor disponibilidad de nutrientes para los cultivos y un funcionamiento más activo del ciclo del nitrógeno.

Uno de los cambios más relevantes se aprecia en la capacidad de intercambio catiónico (CIC), que aumentó de 4,24 a 11,94 cmol(+)/kg, lo cual implica una mejora en la capacidad del suelo para retener cationes esenciales como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{K}^+$ . Finalmente, la saturación de bases (PSB) también presentó una tendencia positiva, pasando de 3,18 % a 6,6 %, reflejando un mayor equilibrio en la química del suelo y una menor presencia de cationes ácidos.

La figura 4 demuestra una recuperación progresiva del suelo en términos físicos, químicos y biológicos, atribuible a un manejo agroecológico integral. Los resultados reflejan no solo una mejora en la fertilidad edáfica, sino también en la salud del suelo, consolidando su función ecosistémica y su capacidad para sostener sistemas productivos sostenibles.

### **Conclusión**

La agroecología del suelo representa una evolución metodológica frente a los enfoques tradicionales. Al integrar observaciones de campo, parámetros ecológicos y principios agroecológicos, los estudios EAS permiten establecer diagnósticos más certeros y planes de manejo más eficientes, sustentables y contextualizados. Este enfoque no solo fortalece la resiliencia de los sistemas agrícolas, sino que también promueve la soberanía alimentaria y el respeto por la biodiversidad edáfica.

### **Bibliografía**

- Bhat, R. A., Malik, K. M., Raina, F. A., Rashid, Z., Gani, G., & Bhat, F. N. (2023). The role of agroecological principles in enhancing soil health and farm resilience. *Plant Science Review*. <https://doi.org/10.51470/PSR.2023.04.02.07>
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2016). *The nature and properties of soils* (15th ed.). Pearson.
- Chaguala V. I. A. (2022). Buenas Prácticas Agrícolas y manejo sostenible de los suelos en fincas productoras de cacao (*Theobroma cacao* L.), en el municipio de Tame, departamento de Arauca. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 7(1), 28-39. <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcyta/article/view/2777/3965>
- Nava R. M. (2023). Sostenibilidad y desempeño financiero en Sistemas de Ganadería de Doble Propósito: Un enfoque integral de las perspectivas agroecológicas. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8(2), 62–79. <https://doi.org/10.24054/cyta.v8i2.2896>
- Terán-Samaniego, K., Robles-Parra, J. M., Vargas-Arispuro, I., Martínez-Téllez, M. Á., Garza-Lagler, M. C., Félix-Gurrrola, D., & Maycotte-de la Peña, M. L. (2025). Agroecology and sustainable agriculture: Conceptual challenges and opportunities—A systematic literature review. *Sustainability*, 17(5), 1805. <https://doi.org/10.3390/su17051805>
- Vikas, & Ranjan, R. (2024). Agroecological approaches to sustainable development. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1405409. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1405409>

# El plástico, surgimiento, características y principales impactos. Su uso en la agricultura

Dra. Carmen Rosa Betancourt

Universidad Nacional de Río Negro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7977-9517>

## Resumen

Se analizó el surgimiento, expansión y consecuencias socioambientales del plástico, enfatizando su papel como “entidad novedosa” vinculada a los límites planetarios. La producción masiva, impulsada desde mediados del siglo XX, ha generado acumulación persistente de residuos y fragmentación en micro- y nanoplasticos, con efectos físicos y toxicológicos en ecosistemas y salud humana. Se describieron fuentes de exposición relevantes (cadena alimentaria, agua, aire ocupacional) y el rol de aditivos (p. ej., bisfenol A y ftalatos) y contaminantes adsorbidos (COP) que incrementan riesgos. Se discutió la insuficiencia del reciclaje mecánico frente al volumen producido y la necesidad de estrategias integrales. En agricultura, los plásticos (mulch, riego, invernaderos, envases) incrementan productividad y eficiencia hídrica, pero convierten al suelo en reservorio principal, alterando propiedades fisicoquímicas y biológicas. Se proponen recomendaciones de manejo, prevención y educación, transitando de RRR a RAE (Rechazar-Adaptar-Exigir).

**Palabras clave:** microplásticos; suelo agrícola; aditivos (BPA, ftalatos); gestión de residuos.

## Introducción

El plástico se consolidó como material estratégico por su versatilidad (ligereza, durabilidad, transparencia y resistencia a la corrosión), desplazando insumos tradicionales en embalaje, transporte, textiles y equipamiento agrícola. No obstante, su persistencia ambiental y su fragmentación progresiva han contribuido a que la época contemporánea sea descrita como “Plasticeno” (Sbarbati, 2020; Betancourt, 2025).

Desde su industrialización a gran escala en la década de 1950, la producción y el descarte se aceleraron, con tasas de reciclaje global insuficientes frente a los volúmenes generados. En consecuencia, los sistemas acuáticos y terrestres funcionan como receptores y reservorios, con especial preocupación por la acumulación en suelos agrícolas (Horton et al., 2017; Sa’adu y Farsang, 2023).

Este texto sintetiza: (i) origen y propiedades del plástico; (ii) mecanismos de degradación, exposición e impactos; (iii) relación con límites planetarios; (iv) uso en agricultura y contaminación del suelo; y (v) recomendaciones para manejo y políticas, incluyendo alternativas como bioplásticos y enfoques educativos.

## Desarrollo

### *1. Surgimiento del plástico y expansión industrial*

Aunque existen polímeros naturales (ámbar, queratina, conchas), el primer plástico “manufacturado” asociado a la industrialización moderna se atribuye al material presentado por

Alexander Parkes en 1862 (celuloide). Sin embargo, la masificación comercial y la penetración en cadenas productivas se consolidaron desde la década de 1950, favorecidas por la petroquímica y por atributos funcionales que promovieron su adopción en múltiples sectores.

La manufactura de plásticos se basa principalmente en polimerización y policondensación, a partir de monómeros como etileno y propileno, con catalizadores específicos. Un aspecto crítico es la intensidad energética del proceso: la producción de plástico desde petróleo crudo puede requerir del orden de 62-108 MJ/kg, superior a varios materiales convencionales reportados en la literatura técnica. En paralelo, el crecimiento de la producción global ha sido acelerado: se registraron 367 millones de toneladas en 2020 (Sa'adu y Farsang, 2023), con proyecciones de incremento hacia mediados del siglo XXI (Persson et al., 2021).

## 2. Tipos de plásticos y su clasificación

Los plásticos se describen de manera general como: termoplásticos, termoestables y elastómeros, según su respuesta al calor y su capacidad de remodelación. En términos de uso extendido, destacan PET, PE, PP, PS y PVC (Tabla 1).

**Tabla 1.** Plásticos de uso común y denominación abreviada

Acrónimo	Nombre	Uso frecuente (ejemplos generales)
PET	Tereftalato de polietileno	Envases y botellas, embalaje
PE	Polietileno	Films, bolsas, tuberías, mulching
PP	Polipropileno	Envases, fibras, componentes agrícolas
PS	Poliestireno	Empaques, espumas, bandejas
PVC	Cloruro de polivinilo	Tuberías, láminas, aplicaciones industriales

Fuente: Bermúdez y Swarzenski (2021).

Además de la matriz polimérica, los plásticos incorporan aditivos (estabilizantes, pigmentos, retardantes de llama, plastificantes), que mejoran desempeño pero pueden incrementar toxicidad. Asimismo, en ambientes acuáticos los plásticos pueden adsorber contaminantes (p. ej., COP, metales traza), actuando como vectores (Sbarbati, 2020).

## 3. Tamaño de residuos plásticos y relevancia ecológica

El tamaño determina movilidad, biodisponibilidad y riesgo. En suelos y sistemas acuáticos se usan categorías por dimensión. En la tabla 2 se presenta la clasificación de residuos plásticos según su tamaño y/o dimensión

**Tabla 2.** Clasificación de residuos plásticos por tamaño/dimensión

Categoría	Tamaño característico
Macroplásticos	$\geq 5$ mm
Mesoplásticos	5 mm – 2 cm
Microplásticos (MP)	$< 5$ mm
Nanoplásticos	$< 1$ $\mu$ m

Fuente: Bermúdez y Swarzenski (2021).

El envejecimiento y meteorización se aceleran por radiación, temperatura, precipitación, viento y por interacción con agroquímicos (Vox et al., 2008). La fragmentación incrementa la dispersión espacial y la complejidad del control, especialmente cuando el laboreo incorpora partículas a horizontes más profundos.

#### *4. Fuentes de exposición e impactos ambientales y en salud humana*

Los impactos se agrupan en:

- (i) físicos/mecánicos, por enredo e ingestión de residuos;
- (ii) químicos, por liberación de aditivos y compuestos asociados (p. ej., BPA, ftalatos) y por contaminantes adsorbidos;
- (iii) climáticos, por emisiones asociadas a producción e incineración, y por dinámicas de carbono (incluyendo emisiones en ciertos “biodegradables” bajo condiciones específicas).

La evidencia destaca que el reciclaje global es limitado y que la mayor fracción permanece acumulada en vertederos y ecosistemas. En ambientes marinos, el transporte fluvial es un mecanismo central de ingreso, y la fragmentación produce acumulaciones difusas difíciles de detectar remotamente, como se describe para la “mancha” del Pacífico.

En salud humana, se enfatizan tres vías: ocupacional (inhalación de partículas en industrias específicas); alimentaria (contacto con envases, presencia en agua y alimentos, incluidos productos marinos); ambiental indirecta (aire, polvo y agua).

Existen altos riesgos por disrupción endocrina y por exposición a BPA y DEHP, así como la incertidumbre sobre toxicocinética y toxicodinamia en humanos (Juan-García et al., 2015). Adicionalmente, se introdujo un riesgo emergente: el rol de los MP como sustrato de biopelículas y potencial vector para bacterias y genes de resistencia antimicrobiana, especialmente asociados a efluentes y cursos de agua (Tuvo et al., 2023).

#### *5. Plástico como “entidad novedosa” y límites planetarios*

El marco de límites planetarios ubica a los plásticos dentro de “entidades novedosas” por su omnipresencia, persistencia y velocidad de producción, con efectos que trascienden la toxicidad clásica (Persson et al., 2021). El volumen producido es un indicador parcial: expresa presión antropogénica, pero no captura plenamente interacciones ecológicas (fragmentación, transporte, sorción de contaminantes, efectos sobre biodiversidad). De forma consecuente, la gestión debe orientarse a desacoplar producción–impacto mediante prevención, rediseño, responsabilidad extendida del productor y sistemas efectivos de retorno y reutilización.

#### *6. Uso del plástico en la agricultura: beneficios productivos y costos edáficos*

La horticultura y la agricultura intensiva emplean plásticos en múltiples fases (mulching, riego, invernaderos, envases, bandejas, cuerdas). Estos insumos pueden mejorar eficiencia hídrica, control de malezas y microclima, favoreciendo rendimientos. No obstante, el suelo es receptor y reservorio principal de residuos plásticos, con concentraciones reportadas superiores a las de sistemas acuáticos (Horton et al., 2017; Sa’adu & Farsang, 2023). Además, el intercambio tierra-agua: riego, escorrentía, erosión y drenaje pueden movilizar partículas (Bigalke et al., 2022).

Los factores climáticos y químicos aceleran envejecimiento del film, y ciertos agroquímicos pueden inducir degradación prematura (Vox et al., 2008). Asimismo, la agricultura plástica alcanza escalas territoriales muy amplias, con estimaciones de superficie cubierta por films elevadas en

contextos específicos (Kedzierski et al., 2023). Se reportan efectos ecológicos asociados a coberturas y manejo intensivo, incluyendo reducción de flora nativa en ciertos escenarios de “oasis artificial” (Wang et al., 2021).

**Tabla 3.** Principales usos de plásticos en agricultura y riesgo residual

Uso agrícola	Material frecuente (según texto)	Beneficio agronómico	Riesgo de residuo/contaminación
Cubiertas plásticas para cultivo (protección climática) Mulch (lámina de suelo)	Películas plásticas PE (principalmente)	Protección ante frío e inclemencias Conservación de humedad, control de malezas, regulación térmica	Vida útil limitada; residuos al recambio Fragmentación por radiación y laboreo; MP en suelo
Riego (mangueras, emisores, conectores) Invernaderos y túneles	PE; LDPE destacado PE y otros plásticos	Eficiencia hídrica Microclima controlado; extensión de temporada	Desgaste y recambio; pérdidas puntuales Residuos por deterioro; manejo al final de vida
Envases de agroinsumos y productos	PP, PET (mencionados como comunes)	Logística y conservación	Gestión deficiente; contaminación difusa
Viveros (bandejas, macetas, bolsas) Cintas/cuerdas/etiquetas	Plásticos varios Plásticos varios	Producción de plántulas Tutorado e identificación	Residuos frecuentes; baja trazabilidad Pérdida en campo; MP por degradación
Control de erosión en zonas específicas	Láminas plásticas	Estabilización superficial	Residuo persistente; interacción con suelo

Fuente: Juan-García et al. (2015)

Efectos edáficos esperables: alteración de circulación de agua, efectos sobre propiedades físicas y químicas, microbiota y actividad enzimática, y posibles implicaciones en crecimiento vegetal. Desde una perspectiva agroecológica, estos efectos son críticos porque el suelo es el soporte funcional de la producción y de servicios ecosistémicos; por consiguiente, la acumulación de MP tensiona la sostenibilidad del sistema.

### 7. Estrategias de respuesta: de RRR a RAE y el debate sobre reciclaje/bioplásticos

El reciclaje mecánico es la tecnología más difundida, pero presenta límites: clasificación costosa, alta demanda energética y pérdida de calidad del polímero; además, sólo ciertos polímeros se recuperan con mayor factibilidad en esquemas actuales. En consecuencia, el abordaje debe ser integral, combinando:

- Prevención y rediseño: reducción de plásticos innecesarios; sustitución por materiales sostenibles cuando sea técnicamente viable.
- Regulación: prohibiciones o restricciones a plásticos de un solo uso, microperlas en cosméticos y esquemas robustos de responsabilidad extendida.
- Sistemas de retorno/reuso: envases retornables y logística inversa.
- Educación: incorporación curricular y prácticas pedagógicas (incluido aprendizaje lúdico) orientadas a reducción y rechazo.

- Enfoque RAE: Rechazar productos que generan residuos plásticos evitables, Adaptar hábitos de consumo y Exigir regulación y rediseño empresarial.

Respecto a bioplásticos, el mercado crece y su mayor aplicación es el envasado, aunque persisten límites: no todos son biodegradables ni necesariamente se degradan más rápido en ambientes reales; por tanto, se requiere legislación, infraestructura y evaluación de impactos para evitar “falsas soluciones”.

#### *Recomendaciones para el manejo del plástico en agricultura (síntesis operativa)*

- Prevención en origen (prioridad): reducir films de un solo ciclo y priorizar alternativas de mayor vida útil cuando no comprometan el sistema.
- Gestión al final de vida: protocolos de recolección en finca, acopio diferenciado y acuerdos con gestores autorizados; evitar quema e incorporación al suelo.
- Compras con criterios de circularidad: exigir trazabilidad, contenido reciclado cuando sea viable, y sistemas de retorno (RAE).
- Manejo agronómico para minimizar fragmentación: retirar films antes del laboreo; evitar roturación que triture residuos; inspecciones postcosecha.
- Monitoreo ambiental: incluir diagnóstico de residuos plásticos en auditorías ambientales del predio; considerar riesgos de transporte por escorrentía y drenaje.
- Formación y extensión: capacitación a operarios y productores; módulos escolares y comunitarios sobre reducción y riesgos de microplásticos.
- Evaluación de sustitutos: bioplásticos sólo con verificación de condiciones reales de degradación y gestión; no asumir “biodegradable” como inocuo.

### **Conclusiones**

El plástico, debido a su persistencia y expansión global, debe entenderse como una entidad emergente que ejerce presiones significativas sobre la integridad de la biosfera y el sistema climático. Evaluar únicamente el volumen producido resulta insuficiente si no se consideran los procesos de fragmentación, dispersión y sus efectos ecotoxicológicos acumulativos.

Sus impactos trascienden los daños mecánicos sobre la fauna. La liberación de aditivos químicos, como bisfenoles y ftalatos, así como la capacidad de adsorber y transportar otros contaminantes, incrementan los riesgos ambientales y sanitarios, en un contexto donde aún existen vacíos relevantes sobre su comportamiento toxicológico en humanos.

En el ámbito agrícola, aunque los plásticos mejoran el microclima, la eficiencia hídrica y el control de malezas, transforman al suelo en un reservorio de residuos persistentes, con posibles alteraciones fisicoquímicas y biológicas, además de facilitar su movilización hacia sistemas acuáticos.

El reciclaje mecánico, aunque necesario, no compensa la magnitud de la producción ni resuelve la contaminación difusa por microplásticos. En consecuencia, se requiere priorizar estrategias preventivas, rediseño de materiales y marcos regulatorios eficaces.

La transición desde el enfoque tradicional de reducir, reutilizar y reciclar hacia uno centrado en rechazar, adaptar y exigir desplaza la atención desde la gestión del residuo hacia la reducción estructural de su generación, en coherencia con los principios agroecológicos y de economía circular.

## Bibliografía

- Bermúdez, J. R., & Swarzenski, P. W. (2021). A microplastic size classification scheme aligned with universal plankton survey methods. *MethodsX*, 8, 101516. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101516>
- Betancourt, C. R. (2025). El plástico, características y principales impactos. Su uso en la agricultura, recomendaciones para su manejo. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 10(1), 49-59. <https://doi.org/10.24054/cyta.v10i1.3862>.
- Bigalke, M., Fieber, M., Foetisch, A., Reynes, J., & Tollan, P. (2022). Microplastics in agricultural drainage water: A link between terrestrial and aquatic microplastic pollution. *Science of the Total Environment*, 806, 150709. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150709>
- Horton, A. A., Walton, A., Spurgeon, D. J., Lahive, E., & Svendsen, C. (2017). Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of the Total Environment*, 586, 127- 141. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.190>.
- Juan-García, A., Gallego, C., & Font, G. (2015). Toxicidad del bisfenol A: Revisión. *Revista de Toxicología*, 32(2), 144–160. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91942717014>
- Kedzierski, M., Cirederf-Boulant, D., Palazot, M., Yvin, M., & Bruzard, S. (2023). Continents of plastics: An estimate of the stock of microplastics in agricultural soils. *Science of the Total Environment*, 880, 163294. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163294>
- Persson, L., Carney Almroth, B. M., Collins, C. D., Cornell, S., de Wit, C. A., Diamond, M. L., Fantke, P., Hassellöv, M., MacLeod, M., Ryberg, M. W., Søgaard Jørgensen, P., Villarrubia-Gómez, P., Wang, Z., & Hauschild, M. Z. (2021). Outside the safe operating space of the planetary boundary for novel entities. *Environmental Science & Technology*, 56, 1510-1521. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04158>
- Sa'adu, I., & Farsang, A. (2023). Plastic contamination in agricultural soils: A review. *Environmental Sciences Europe*, 35(13). <https://doi.org/10.1186/s12302-023-00720-9>
- Sbarbati N. N. (2020). *Residuos plásticos en Argentina: su impacto ambiental y en el desafío de la economía circular* / Norma Sbarbati Nudelman; editado por Norma Sbarbati Nudelman. - 1a ed volumen combinado. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: ANCEF - Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Tuvo, B., Scarpaci, M., Bracaloni, S., Esposito, E., Costa, A. L., Ioppolo, M., & Casini, B. (2023). Microplastics and antibiotic resistance: The magnitude of the problem and the emerging role of hospital wastewater. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(10), 5868. <https://doi.org/10.3390/ijerph20105868>
- Vox, G., Schettini, E., Stefani, L., Modesti, M., & Ugel, E. (2008). Effects of agrochemicals on the mechanical properties of plastic films for greenhouse covering. *Acta Horticulturae*, 801, 155–162. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.801.12>.
- Wang, T., Wang, Z., Guo, L., Zhang, J., Li, W., He, H., Zong, R., Wang, D., Jia, Z., & Wen, Y. (2021). Experiences and challenges of agricultural development in an artificial oasis: A review. *Agricultural Systems*, 193, 103220. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103220>

# Servicios Ecosistémicos y Sistemas Agroforestales: Oportunidad Estratégica para el Sector Agropecuario

Dr. Carlos A. Salas-Macías

Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. ORCID: <https://doi.org/10.1002/fes3.115>, Correo: [salas@utm.edu.ec](mailto:salas@utm.edu.ec). Ingeniero Agropecuario, Magíster en Administración y Mercadeo Agropecuario, Magíster en Agroforestería Tropical, Doctor en Ingeniería y Ciencias Ambientales. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1641-1571>. Correo electrónico: [carlos.salas@utm.edu.ec](mailto:carlos.salas@utm.edu.ec)

## Introducción

El sector agropecuario global se encuentra en una encrucijada crítica (Campbell et al., 2017). Por un lado, la presión por incrementar la producción para alimentar a una población mundial que, según las proyecciones más recientes de las Naciones Unidas, pasará de 8,2 mil millones en 2024 a cerca de 10.3 mil millones hacia mediados de 2080 (United Nations (UN), 2024). Por otro lado, el modelo de intensificación agrícola convencional, basado en el alto uso de insumos sintéticos, la mecanización a gran escala y la especialización en monocultivos, ha revelado sus profundas limitaciones y costos ecológicos (Abdo et al., 2025; Araújo et al., 2023; Buttel, 2006; Dewitt, 2008; Gupta et al., 2024; Menegat, 2025). Este paradigma ha sido un motor significativo de la degradación de tierras, la pérdida de un tercio del suelo arable global, la contaminación de acuíferos, una alarmante disminución de la biodiversidad y la contribución de aproximadamente un cuarto de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (Laborde et al., 2021). Este escenario de crisis socioecológica exige una transición urgente hacia modelos de producción que integren la productividad con la sostenibilidad ambiental.

Este sombrío escenario de crisis socioecológica no es una proyección a futuro, sino una realidad presente que compromete la capacidad misma de los ecosistemas para sustentar la producción de alimentos. La investigación ha demostrado de manera concluyente que la expansión agrícola es el principal impulsor de la deforestación y la pérdida de hábitats a nivel mundial, generando profundos conflictos entre la producción de alimentos y la conservación ambiental (Foley et al., 2005; Millennium Ecosystem Assessment, 2005). La dependencia de insumos externos no solo incrementa los costos para los productores, sino que también degrada la base misma de su sustento: un suelo sano y un ambiente equilibrado. Este modelo, en definitiva, ha externalizado sus costos ambientales y sociales, y exige una transición urgente e impostergable hacia modelos de producción que no solo sean productivos, sino que también regeneren y fortalezcan la base de recursos naturales. Es imperativo, por tanto, transitar hacia un paradigma que integre la productividad con la sostenibilidad ambiental y la resiliencia a largo plazo.

En este contexto de necesaria transformación, el enfoque de los servicios ecosistémicos, popularizado y consolidado por la histórica Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), ofrece un marco conceptual invaluable para rediseñar nuestros sistemas productivos. Define los servicios ecosistémicos como los múltiples y variados beneficios que la humanidad obtiene de las funciones intrínsecas de los ecosistemas, clasificándolos en servicios de provisión (alimentos, agua), de regulación (secuestro de carbono, control de la erosión), de soporte (ciclo de nutrientes, formación de suelo) y culturales. La agricultura convencional ha tendido a maximizar un único servicio —la provisión de alimentos— a expensas críticas de los servicios de regulación y soporte, generando un desequilibrio con graves consecuencias (Zhang et al., 2007).

Es precisamente en esta intersección entre la necesidad de producir y la urgencia de conservar donde los sistemas agroforestales (SAF) —prácticas de uso de la tierra que integran árboles y arbustos leñosos en paisajes agrícolas y ganaderos— emergen como una solución probada y multifuncional. Lejos de ser una mera técnica de diversificación, la agroforestería representa un rediseño fundamental del agroecosistema para optimizar deliberadamente las sinergias ecológicas. La evidencia científica demuestra que, al incorporar árboles en las fincas, se potencia una gama completa de servicios ecosistémicos (Jose, 2009). Estos sistemas mejoran la fertilidad del suelo (Shahzad et al., 2024), aumentan la captura de carbono tanto en la biomasa como en el suelo (Jhariya et al., 2024; Pankaj et al., 2024), mejoran la regulación hídrica y reducen drásticamente la erosión (Nair et al., 2015a), al tiempo que pueden incrementar la biodiversidad de polinizadores y controladores de plagas (Pumariño et al., 2015).

## **Desarrollo**

### **Servicios Ecosistémicos: Estabilidad, Productividad y Soberanía Agroalimentaria**

Los servicios de regulación son quizás los beneficios más documentados y de mayor impacto de los SAF (Akhter et al., 2025; Bhat et al., 2024). La estructura multinivel de estos sistemas modera los procesos ambientales extremos, creando un agroecosistema más estable y resiliente. Uno de los aportes más significativos es el control de la erosión y la conservación del suelo (Atangana et al., 2014; Nair et al., 2015b). Las copas de los árboles interceptan la lluvia, reduciendo la energía cinética de las gotas y su impacto erosivo sobre la superficie del suelo. Simultáneamente, el sistema radicular de los árboles y la acumulación de hojarasca (mantillo) mejoran la estructura del suelo, aumentando la agregación y estabilidad, lo que lo hace menos susceptible a la erosión hídrica y eólica (Jose, 2009).

En cuanto a la regulación hídrica, los SAF funcionan como "esponjas" en el paisaje. Al mejorar la infiltración del agua en el suelo gracias a la mayor macroporosidad y actividad biológica, reducen la escorrentía superficial, lo que mitiga las inundaciones y favorece la recarga de acuíferos (Pavlidis & Tsihrintzis, 2018). Además, la sombra proyectada por la cubierta arbórea reduce la temperatura del suelo y la evaporación directa, conservando la humedad por más tiempo y creando un

microclima más benigno que amortigua el estrés hídrico de los cultivos durante las sequías (Fahad et al., 2022).

En el contexto de la crisis climática, los SAF son una herramienta fundamental para la mitigación y adaptación. Son reconocidos como una de las estrategias de "agricultura climáticamente inteligente" más eficaces (Dmuchowski et al., 2024). A través de la fotosíntesis, los árboles capturan CO<sub>2</sub> atmosférico y lo almacenan a largo plazo en su biomasa aérea y subterránea, así como en el carbono orgánico del suelo. Las tasas de secuestro de carbono en sistemas agroforestales son significativamente más altas que en pasturas o cultivos anuales sin árboles, convirtiendo a las fincas en sumideros netos de carbono (Nair et al., 2009).

Los servicios de soporte son aquellos necesarios para la producción de todos los demás servicios ecosistémicos (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Los SAF fortalecen estos cimientos de manera excepcional. El ciclo de nutrientes es un ejemplo paradigmático (Raj et al., 2024). Las raíces profundas de muchas especies arbóreas actúan como "bombas de nutrientes", capturando nutrientes como el nitrógeno y el fósforo que han sido lixiviados a capas profundas del suelo, fuera del alcance de los cultivos anuales, y los reincorporan a la superficie a través de la caída de hojarasca (Balasubramanian et al., 2024). Ciertas especies de árboles, particularmente las leguminosas, pueden además fijar nitrógeno atmosférico, enriqueciendo el suelo de forma natural y reduciendo la dependencia de fertilizantes nitrogenados sintéticos, con los consecuentes beneficios económicos y ambientales (Singh et al., 2024).

Asimismo, la heterogeneidad estructural de los SAF crea una multiplicidad de nichos ecológicos que albergan una mayor biodiversidad funcional en comparación con los monocultivos (Mlambo et al., 2024). Esta diversidad no es un mero adorno estético; es la base de servicios cruciales. Los SAF proveen hábitat, refugio y recursos alimenticios para poblaciones de insectos polinizadores, que son vitales para la productividad de numerosos cultivos, y para artrópodos depredadores y parasitoides que actúan como agentes de control biológico de plagas (P. Udawatta et al., 2019; Santos et al., 2022). Este "servicio de control de plagas" puede disminuir la incidencia de brotes y reducir la necesidad de aplicaciones de pesticidas, protegiendo la salud humana y del ecosistema.

Si bien la agricultura convencional se enfoca en maximizar la provisión de un único producto, los SAF optimizan la provisión de un portafolio diversificado de bienes. Esta diversificación es una estrategia clave para la resiliencia económica (Kittur et al., 2024). Los agricultores no dependen de la volatilidad del precio de un solo commodity. Pueden obtener ingresos de la venta de madera de alta calidad, postes, leña, frutos, nueces, resinas, fibras, forraje para el ganado y plantas medicinales, además de sus cultivos anuales o productos ganaderos (Garrity, 2004; Perfecto & Vandermeer, 2010). Esta cartera de productos distribuye el riesgo económico y puede generar flujos de ingreso en diferentes momentos del año, mejorando la estabilidad financiera de la unidad productiva.

Más allá de la rentabilidad, esta diversificación tiene implicaciones directas para la seguridad alimentaria y nutricional de las familias agricultoras. La disponibilidad de frutas, nueces y otros alimentos provenientes de los árboles en la finca mejora la calidad y variedad de la dieta. La producción de forraje arbóreo puede sostener al ganado durante la estación seca, asegurando la disponibilidad de leche y carne. De este modo, los SAF contribuyen directamente a la soberanía alimentaria, fortaleciendo la capacidad de las comunidades para controlar su propio suministro de alimentos de manera sostenible.

## Conclusiones

La evidencia científica acumulada confirma de manera inequívoca que los sistemas agroforestales son modelos de uso de la tierra multifuncionales que superan la dicotomía entre producción y conservación. Al integrar árboles en los paisajes agrícolas, se cataliza un conjunto de procesos ecológicos que resultan en una provisión robusta y diversificada de servicios ecosistémicos de regulación, soporte y provisión. Para el sector agropecuario, esto se traduce en una oportunidad estratégica para construir resiliencia frente a la variabilidad climática y la volatilidad de los mercados, reducir la dependencia de insumos externos costosos y ambientalmente perjudiciales, y restaurar el capital natural —suelo, agua y biodiversidad— que sustenta la productividad a largo plazo.

Sin embargo, la transición hacia una adopción más amplia de la agroforestería no está exenta de desafíos. Requiere un cambio de paradigma no solo entre los productores, sino también en las instituciones de investigación, extensión y financiamiento. Es imperativo desarrollar políticas públicas que incentiven activamente a los agricultores a adoptar estas prácticas, por ejemplo, a través de pagos por servicios ecosistémicos o acceso a créditos preferenciales. La investigación debe continuar optimizando los diseños de SAF para diferentes contextos socioecológicos, y los servicios de extensión deben ser fortalecidos para transferir este conocimiento de manera efectiva.

## Referencias bibliográficas

- Abdo, A. I., Sun, D., Shi, Z., Abdel-Fattah, M. K., Zhang, J., & Kuzyakov, Y. (2025). Conventional agriculture increases global warming while decreasing system sustainability. *Nature Climate Change*, 15(1), 110–117. <https://doi.org/10.1038/s41558-024-02170-4>
- Akhter, A., Dutt, V., Bhat, G. M., Jan, H., Rafiq, S., Akbar, R., & Jan, R. (2025). Ecosystem services through agroforestry: A review. *Ecology, Environment and Conservation*, 31(Suppl.), S416–S422. <https://doi.org/10.53550/EEC.2025.v31i02s.072>
- Araújo, R. G., Chavez-Santoscoy, R. A., Parra-Saldívar, R., Melchor-Martínez, E. M., & Iqbal, H. M. N. (2023). Agro-food systems and environment: Sustaining the unsustainable. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, 31. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2022.100413>
- Atangana, A., Khasa, D., Chang, S., & Degrande, A. (2014). Agroforestry for soil conservation. En A. Atangana, D. Khasa, S. Chang, & A. Degrande (Eds.), *Tropical agroforestry* (pp. 203–216). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-7723-1\\_9](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7723-1_9)

- Balasubramanian, A., Anjali, K. S., Swathiga, G., Abbas, G., & Krishnan, S. N. (2024). Soil nutrient dynamics and cycling under agroforestry. En H. S. Jatav, V. D. Rajput, T. Minkina, E. D. Van Hullebusch, & A. Dutta (Eds.), *Agroforestry to combat global challenges: Current prospects and future challenges* (pp. 109–125). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-7282-1\\_6](https://doi.org/10.1007/978-981-99-7282-1_6)
- Bhat, J. A., Shukla, G., Dobriyal, M. J., Chakravarty, S., Arunachalam, A., & Bussmann, R. W. (2024). *Sustainable forest resources management*. Apple Academic Press. <https://doi.org/10.1201/9781003539070>
- Buttel, F. H. (2006). Sustaining the unsustainable: Agro-food systems and environment in the modern world. En *Handbook of rural studies*. <https://doi.org/10.4135/9781848608016.n15>
- Campbell, B. M., Beare, D. J., Bennett, E. M., Hall-Spencer, J. M., Ingram, J. S. I., Jaramillo, F., Ortiz, R., Ramankutty, N., Sayer, J. A., & Shindell, D. (2017). Agriculture production as a major driver of the earth system exceeding planetary boundaries. *Ecology and Society*, 22(4). <https://doi.org/10.5751/ES-09595-220408>
- Dewitt, C. B. (2008). Unsustainable agriculture and land use: Restoring stewardship for biospheric sustainability. En *Creation in crisis: Christian perspectives on sustainability*.
- Dmuchowski, W., Baczewska-Dąbrowska, A. H., & Gworek, B. (2024). The role of temperate agroforestry in mitigating climate change: A review. *Forest Policy and Economics*, 159, 103136. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2023.103136>
- Fahad, S., Chavan, S. B., Chichaghare, A. R., Uthappa, A. R., Kumar, M., Kakade, V., Pradhan, A., Jinger, D., Rawale, G., Yadav, D. K., Kumar, V., Farooq, T. H., Ali, B., Sawant, A. V., Saud, S., Chen, S., & Poczai, P. (2022). Agroforestry systems for soil health improvement and maintenance. *Sustainability*, 14(22). <https://doi.org/10.3390/su142214877>
- Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Coe, M. T., Daily, G. C., Gibbs, H. K., Helkowski, J. H., Holloway, T., Howard, E. A., Kucharik, C. J., Monfreda, C., Patz, J. A., Prentice, I. C., Ramankutty, N., & Snyder, P. K. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309(5734). <https://doi.org/10.1126/science.1111772>
- Garrity, D. P. (2004). Agroforestry and the achievement of the Millennium Development Goals. *Agroforestry Systems*, 61(1), 5–17. <https://doi.org/10.1023/B:AGFO.0000028986.37502.7c>
- Gupta, H., Kumar, S., Pandey, R., Thapliyal, S., Shaji, A., & Kumar, A. (2024). An overview of anthropogenic changes in land use and land cover, with specific attention to climate change and unsustainable agriculture. *International Journal of Environment and Climate Change*, 14(1). <https://doi.org/10.9734/ijec/2024/v14i13855>
- Jhariya, M. K., Meena, R. S., Banerjee, A., Kumar, S., & Raj, A. (2024). Agroforestry for carbon and ecosystem management: An overview. En *Agroforestry for carbon and ecosystem management* (pp. 3–16).
- Jose, S. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: An overview. *Agroforestry Systems*, 76(1). <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7>

- Kittur, B. H., Upadhyay, A. P., Jhariya, M. K., Raj, A., & Banerjee, A. (2024). Agroforestry for resource diversification and sustainable development. En *Agroforestry for carbon and ecosystem management* (pp. 19–32). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95393-1.00028-2>
- Laborde, D., Mamun, A., Martin, W., Piñeiro, V., & Vos, R. (2021). Agricultural subsidies and global greenhouse gas emissions. *Nature Communications*, 12(1), 2601. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22703-1>
- Menegat, S. (2025). The geography of conventional agriculture’s unsustainability. *Nature Climate Change*, 15(1), 20–21. <https://doi.org/10.1038/s41558-024-02143-7>
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press.
- Mlambo, D., Sebata, A., Chichinye, A., & Mabidi, A. (2024). Agroforestry and biodiversity conservation. En *Agroforestry for carbon and ecosystem management* (pp. 63–78). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95393-1.00008-7>
- Nair, P. K. R., Kang, B. T., & Kass, D. C. L. (2015a). Nutrient cycling and soil-erosion control in agroforestry systems. En *Agriculture and environment: Bridging food production and environmental protection in developing countries*. <https://doi.org/10.2134/asaspecpub60.c7>
- Nair, P. K. R., Kang, B. T., & Kass, D. C. L. (2015b). Nutrient cycling and soil-erosion control in agroforestry systems (pp. 117–138). <https://doi.org/10.2134/asaspecpub60.c7>
- Nair, P. K. R., Kumar, B. M., & Nair, V. D. (2009). Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172(1). <https://doi.org/10.1002/jpln.200800030>
- Udawatta, R. P., Rankoth, L., & Jose, S. (2019). Agroforestry and biodiversity. *Sustainability*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/su11102879>
- Pankaj, Bhardwaj, K. K., Yadav, R., Goyal, V., Sharma, M. K., & Ahlawat, K. S. (2024). Role of agroforestry systems in enrichment of soil organic carbon and nutrients: A review. *Environment Conservation Journal*, 25(1). <https://doi.org/10.36953/ECJ.24682672>
- Pavlidis, G., & Tsihrintzis, V. A. (2018). Environmental benefits and control of pollution to surface water and groundwater by agroforestry systems: A review. *Water Resources Management*, 32(1), 1–29. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1805-4>
- Perfecto, I., & Vandermeer, J. (2010). The agroecological matrix as alternative to the land-sparing/agriculture intensification model. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(13), 5786–5791. <https://doi.org/10.1073/pnas.0905455107>
- Pumariño, L., Sileshi, G. W., Gripenberg, S., Kaartinen, R., Barrios, E., Muchane, M. N., Midega, C., & Jonsson, M. (2015). Effects of agroforestry on pest, disease and weed control: A meta-analysis. *Basic and Applied Ecology*, 16(7). <https://doi.org/10.1016/j.baae.2015.08.006>

- Raj, M., Lal, K., Satdev, Kumari, P., Kumari, S., Dubey, V. K., Sushant, Ghosh, M., & Kumar, S. (2024). Potential nutrient cycling and management in agroforestry. En H. S. Jatav, V. D. Rajput, T. Minkina, E. D. Van Hullebusch, & A. Dutta (Eds.), *Agroforestry to combat global challenges: Current prospects and future challenges* (pp. 71–92). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-7282-1\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-99-7282-1_4)
- Santos, M., Cajaiba, R. L., Bastos, R., Gonzalez, D., Petrescu Bakış, A.-L., Ferreira, D., Leote, P., Barreto da Silva, W., Cabral, J. A., Gonçalves, B., & Mosquera-Losada, M. R. (2022). Why do agroforestry systems enhance biodiversity? Evidence from habitat amount hypothesis predictions. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.630151>
- Shahzad, L., Waheed, A., Sharif, F., & Ali, M. (2024). Soil fertility and soil biodiversity health under different agroforestry systems. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-7282-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-99-7282-1_1)
- Singh, N. R., Singh, A., Devi, N. P., Kumar, Y. B., Sangma, R. H. Ch., Philanim, W. S., Devi, M. P., & Bhutia, P. L. (2024). Agroforestry for soil health. En *Agroforestry* (pp. 255–283). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781394231164.ch9>
- United Nations. (2024). *World population prospects 2024*. United Nations.
- Zhang, W., Ricketts, T. H., Kremen, C., Carney, K., & Swinton, S. M. (2007). Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economics*, 64(2). <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.02.024>

# Avances y desafíos de la agroecología en Colombia

Álvaro Acevedo Osorio

Profesor Asociado de la Universidad Nacional de Colombia. Miembro de la Red Nacional de Agricultura Familiar (líder del eje de investigaciones), del Movimiento Agroecológico Latinoamericano (MAELA) y de la Alianza por la Agrobiodiversidad en Colombia. Integrante de la Junta Directiva del Grupo Semillas. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2132-4891>. Correo electrónico: [aacevedoo@unal.edu.co](mailto:aacevedoo@unal.edu.co)

## 1. Antecedentes y cinco décadas de agroecología en Colombia

La historia de la agricultura se remonta a 10.000-12.000 años en la historia de la humanidad. Constituye tal vez la invención más importante lograda hasta la actualidad por parte de la humanidad, porque permitió el crecimiento de las sociedades. NO es coincidencia que las civilizaciones más prósperas hayan surgido en aquellos lugares del planeta donde la agricultura tuvo su mayor desarrollo.

En esta historia se pueden reconocer 3 formas importantes de agriculturas: agriculturas tradicionales, agricultura de revolución verde y agricultura por transgénesis. No obstante, el predominio lo tienen las agriculturas tradicionales que surgieron y evolucionaron en todo el planeta, durante más de 9900 años en una relación muy estrecha entre las comunidades y los diferentes ecosistemas que habitaron.

En esa larga historia de agriculturas tradicionales surgieron los centros de origen de las semillas, como aquellos lugares privilegiados desde el punto de vista ambiental, donde los grupos humanos en un largo proceso de “fitomejoramiento popular” seleccionaron y fijaron características específicas en las especies alimenticias. Las semillas surgieron en un largo proceso biocultural.

La revolución verde representa una innovación relativamente reciente. En solo 70 años transformaron radicalmente las formas de hacer agricultura para buscar, por la vía de la industrialización, homogenizar y producir a escala alimentos a partir de energía fósil. Los paquetes de tecnología promovidos por la revolución verde han desestructurado las formas tradicionales de producir alimentos en todo el mundo, promoviendo un modelo único independiente de las características bioculturales de los grupos humanos.

La transgénesis representa una agudización de la propuesta tecnológica de la revolución verde y se caracteriza por procesos de fitomejoramiento basados en ingeniería genética que permite cruzar genes entre especies distintas.

A partir del reconocimiento de las externalidades generadas por la agricultura convencional (revolución verde y transgénesis) especialmente deterioro de suelos, contaminación de aguas, pérdida de biodiversidad y agrobiodiversidad, contaminación de alimentos y deterioro de la salud humana, pérdida de conocimientos, desestructuración de grupos sociales, etc..., se hace necesario reconstruir la relación entre sociedad y naturaleza fracturada por este modelo globalizador de producción.

En este contexto, surge la sustentabilidad como un paradigma distinto para pensar en una agricultura y unos sistemas alimentarios distintos, que recuperen buena parte de una racionalidad perdida, pero que atienda a las necesidades actuales de recuperar los ecosistemas deteriorados y recomponga relaciones justas entre los grupos humanos y enfrente los desafíos de la variabilidad climática, entre otros.

La agroecología como ciencia de la complejidad, se enmarca en este paradigma de la sustentabilidad.

La historia de la agroecología en Colombia se puede resumir en 5 etapas así:

Década de 1980: década centrada en la promoción de tecnologías apropiadas que hicieran frente a los problemas ambientales generados la agricultura convencional.

Década de 1990: surgen las escuelas de agroecología como experiencias de formación en campo con grupos de agricultores en intercambio horizontal de conocimientos, bajo principios pedagógicos y de investigación acción participativa propuestos por Paulo Freire y Orlando Fals Borda, respectivamente. Las escuelas de agroecología promovieron el conocimiento agroecológico aplicado a los procesos productivos en campo.

Década de 2000: Fueron promovidas experiencias de mercados locales para la distribución de productos agroecológicos. Se generan esquemas de certificación de la calidad de los productos a partir de esquemas sociales de confianza, bajo la figura de Sistemas Participativos de Garantía.

Periodo de 2010 y hasta la actualidad: Surge un interés creciente de la institucionalidad gubernamental por la agroecología. Animados por organismos multilaterales como la FAO, los gobiernos han incluido la agroecología como un elemento de sus programas agrícolas.

En esta historia es necesario remarcar, que el surgimiento de la agroecología se da en el seno de las organizaciones sociales que la han impulsado desde sus convicciones y prácticas.

Se define la agroecología como una ciencia híbrida, multidisciplinaria, transdisciplinaria y sistémica para la agricultura sustentable que:

1. Mejora la productividad y soberanía alimentaria
2. Protege la base de bienes naturales
3. genera una economía viable a la familia y comunidad rural

4. propende por la igualdad y justicia socio cultural
5. garantiza mejor calidad de vida para las familias rurales y la sociedad en general

## **2. Agroecología y Agricultura Campesina, Familiar y Étnico Comunitaria**

Dada la estrecha relación entre Agroecología y agriculturas tradicionales, es muy importante resaltar el papel que ha tenido la categoría emergente de la Agricultura Campesina, Familiar, Étnica y Comunitaria (ACFEC) en Colombia.

Esta categoría surge en el país a partir de los debates mundiales promovidos por la FAO para posicionar las agriculturas tradicionales para alcanzar mayores niveles de seguridad alimentaria en el mundo. Aunque promovida a nivel global como una estrategia para “empresarizar a los grupos familiares rurales”, en Colombia ha tomado un rumbo particular a partir de las discusiones promovidas desde el carácter multidimensional que conforma las formas de vida rural. Este enfoque propio de la sociología rural, ha permitido entender que los agricultores tradicionales han conformado una racionalidad ecológica y económica particular que les ha permitido sobrevivir a pesar de las muchas adversidades que han tenido que enfrentar históricamente.

Esta particular racionalidad, se construye a partir de flujos con la naturaleza, con la sociedad y con el mercado, que les ha permitido mantener autonomía en un mundo donde la globalización de la economía y la promoción de la agricultura convencional, ha sido la mayor amenaza para la continuidad de su forma particular de vida.

En este sentido, la agroecología se preocupa para mantener viva esa racionalidad y potenciarla promoviendo formas de producción, transformación y consumos que son compatibles con las características socioculturales de las comunidades tradicionales de agricultores. No se trata de volver al pasado, pero sí de potenciar sus capacidades relocalizando a estas comunidades en nuevos escenarios sociales y económicos en procura de mejores condiciones de soberanía alimentaria y mejoramiento de las condiciones sociales de toda la población mundial.

## **3. La Agroecología Política y las respuestas a la crisis socio ambiental en Colombia**

La Agroecología Política, surge como un enfoque científico particular para hacer visibles con condiciones históricas que generan inseguridad alimentaria desde condiciones estructurales que la generan y agudizan. A su vez, la agroecología política sugiere las condiciones que harían posible la transformación de los sistemas alimentarios para lograr condiciones de soberanía alimentaria.

En este contexto, se enuncian los Impulsores de AGROECOLOGÍA en Colombia

- Acuerdo de paz, 2016. Incluye entre sus planteamientos, elementos propios del pensamiento agroecológico.

- Surgimiento de la categoría sociopolítica AGRICULTURA CAMPESINA, FAMILIAR Y COMUNITARIA mediante la Resolución 464 de 2017 del MADR.
- Reconocimiento del campesinado como sujeto de derechos y de especial protección. Artic . 64 de la Constitución Política de Colombia.
- Proyecto de ley 150 de 2024 de Agroecología. Segundo debate en la comisión 6 (Nov 5 de 2024). Representa el esfuerzo del legislativo por promover la agroecología desde las leyes.
- Política Pública de Agroecología. Resolución 331 de 28 de noviembre de 2024. Representa el esfuerzo del ejecutivo, que se ha hecho realidad en la resolución y en este momento avanza en su implementación.
- Reconocimiento de los Territorios Campesinos Agroalimentarios y Ecosistemas Acuáticos Agroalimentarios. Artic . 357 del Plan Nacional de Desarrollo 2022 2026.
- Declaración de nuevas zonas de reserva campesina, dado que en los últimos dos años se han creado 14 nuevas zonas.
- La coordinación de los movimientos sociales para fortalecer su capacidad de incidencia política a partir de la creación de una alianza nacional denominada como Movimiento Agroecológico Colombiano, MACO, que sostiene un diálogo constante con la institucionalidad alrededor de la política pública en agroecología.

## **Conclusiones**

- La Agroecología reconoce el valor de las agricultoras tradicionales y retoma elementos de su racionalidad para proyectar formas de agricultura sustentable que reposicionen estas agricultoras tradicionales proyectándolos a nuevos escenario económicos y sociales.
- Como ciencia híbrida y de la complejidad, la agroecología propone un cambio de paradigma que haga posible la transformación de los sistemas alimentarios para hacerlos sustentables, resilientes y saludables.
- En Colombia se generan condiciones desde el ámbito político que dan impulso a la agroecología. El papel de los movimientos sociales ha sido crucial en este avance de la agroecología en el país.

# Ponencias orales

## **Desarrollo de planes prediales agroecológicos en la agricultura familiar campesina del municipio de Maripí, Boyacá**

Yenny Lorena López Torres<sup>1</sup>; Cristian Alejandro Pérez-Alarcón<sup>2</sup>; Johann Shocker Restrepo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ingeniera Agrónoma, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Avenida Central del Norte 39-115, 150003 Tunja, Boyacá. lopezyenny354@gmail.com; <sup>2</sup>Grupo de Investigación TERRAS - Territorios, Agroecología y Sistemas Agroalimentarios, Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá, Carrera 30 N 45-03. cperezal@una.edu.co; <sup>3</sup>Grupo de Investigación TERRAS - Territorios, Agroecología y Sistemas Agroalimentarios, Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá, Carrera 30 N 45-03. jsrestrepor@unal.edu.co.

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Desarrollar planes prediales agroecológicos con estrategias que fortalezcan la agricultura familiar campesina en el municipio de Maripí, Boyacá.

#### **Metodología**

En Maripí se identificaron 10 unidades de producción (UP) con una extensión 2 a 5 hectáreas y caracterizadas por la presencia de bosques, fuentes hídricas y cultivos como caña, plátano, cítricos, café y/o cacao. Se aplicaron herramientas del Diagnóstico Rural Participativo (DRP) para identificar problemáticas y soluciones, además de encuestas en la fase inicial de acercamiento comunitario. También se hizo promoción del conocimiento a través de escuelas de campo agroecológicas (ECAs). Con base en la información recopilada, se desarrollaron la planificación y análisis de planes prediales agroecológicos de las UP.

#### **Resultados**

Los miembros de las UP presentaron baja escolaridad, núcleos familiares entre 2 y 7 personas y prolongada permanencia en sus fincas (mayor a 10 años). El área en uso actual osciló entre 29,3 % y 86,4 %, mientras que los diseños prediales propuestos mostraron un uso promedio del 84 %, lo que representa un aumento del 27,6 %. El número de actividades por UP pasó de 5,5 a 9 en promedio, con énfasis en las de tipo agrícola. No obstante, se identificó limitada incorporación de áreas de conservación y desafíos para verificar la implementación de las prácticas y planes propuestas.

#### **Conclusiones**

Se identificaron patrones que evidencian tanto limitaciones como potencialidades de las UP para transitar hacia modelos más sostenibles. El estudio demuestra el valor del diseño predial participativo como herramienta eficaz para avanzar en transiciones agroecológicas desde las realidades locales, aunque persisten retos en términos de acompañamiento técnico y articulación territorial.

**Palabras clave:** Agroecología, agricultura campesina, diseño predial, diálogo de saberes.

## **Competencias en extensión y liderazgo rural para la transición agroecológica: fortalecimiento desde el currículo**

Edwin Manuel Páez Barón

Médico Veterinario Zootecnista, Esp. Sanidad Animal, MSc. en Educación, MSc. en Ciencias Veterinarias, PhD. en Desarrollo Sostenible. Correo: [edwin.paez01@uptc.edu.co](mailto:edwin.paez01@uptc.edu.co); 2Docente Programa de Ingeniería Agronómica. Grupo de investigación Grupo de investigación en desarrollo y producción agraria sostenible-GIPSO, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, UPTC, Tunja, Boyacá.

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Analizar las competencias en extensión y liderazgo en estudiantes del área de Desarrollo y Extensión Rural que pueden aportar, entre otros aspectos, al desarrollo de sistemas agroalimentarios sostenibles.

#### **Metodología**

Se desarrolló una investigación con enfoque mixto orientada a caracterizar competencias y diseñar estrategias para su fortalecimiento, con el fin de mejorar la inserción laboral de los egresados. El componente cualitativo incluyó grupos focales y observación participante, que permitieron analizar percepciones y dinámicas formativas relacionadas con el desarrollo de competencias. El componente cuantitativo se basó en la aplicación de encuestas estructuradas y en el análisis estadístico de los datos recolectados, lo que permitió obtener resultados objetivos y comparables.

#### **Resultados**

Los resultados preliminares señalan que existe un grado medio en conocimientos sobre técnicas, metodologías y herramientas específicas de la extensión rural, lo que sugiere una formación limitada en este campo, lo que hace necesario el refuerzo curricular en los programas del sector agropecuario. Igualmente se observa un grado medio en las competencias y habilidades relacionadas con el liderazgo, aspecto fundamental para la promoción y el desarrollo de estrategias que fomenten las prácticas productivas sostenibles en los territorios.

#### **Conclusiones**

El sector agropecuario en Colombia presenta importantes retos en el marco de la creciente demanda alimentaria mundial. Colombia tiene gran potencial para la producción alimentaria, según la FAO es uno de los siete países del mundo con más potencial para expandir su frontera agrícola. No obstante, se hace necesario generar procesos productivos que mitiguen el impacto negativo que han generado las formas tradicionales de producción y que han causado deterioro y la pérdida progresiva de los recursos naturales y la biodiversidad, en este sentido, las instituciones de educación superior juegan un papel importante en el fortalecimiento de sus currículos para generar estrategias de gestión de sistemas agroalimentarios sostenibles, que contribuyan al desarrollo sostenible. De acuerdo con los resultados obtenidos, se hace necesario establecer mecanismos para el fortalecimiento curricular que permitan el desarrollo de profesionales integrales que puedan contribuir a la generación de capacidades en territorio y la generación de sistemas agroalimentarios sostenibles como estrategia de seguridad alimentaria.

**Palabras clave:** Desarrollo sostenible, sistemas agroalimentarios sostenibles, agroecología.

## **La agroecología y el Manejo Sostenible de Tierra en la producción agrícola. Estudios de Caso.**

Marco Antonio Mojica Madera<sup>1</sup>; Olimpia Nilda Rajadel Acosta<sup>2</sup>; Nelson Arcenio Castro Perdomo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Doctor en Ciencias de la Educación. Docente de la Institución Educativa Francisco Antonio Zea, Pradera, Valle del Cauca. [marcosmo22@yahoo.es](mailto:marcosmo22@yahoo.es) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3465-7647>. <sup>2</sup>Magister en Ciencias agropecuarias. CETAS. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos, Cuba. [olimpianildarajadelacosta@gmail.com](mailto:olimpianildarajadelacosta@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2322-1362>. <sup>3</sup>Doctor en Ciencias. CETAS. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos, Cuba. [ncastroperdomo@gmail.com](mailto:ncastroperdomo@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6939-9473>

### **Resumen**

#### **Objetivo**

El objetivo del presente trabajo es demostrar cómo la visión agroecológica, puede ser conducida usando diferentes herramientas metodológicas, aplicables a la gestión productiva de una entidad, conservando sus recursos y un mejor desempeño.

#### **Metodología**

El trabajo que se presenta está orientado desde dos escenarios diferentes, uno, en una finca en el municipio Abreus, provincia de Cienfuegos Cuba, cuya actividad agroproductiva está centrada mayoritariamente en los cultivos varios; el otro, en la Institución Educativa Francisco Antonio Zea del municipio de Pradera, Valle del Cauca, Colombia, ambos enfocados desde paradigmas agroecológicos. Se utilizaron métodos del orden teórico y empíricos, siendo los fundamentales: el Manejo Sostenible de Tierra como modelo agroproductivo y la investigación contextualizada y dialógica de saberes ancestrales aplicados a la agroecología a través de la Educación Matemática. Se prioriza en la revalorización del conocimiento campesino y en el uso de tecnología innovadoras en procesos tradicionales.

#### **Resultados**

Se lograron mitigar los impactos naturales y antrópicos, negativos, e incrementar la cultura de los productores hacia el uso de las buenas prácticas agrícolas, una vez implementado el Plan de Manejo Sostenible de Tierra y evaluados los indicadores identificados para dicho manejo. Igualmente, se logró construir los procedimientos y la metodología para la contextualización del proceso de enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas en la Educación Media Técnica en las prácticas agrícolas a través de la agroecología y el Manejo Sostenible de Tierra. Del mismo modo, se buscó la consolidación de un currículo contextualizado en Matemáticas que redunde en el fortalecimiento de la identidad cultural, mejor desempeño académico y en la cimentación de la agroecología como espacio formativo.

#### **Conclusión**

Esta experiencia agroecológica entre Colombia y Cuba, evidencia que más allá de ser un modelo productivo se consolida como una estrategia educativa-cultural, capaz de articular saberes ancestrales, tecnología y Ciencias.

**Palabras clave:** buenas prácticas agrícolas; contextualización, Matemática, modelo productivo, identidad cultural.

## **Identificación de los factores que han impulsado la agroecología en la Región de Aysén (norpataagonia chilena): estudio de caso Programa de Transición a la Agricultura Sostenible (TAS); analizando consigo el rol que han tenido las mujeres en este proceso**

Marianela Alejandra Rivas Quilodrán

Estudiante de pregrado - Universidad de Aysén – Carrera de Agronomía - Campus Lillo, Universidad de Aysén; Eusebio Lillo 667, Coyhaique, Chile - Email: [marianela.rivas@alumnos.uaysen.cl](mailto:marianela.rivas@alumnos.uaysen.cl)

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Identificar los factores que han impulsado la agroecología en el caso del Programa TAS en la Región de Aysén, considerando a su vez, el rol que han desempeñado las mujeres en este proceso.

#### **Metodología**

La investigación se realizó a través del estudio de caso a escala local del Programa TAS, impulsado por el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP). Se analizó distintas dimensiones del proceso agroecológico mediante entrevistas semiestructuradas a la coordinadora del programa, como también, a las y los agricultores participantes en él. Se comparó con los impulsores identificados en la literatura y analizó si por la escala estudiada aparecían nuevos factores, y cuál ha sido el rol de las mujeres en el proceso de impulsar la agroecología en la Región de Aysén.

#### **Resultados**

Los resultados preliminares del estudio muestran que el Programa TAS se encuentra presente únicamente en dos de las diez comunas de la Región de Aysén: Coyhaique y Aysén. A pesar de su alcance limitado, destaca la alta participación de mujeres, quienes representan 33 de las 37 personas involucradas. Además, el programa es liderado a nivel regional por una ingeniera agrónoma con enfoque agroecológico, lo que refuerza el protagonismo que están asumiendo las mujeres rurales en estos procesos. Las condiciones climáticas adversas y el aislamiento geográfico, tanto respecto del resto del país como entre localidades de la propia región, han favorecido la permanencia de la Agricultura Familiar Campesina (AFC), creando un entorno propicio para el desarrollo de la agroecología. Los aprendizajes en esta materia provienen tanto de saberes tradicionales como de los contenidos transmitidos por el Programa TAS, enfocados exclusivamente en la dimensión técnico-práctica, también compartidos mayoritariamente por mujeres. A pesar de ello, se ha observado que el programa ha contribuido de forma indirecta al fortalecimiento de dimensiones sociales y políticas entre las agricultoras.

#### **Conclusiones**

Los hallazgos revelan que, pese a su alcance limitado, el Programa TAS ha impulsado aprendizajes agroecológicos relevantes, con fuerte protagonismo de mujeres rurales. Las condiciones territoriales, la transmisión técnico-práctica promovida por el programa y los saberes tradicionales, junto con la escala local del estudio, permitieron visibilizar impulsores que no siempre son visibilizados en estudios de mayor alcance territorial.

**Palabras clave:** Territorialización, ruralidad, feminismo, alternativa.

## **Caracterización de procesos asociativos de pescadores en el cultivo de peces como estrategia económica y de conservación de recursos hidrobiológicos en el municipio de Arauquita-Arauca**

Dacci D. Serpa Sepúlveda<sup>1</sup>; Rosa A. Gómez Barrientos<sup>2</sup>; Leonardo Avendaño Vasquez<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Estudiante de Maestría en Extensión y desarrollo Rural, Universidad de Pamplona. Pamplona. [dacci.serpa@unipamplona.edu.co](mailto:dacci.serpa@unipamplona.edu.co); <sup>2</sup>Departamento de Zootecnia, Grupo de Investigación en Ciencias animales (GICA), [rosa.gomez2@unipamplona.edu.co](mailto:rosa.gomez2@unipamplona.edu.co); <sup>3</sup>Departamento de Zootecnia, Grupo de Investigación Ganadería y Agricultura Sostenible (GIAS). [leonardo.avendano2@unipamplona.edu.co](mailto:leonardo.avendano2@unipamplona.edu.co). Universidad de Pamplona.

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Caracterizar pescadores artesanales productores de cachama blanca (*Piaractus orinoquensis*), afiliados a la Asociación Agropecuaria de Pescadores Artesanales Vereda Bocas del Jujú – ASAPAV BJ de Arauquita -Arauca.

#### **Metodología**

39 productores de la Asociación Agropecuaria de Pescadores Artesanales de Boca del Jujú, distribuidos en las veredas de Bocas del Jujú, canciones, el cedrito, los Pájaros, san Carlos y el centro poblado de la esmeralda del municipio de Arauquita, y afiliados a la Asociación Agropecuaria de Pescadores Artesanales Vereda Bocas del Jujú – ASAPAV BJ, mediante talleres participativos y entrevistas semiestructuradas, fueron obtenidos datos socioeconómicos, productivos y políticos; analizados con enfoque metodológico mixto. Se construyeron tablas de frecuencia, usando la estadística descriptiva, para las variables socioeconómicas; y matriz DOFA y Vester para análisis económicos. El análisis y la elaboración de gráficos se realizaron empleando el programa Excel para Windows como herramienta de procesamiento y modelado de datos.

#### **Resultados**

El 59 % de asociados son masculino, y 41 % femenino; el 26 % de las familias de pescadores está conformada por tres personas y el 77 % de los asociados comprende edades de entre los 27 y 59 años, con un nivel educativo de primaria. el 100 % tienen una dedicación agrícola, siendo la pesca artesanal y el cultivo de peces una actividad económica de subsistencia. El margen de utilidad operativa y neta fue del 37,8 % y 23,3 %, respectivamente. Los costos de alimentación representan el mayor costo en el sistema productivo (64,30 %) Se observó seis problemas activos destacándose la inexistencia de programas de capacitación, falta de asistencia técnica permanente, carencia de instalación para el proceso de sacrificio, malas condiciones de las vías, altos costos de energía y problemas de orden público. La asociación se encuentra inmersa dentro de la política pública bajo la dimensiones vertical y horizontal que involucra procesos de investigación, modelos tecnológicos, financiamiento, extensión e interacción entre productores.

#### **Conclusión**

La asociación de pescadores presenta un modelo asociativo integral que contribuye a sostenimiento de sus socios y conservación del recurso hidrobiológico, apoyado en la política pública existente para los sistemas de producción Piscícolas.

**Palabras clave:** Nativas, alimentación natural, alimento concentrado, jaula flotante, desarrollo rural

## **Percepción de los productores piscícolas sobre el Instrumento de Extensión Zoosanitario implementado por el ICA en El Tarra, Norte de Santander.**

Luis Alejandro Rincón Ortiz.

**ICA. El Tarra, Norte de Santander. [luis.rincon@fedegan-fng.org.co](mailto:luis.rincon@fedegan-fng.org.co);  
[alejorincon@hotmail.com](mailto:alejorincon@hotmail.com)**

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Analizar la percepción de los productores piscícolas del municipio de El Tarra respecto a la aplicabilidad y utilidad del instrumento de extensión zoosanitario implementado por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), identificando los factores que favorecen o limitan su adopción y proponiendo estrategias orientadas al fortalecimiento de la gestión sanitaria y técnica en las unidades productivas acuícolas.

#### **Metodología**

La investigación adoptó un enfoque mixto, de carácter descriptivo. Se aplicaron encuestas estructuradas y entrevistas semiestructuradas a los 25 socios activos de la Asociación de Productores ASOPISTAR. Esta combinación metodológica permitió caracterizar las percepciones, experiencias y niveles de apropiación del instrumento zoosanitario, así como identificar barreras técnicas, sociales y económicas asociadas a su implementación.

#### **Resultados**

Los hallazgos evidenciaron que, aunque el sector piscícola colombiano ha mostrado crecimiento, persisten limitaciones en formalización, modernización y sostenibilidad. En El Tarra, la aplicación del instrumento zoosanitario no ha sido homogénea. Se identificaron barreras como acceso restringido a asistencia técnica, bajo nivel de escolaridad, limitaciones económicas y resistencia al cambio. Asimismo, algunos productores perciben el instrumento como una exigencia adicional, lo que dificulta su implementación y el cumplimiento de las recomendaciones técnicas.

#### **Conclusiones**

El análisis permitió reconocer oportunidades para fortalecer la asistencia técnica, la gestión sanitaria y la sostenibilidad del sector piscícola local. Una mayor apropiación del instrumento de extensión zoosanitario resulta fundamental para mejorar la productividad, la inocuidad de los productos y el acceso a mercados, contribuyendo al desarrollo rural y a la seguridad alimentaria del territorio.

**Palabras clave:** Piscicultura, extensión zoosanitaria, gestión sanitaria.

## **Efecto de la fertilización química y orgánica como fuente de fósforo sobre variables del suelo y crecimiento de la variedad Fedearroz-2000 en San Cayetano, Norte de Santander**

Rodrigo Hernando Yepes Orjuela<sup>1</sup>; Leonides Castellanos González<sup>2</sup>; Enrique Quevedo García<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo, estudiante de la Maestría en Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia. ryepes2010@gmail.com; <sup>2</sup>Docente del Departamento de Agronomía. Grupo de Investigación GIATAS. Universidad de Pamplona, Pamplona, Norte de Santander, Colombia. Correo electrónico: leonides.castellanos@unipamplona.edu.co; <sup>3</sup>Docente del Departamento de Agronomía. Líder del Grupo de Investigación GIAS. Universidad de Pamplona, Pamplona, Norte de Santander, Colombia. Correo electrónico: enrique.garcia@unipamplona.edu.co

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Determinar el efecto de la fertilización química y orgánica como fuente de fósforo en los parámetros del suelo y el crecimiento vegetal de la variedad F-2000 en una finca del municipio de San Cayetano, Norte de Santander.

#### **Metodología**

Este estudio evaluó la influencia de la fertilización química y orgánica en las características del suelo, así como en rasgos vegetativos, fisiológicos, productivos y de calidad del tipo FEDEARROZ 2000 plantado en la finca La Yegüera en 2024, sector Puente Zulia. Se utilizó un diseño de bloques al azar considerando la variabilidad del terreno, con ocho tratamientos (TABS, TSINP, 104qui, 208qui, 312qui, 1ORG, 2ORG y 3ORG), en tres bloques, lo que resultó en 24 unidades experimentales. Se realizaron ANOVA y prueba de Tukey en SPSS 26 a  $p < 0,05$ .

#### **Resultados**

Los tratamientos no tuvieron un efecto significativo en las propiedades químicas del suelo; las diferencias detectadas en MO, N, K, Ca y Mg del suelo fueron influenciadas por la variabilidad del suelo de la finca. El valor de los macollos del cultivo fue mayor en los tratamientos 312QUI y 2ORG. El contenido de N y Mn fue significativamente diferente según los análisis foliares, resaltando los tratamientos con mayor macollaje, mientras que P, K, Ca, Mg, Na y Cu no difirieron. Los bloques afectaron varios de los resultados, resaltando la necesidad de incluir la heterogeneidad espacial del suelo en el diseño experimental.

#### **Conclusiones**

Los tratamientos no causaron ningún cambio significativo en las características químicas del suelo; sin embargo, la variabilidad topográfica interfirió en algunas variables. Las indicaciones de 312qui y 3ORG sobre la mejora del estado nutricional del cultivo de arroz son prometedoras, ya que el bloque fue crucial para la separación de sus efectos, señalando la acción complementaria de los fertilizantes organominerales y minerales.

**Palabras clave:** Arroz, fertilización, abono orgánico, ecofisiología, nutrición, fósforo.

## No toda la hierba silvestre es maleza: Caracterización taxonómica del género *Besleria* en el municipio de El Carmen de Chucurí – Santander.

Javier David Quiroga Nova<sup>1</sup>; Carolina Rueda Arteaga<sup>2</sup>; Carlos Andrés Solano<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Ingeniero Agroforestal, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Semillero Nativos, Bucaramanga. [jquiroga2201@gmail.com](mailto:jquiroga2201@gmail.com). Ingeniera Agrónoma, especialista y Magister en Gestión Ambiental, Líder de Investigación del Semillero NATIVOS de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia; UDR Barrancabermeja. [carolina.rueda@unad.edu.co](mailto:carolina.rueda@unad.edu.co). Estudiante de Ingeniería Forestal, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C. [caasolanoc@udistrital.edu.co](mailto:caasolanoc@udistrital.edu.co)

### Objetivo

Caracterizar taxonómicamente las especies del género *Besleria* en el municipio de El Carmen de Chucurí, Santander, Colombia, enfocándose en su morfología, distribución y potencial ecológico, destacando su importancia en los ecosistemas de bosque húmedo tropical.

### Metodología

El trabajo de campo se realizó en las veredas La Belleza, La Victoria, La Bodega, La Pitala, Villa de Leyva y Honduras Alto, cubriendo un gradiente altitudinal de 300 a 1500 msnm. Se aplicó un muestreo exploratorio intensivo en zonas con distintos grados de conservación. Los ejemplares fértiles recolectados fueron prensados, secados y enviados a los herbarios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDBC) y del Jardín Botánico de Bogotá (JBB) para su determinación taxonómica.

### Resultados

Se identificaron 12 morfoespecies de *Besleria*. Se confirmaron *B. mirifica*, *B. tuberculata*, *B. riparia*, *B. variabilis* y *B. laeta*. Al menos cuatro de las especies recolectadas presentan características morfológicas inéditas, considerándose potencialmente nuevas para la ciencia y están en proceso de descripción formal conforme al Código Internacional de Nomenclatura Botánica (ICN) Las especies restantes están bajo estudio para determinar si son variaciones intraespecíficas, híbridos naturales o nuevas entidades taxonómicas.

### Conclusiones

Los resultados preliminares muestran una alta diversidad del género *Besleria* en la región, sugiriendo que El Carmen de Chucurí es un núcleo importante para este género. A pesar de su valor ecológico y ornamental, muchas especies de *Besleria* son subvaloradas y confundidas con vegetación "sin uso" debido a la falta de conocimiento botánico local, lo que limita su conservación. Es crucial involucrar a las comunidades locales mediante sensibilización y educación ambiental. Estrategias como jardines botánicos comunitarios o cultivos ornamentales podrían fortalecer su conservación *in situ* y *ex situ*, y promover el vínculo entre biodiversidad, identidad territorial y uso sostenible.

**Palabras clave:** Gesneriaceae, biodiversidad, bosque húmedo tropical, nuevas especies, conservación.

## **Influencia de los factores técnicos, sociales e institucionales en la implementación de clones de cacao en el nororiente colombiano**

Jorge Andrés Castillo Acosta<sup>1</sup>; Elizabeth Rochel Ortega<sup>2</sup>; Enrique Quevedo García<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo. Magister en Extensión y Desarrollo Rural. Universidad de Pamplona, Colombia. [jorge.castillo2@unipamplona.edu.co](mailto:jorge.castillo2@unipamplona.edu.co); <sup>2</sup>Ingeniera Agrónoma. Especialista en Transferencia de Tecnología en AGROSAVIA. Universidad Francisco de Paula Santander. E-mail: [liz.rochel31@gmail.com](mailto:liz.rochel31@gmail.com); <sup>3</sup>Doctor en Ciencias Naturales para el desarrollo, Departamento de Agronomía, Líder del Grupo GIAS. Universidad de Pamplona. [enriquegarcia@unipamplona.edu.co](mailto:enriquegarcia@unipamplona.edu.co).

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Estudiar los factores que inciden en la implementación de los clones de cacao FSV41 y TCS01 en las fincas de Campohermoso y El Guadual del municipio de San Vicente de Chucurí, Santander.

#### **Metodología**

Se desarrolló un estudio de enfoque cuantitativo y participativo, con un diseño no experimental de tipo descriptivo. La recolección de datos se realizó mediante encuestas estructuradas aplicadas a una muestra no probabilística conformada por 22 productores de cacao y 25 técnicos extensionistas vinculados al proceso de transferencia tecnológica en las veredas Campohermoso y El Guadual. El instrumento incluyó variables sociodemográficas, prácticas de manejo del cultivo, dinámicas de transferencia tecnológica y percepción sobre los clones FSV41 y TCS01. El análisis de los datos se llevó a cabo mediante estadística descriptiva y la prueba no paramétrica de Friedman, utilizando el software SPSS versión 26.

#### **Resultados**

El proceso de incorporación de los clones FSV41 y TCS01 se encuentra limitado por diversos factores institucionales y técnicos. Entre ellos se destacan la baja frecuencia de las visitas de asistencia técnica, la débil relación entre los agentes de extensión y los productores, y la heterogeneidad en las metodologías empleadas por las distintas entidades encargadas de la transferencia tecnológica. Si bien los productores reconocen el valor agronómico de los clones especialmente en términos de rendimiento y resistencia, solo el 60 % ha implementado los paquetes tecnológicos recomendados. Esta baja adopción se atribuye principalmente al desconocimiento técnico, los costos asociados a su aplicación y la ausencia de un acompañamiento continuo. Asimismo, se identificó una preferencia por otros materiales genéticos, como el clon FEC 2, debido a su mayor adaptabilidad a las condiciones locales y a sus cualidades organolépticas superiores.

#### **Conclusión**

La experiencia de los técnicos y las características agronómicas de los clones FSV41 y TCS01 favorecen su incorporación en las fincas. No obstante, su implementación se ve restringida por limitaciones institucionales y económicas. Los resultados del estudio indican la necesidad de fortalecer la capacitación técnica, mejorar la coordinación entre entidades y desarrollar estrategias de extensión rural contextualizadas que faciliten una adopción más efectiva por parte de los productores.

**Palabras clave:** Transferencia de innovación, capacitación rural, paquetes tecnológicos, sistema de extensión agrícola, adopción de innovaciones.

## Efectos de tres arvenses en la germinación y desarrollo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Sugey Velasco<sup>1</sup>, Amanda Lucia Chaparro<sup>2</sup>, Enrique Quevedo García<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo, Universidad de Pamplona, Magister en Ciencias Agrarias, Grupo de GIAS, Pamplona, Colombia, correo electrónico: [sugey.velasco@unipamplona.edu.co](mailto:sugey.velasco@unipamplona.edu.co); <sup>2</sup>Doctora en Química, Universidad de Pamplona, Programa de Química, Grupo de Investigación GIRN, Pamplona, Colombia, correo electrónico: [achaparro@unipamplona.edu.co](mailto:achaparro@unipamplona.edu.co); <sup>3</sup>Doctor en Ciencias Naturales para el Desarrollo, Universidad de Pamplona, Programa de Ingeniería Agronómica, Grupo de Investigación GIAS, Pamplona, Colombia, correo electrónico: [enriquegarcia@unipamplona.edu.co](mailto:enriquegarcia@unipamplona.edu.co)

### Resumen

#### Objetivo

Evaluar el potencial alelopático de *Cenchrus clandestinus*(Hochst. ex Chiov.) Morrone, *Oxalis filiformis* Kunth y *Adonxanthum odoratum* L. en la germinación de las semillas de frijol *P. vulgaris* cv Cerinza.

#### Metodología

Se recolectaron *C. clandestinus*, *O. filiformis* y *A. odoratum* en Pamplona, se secaron, se trituraron y se prepararon extractos acuosos. Para el efecto alelopático, se usó 9 tratamientos por especie, incluyendo concentraciones de extracto acuoso al 1 %, 2,5 %, y 5 %, por órgano y control agua destilada, en diseño completamente al azar con tres replicas. Se usaron 36 unidades experimentales de 432 semillas por ensayo, se desinfectaron con hipoclorito de sodio, se colocaron en cajas Petri y papel esterilizado con 6 mL de extracto. Diariamente se midió la germinación por 12 días, registrando semillas germinadas con raíz  $\geq 1$  cm, se midió índice de tasa de germinación (ITG), germinación de Scott (IG) y para la espectroscopía FTIR se liofizaron extractos, obteniéndose perfiles moleculares y químico-biomoleculares con espectrofotómetro SHIMADZU. Los datos se analizaron con ANOVA, Tukey, análisis de componentes principales y dendrógramas usando paquetes estadísticos SPSS 26, Minitab y Origin.

#### Resultados

*C. clandestinus* no inhibió la germinación, aunque redujo velocidad (ITG) y aumentó tiempo de germinación (IG) en concentraciones altas. *O. filiformis* tuvo efecto inhibitorio, disminuyendo la germinación y retrasando velocidad, en concentraciones del 5 %. *A. odoratum* mostró un efecto mínimo, sin afectar la germinación ni la velocidad. Los análisis estadísticos confirmaron que concentraciones y órganos de *O. filiformis* tienen efectos alelopáticos sobre la germinación de las semillas de frijol.

#### Conclusiones

Los extractos acuosos de *C. clandestinus*, *O. filiformis* y *A. odoratum* contienen compuestos como polifenoles, nitrilos y xilosanos y tienen un efecto inhibitorio, en altas concentraciones de *O. filiformis* sobre germinación de semilla de frijol.

**Palabras clave:** Espectroscopía, Germinación, *Cenchrus cladestinus*, *Oxalis filiformes*, *Adonxanthum odoratum*, *Phaseolus vulgaris*.

## **Diversificación productiva y seguridad alimentaria en unidades agrícolas familiares de Mutiscua, Norte de Santander**

Yamit García-Carvajal,<sup>1</sup>; Yuly Carolina Rueda Carrillo,<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo. Magister en Ciencias Agrarias. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Pamplona. Pamplona. Colombia. Correo: [yamit.garcia@unipamplona.edu.co](mailto:yamit.garcia@unipamplona.edu.co) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6171-837X>; <sup>2</sup>Psicóloga. Magister en Intervención Social, Facultad de Salud. Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4602-7756>

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Evaluar la diversificación productiva y la seguridad alimentaria en unidades agrícolas familiares del municipio de Mutiscua, Norte de Santander

#### **Metodología**

Se implementó un estudio cuantitativo descriptivo mediante encuestas estructuradas aplicadas a tres unidades agrícolas familiares en Mutiscua, Norte de Santander. La selección de participantes siguió un muestreo no probabilístico basado en representatividad productiva y disponibilidad. Los instrumentos recolectaron datos sobre sistemas productivos, destinos de producción y estrategias adaptativas. El análisis estadístico permitió establecer correlaciones entre la diversificación productiva y componentes de seguridad alimentaria en el contexto de agricultura familiar.

#### **Resultados**

El estudio de tres unidades agrícolas familiares en Mutiscua revela una significativa discrepancia en los datos sobre el destino de la producción. El primer documento indica que los sistemas priorizan el autoconsumo (aproximadamente 75-80%), mientras el segundo documento contradice esta información, señalando que solo el 1% de la producción se destina al autoconsumo, con 99% dirigido al mercado.

Las fincas analizadas, con superficies cultivables inferiores a 1 hectárea, presentan sistemas intensivos de producción hortofrutícola. La Finca 1 (Villa Nueva - Lote 2) produce fresa y lechuga; la Finca 2 (El Guichal) cultiva papa y brócoli; y la Finca 3 (El Sitio) implementa un sistema flexible con énfasis en hortalizas. La evaluación mediante la Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (ELCSA) identifica niveles de seguridad alimentaria leve a moderada en las unidades estudiadas, pese a las limitaciones estructurales en superficie, mecanización y acceso a recursos productivos.

#### **Conclusiones**

Los sistemas agrícolas familiares en Mutiscua priorizan la comercialización (99%) sobre el autoconsumo (1%). Mantienen niveles aceptables de seguridad alimentaria según ELCSA, aunque con vulnerabilidad ante factores externos. Sus estrategias de diversificación constituyen mecanismos adaptativos que maximizan la productividad en pequeñas superficies, combinando conocimientos tradicionales con prácticas agroecológicas modernas, permitiéndoles sostenibilidad a pesar de limitaciones estructurales en recursos y superficie cultivable.

#### **Palabras clave**

Agricultura familiar, Sistemas productivos, Mutiscua, Seguridad alimentaria, Autoconsumo, Comercialización agrícola, Diversificación productiva, Escala ELCSA.

## **Parámetros hematológicos y bioquímicos en equinos: Influencia de la raza, edad, sexo, procedencia geográfica, actividad física y patologías. Una revisión**

It Daly Cristina Sanna Guerrero<sup>1</sup>; John Jairo Bustamante Cano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Médico Veterinario. Maestrante en Ciencias Agrarias. Universidad de Pamplona. Pamplona, Norte de Santander. Correo: cristina.sanna@unipamplona.edu.co, ORCID: 0009-0005-3021-2877;

<sup>2</sup>Médico Veterinario. Docente de Medicina Veterinaria. Universidad de Pamplona, Pamplona, Norte de Santander, correo electrónico: jhonjabu@unipamplona.edu.co; ORCID: 0000-0003-3960-5659.

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Analizar los factores que influyen en parámetros hematológicos y bioquímicos en equinos sanos y enfermos.

#### **Metodología**

Esta revisión analiza estudios científicos sobre parámetros hematológicos y bioquímicos en equinos, considerando raza, edad, sexo, actividad física, región geográfica y presencia de patologías. Se realizó una búsqueda sistemática con palabras clave específicas y se seleccionaron investigaciones con datos cuantitativos. La información fue organizada para identificar patrones y comparar resultados entre estudios.

#### **Resultados**

Se analizaron 21 estudios realizados en equinos de distintas razas y países de Europa, Asia y América, incluyendo caballos autóctonos, de tiro, deportivos y de exposición. Los estudios evaluaron parámetros hematológicos y bioquímicos, así como la influencia del tipo de actividad (reposo, entrenamiento, trabajo) y la presencia de patologías como cólico equino y piroplasmosis. Se encontró que los valores sanguíneos varían significativamente entre razas, lo que resalta la importancia de establecer valores de referencia específicos. Además, la edad y el sexo también influyen en algunos parámetros, lo que debe considerarse en la interpretación de resultados de laboratorio. Se evidenció una relación directa entre la labor realizada por el equino y sus valores hematológicos y bioquímicos. En casos de piroplasmosis, se observaron alteraciones específicas como el aumento en los recuentos leucocitarios y linfocitarios, lo cual subraya el valor diagnóstico de estos parámetros ante enfermedades frecuentes en la especie.

#### **Conclusión**

El análisis de parámetros hematológicos y bioquímicos en equinos permite identificar influencias de raza, edad, sexo, actividad y origen geográfico. El ejercicio y el entrenamiento generan cambios fisiológicos importantes, útiles para evaluar salud y rendimiento. Enfermedades como el cólico y la piroplasmosis se asocian con alteraciones específicas que apoyan su diagnóstico. Existen similitudes y diferencias entre estudios internacionales y nacionales, lo que resalta la necesidad de fortalecer la investigación en el contexto colombiano.

**Palabras clave:** équidos, caracterización hematológica, bioquímica sérica, salud equina.

## **Evaluación de los factores socioeconómicos, técnicos y de mercado que afectan la adopción de variedades de arándano en Chitagá, Mutiscua y Pamplona, Norte de Santander**

José Ignacio Bautista<sup>1</sup>, Ana Francisca González-Pedraza<sup>2</sup>, Enrique Quevedo García<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo, estudiante de la Maestría en Extensión Rural y Desarrollo, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona, Colombia. [jose.bautistam@unipamplona.edu.co](mailto:jose.bautistam@unipamplona.edu.co); <sup>2</sup>Programa de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona, Colombia. [ana.gonzalez2@unipamplona.edu.co](mailto:ana.gonzalez2@unipamplona.edu.co); <sup>3</sup>Profesor de Ingeniería Agronómica, Líder del Grupo (GIAS). Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona, Colombia. [enriquegarcia@unipamplona.edu.co](mailto:enriquegarcia@unipamplona.edu.co),

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Analizar descriptiva y críticamente la literatura tecnocientífica sobre aspectos técnicos, socioeconómicos y ambientales que inciden en la adopción de las variedades Biloxy y Legacy de Arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) en Chitagá, Mutiscua y Pamplona, Norte de Santander.

#### **Metodología**

Se utilizó un enfoque metodológico cualitativo para revisar la literatura consultada y clasificándola por aspectos técnicos, ambientales y socioeconómicos durante el proceso del establecimiento y mantenimiento del cultivo del arándano. Se usaron las bases de datos como Scopus, Science direct, Google académico y Google Scholar, utilizando términos como "arándano", "*Vaccinium corymbosum*", Biloxy, Legacy para estudios publicados entre 2015 y 2025. Se identificaron prácticas por categoría agronómica (establecimiento, mantenimiento, cosecha), ambiental, procesamiento y comercialización. Se analizaron los paquetes tecnológicos, tiempos de realización y cantidad de personal necesario para cada labor, diferenciando entre los hallazgos mundiales y los de Colombia.

#### **Resultados**

Se revisaron 55 publicaciones, donde el 60 % se enfocó en prácticas agronómicas de las variedades estudiadas, el 30 % en condiciones edafoclimáticas y el 10 % en la necesidad de conocer la comercialización y rentabilidad del producto, considerando las preferencias de los consumidores.

#### **Conclusiones**

Conocer las condiciones edafoclimáticas, las labores culturales, las condiciones socioeconómicas, el procesamiento y el mercado constituyen factores importantes necesarios para establecer las variedades Biloxy y Legacy de Arándano y la aceptación entre consumidores del fruto.

**Palabras clave:** tecnología agronómica, socioeconomía, ambiental, mercado, *Vaccinium corymbosum*

## Arvenses y su relación con propiedades del suelo

Luis Humberto Caicedo-Cruz<sup>1</sup>; Ana Francisca González-Pedraza<sup>2</sup>; Enrique Quevedo- García<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo, Candidato a Magíster en Ciencias Agrarias, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona. [luis.caicedo@unipamplona.edu.co](mailto:luis.caicedo@unipamplona.edu.co); <sup>2</sup>Programa de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona, [ana.gonzalez2@unipamplona.edu.co](mailto:ana.gonzalez2@unipamplona.edu.co); <sup>3</sup>Docente del programa de Ingeniería Agronómica, Líder del Grupo de Investigación en Ganadería y Agricultura Sostenible (GIAS), Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona, correo electrónico: [enriquegarcia@unipamplona.edu.co](mailto:enriquegarcia@unipamplona.edu.co),

### Resumen

#### Objetivo

Analizar la literatura existente sobre la composición y abundancia de especies de arvenses en relación con variables físicoquímicas del suelo, con énfasis en cultivos agrícolas de importancia económica.

#### Metodología

Se llevó a cabo una revisión bibliográfica sistemática mediante la consulta de bases de datos como Scopus, Web of Science, Google Scholar, Open Library y Google Académico. Se emplearon palabras clave como “weed, arvenses, malezas, características edáficas del suelo, y relación suelo-maleza, índices fitosociológicos”, con el fin de identificar estudios que permitan establecer relaciones entre las comunidades de arvenses y las propiedades físicas y químicas del suelo.

#### Resultados

De los 60 estudios revisados 70 % evidenciaron que la diversidad y abundancia de arvenses está estrechamente asociada a condiciones edáficas específicas, como la textura, pH, contenido de materia orgánica y disponibilidad de nutrientes. en un 10 % de ellas sirven como indicadores microbiológicos del suelo, y en un 20 % actúan como reservorios de nutrientes, reduciendo su lixiviación y mejorando la fertilidad del suelo. Las variables expuestas con anterioridad determinan la composición florística, la expresión de los índices fitosociológicos favoreciendo ciertas especies sobre otras, lo que puede modificar la competencia por recursos, la cobertura del suelo y la dinámica agroecológica del sistema productivo.

#### Conclusiones

Las arvenses cumplen una función dual en los agroecosistemas: si bien compiten con los cultivos por agua, luz y nutrientes, también contribuyen a conservar la biodiversidad, mejorar la estructura del suelo, favorecer la actividad microbiana y mantener la fertilidad edáfica. Un manejo integral de arvenses, a través del Manejo Integrado de plagas (MIP), la rotación de cultivos, uso de coberturas vegetales, de bioherbicidas permite aprovechar sus beneficios ecológicos, minimizando los efectos adversos sobre la producción agrícola.

**Palabras clave:** malezas, características edáficas, manejo ecológico, sostenibilidad agroecológica, composición florística, método fitosociológico.

## **Evaluación de sustratos para la propagación asexual por acodos de punta en la Mora Uva (*Rubus floribundus* Kunth).**

José Antonio Vera<sup>1</sup>; Enrique Quevedo García<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo, Universidad de Pamplona, Norte de Santander, Colombia, [jose.vera3@unipamplona.edu.co](mailto:jose.vera3@unipamplona.edu.co). <sup>2</sup>Docente del Departamento de Agronomía. <sup>3</sup>Docente del Departamento de Agronomía. Líder del Grupo de Investigación GIAS. Universidad de Pamplona, Pamplona, Norte de Santander, Colombia, [enrique.garcia@unipamplona.edu.co](mailto:enrique.garcia@unipamplona.edu.co);

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Evaluar la técnica de propagación vegetativa de acodo de punta terminal en mora uva bajo diferentes sustratos.

#### **Metodología**

El estudio se realizó en la finca Santa Isabel, Chitagá, en un cultivo de *R. floribundus*; se escogieron plantas en estado de producción, de donde se obtuvieron los acodos. Se usó un diseño completamente aleatorizado, con cuatro tratamientos y 50 réplicas cada uno: tratamiento T1: suelo negro con textura franco arcillo arenosa, tratamiento T2: suelo negro con textura franco arcillo arenosa, sustrato de coco, cal dolomita, ácido Naftalenacético), tratamiento T3: suelo negro con textura franco arcillo arenosa, sustrato de coco, cascarilla de arroz quemado, cal dolomita, tratamiento T4: suelo negro con textura franco arcillo arenosa, Micorrizas, cascarilla de arroz quemado y cal dolomita. La evaluación se llevó a cabo al día 60 del desarrollo mediante la determinación del peso de raíces, longitud de raíces, número de hojas y porcentaje de enraizamiento. Se comprobó la normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas de Levene. Los efectos de los tratamientos y los tiempos de muestreo se analizaron con ANAVA y prueba de Tukey cuando hubo diferencias entre tratamientos.

#### **Resultados**

Las características número de hojas y peso de raíces obtuvieron un coeficiente de variación de 73,1 % y 71,2 %, respectivamente. El mejor tratamiento fue el T1, que duplicó el número promedio de hojas con 17,1 frente al T4 que tuvo 8, el peso fresco de las raíces de T2 fue de 20,7 g y 10,8 g en 1. En cuanto al peso seco de raíces, T2 tuvo 20,6 y T1 tuvo 10,8 g. Los tratamientos 2 y 4, tuvieron valores más bajos con 8 y 9 hojas. No hubo diferencias significativas entre el peso seco total de los tratamientos. T2 resultó en mayor biomasa por efecto del sustrato y la fitohormona; para las otras variables de peso, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

#### **Conclusiones**

Los tratamientos T2, T3 y T4 fueron prometedores en la promoción del sistema radical en capas, siendo el tratamiento T1 el mejor, duplicando el número de hojas, más vigor y buen anclaje, para la propagación en la región.

**Palabras clave:** Propagación vegetativa, acodo, sustrato.

## Estrategias para la sostenibilidad de la producción de papa en Norte de Santander

Javier Francisco Castellanos Martínez<sup>1</sup>; César Villamizar Quiñonez<sup>2</sup>; Felipe Montealegre Bustos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Docente ocasional, egresado de la Maestría en Extensión y Desarrollo Rural, Universidad de Pamplona, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Agronomía, Grupo de Investigación en Agricultura y Ganadería Sostenible (GIAS). Autor del trabajo de grado de maestría. E-mail: javier.castellanos@unipamplona.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5089-022X>;

<sup>2</sup>Profesor titular, Universidad de Pamplona, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Agronomía, Grupo de Investigación en Agricultura y Ganadería Sostenible (GIAS). Director de trabajo de grado de maestría. E-mail: csrvillamizar@unipamplona.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5937-75278>; <sup>3</sup>Investigador máster, AGROSAVIA. Codirector de trabajo de grado de maestría. E-mail: fmontealegre@agrosavia.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7757-6508>

### Resumen

#### Objetivo

Formular lineamientos estratégicos para fortalecer la sostenibilidad del sistema de producción de papa en Norte de Santander, a partir de un diagnóstico participativo con productores de los municipios de Mutiscua, Silos, Cácuta, Chitagá y Pamplona.

#### Metodología

Se desarrolló una investigación participativa en el marco de un trabajo de grado de maestría, mediante la aplicación de dos instrumentos diagnósticos a grupos focales de agricultores: un análisis FODA y una adaptación del Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad. Se evaluaron siete variables relacionadas con aspectos familiares, organizativos, productivos, tecnológicos y ambientales, operacionalizadas en 21 indicadores valorados en escala de 0 a 10. La formulación de lineamientos estratégicos se fundamentó en información primaria y secundaria, siguiendo orientaciones metodológicas del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

#### Resultados

Se identificaron diferencias significativas en los niveles de sostenibilidad del sistema productivo. La principal limitante correspondió a la baja adopción de buenas prácticas agrícolas, mientras que la diversidad y las sinergias productivas se constituyeron en una fortaleza relevante. El análisis FODA evidenció problemáticas estructurales propias de pequeños productores, destacándose como amenaza la aplicación de la Ley 1930 de 2018 relacionada con la delimitación de páramos. A partir del diagnóstico se estructuraron lineamientos estratégicos orientados al fortalecimiento asociativo y gremial, la investigación y transferencia tecnológica, la sostenibilidad ambiental y el fortalecimiento de políticas públicas.

#### Conclusiones

El estudio permitió establecer una base técnica y participativa para orientar acciones que contribuyan a la sostenibilidad del sistema de producción de papa en la región. Los lineamientos formulados constituyen una herramienta de referencia para entidades públicas, gremios e instituciones académicas, al promover intervenciones articuladas que integren competitividad, sostenibilidad ambiental y fortalecimiento organizativo en el territorio.

**Palabras clave:** papa, sostenibilidad, competitividad, desarrollo rural.

## **Caracterización de los parámetros fisicoquímicos del fruto mora uva (*Rubus floribundus* Kunth) bajo un solo tipo de tutorado en diferentes subestadios de maduración**

María Rosana Peñaloza Acevedo<sup>1</sup>; Enrique Quevedo García<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingeniera Agrónoma, Universidad de Pamplona, Colombia. Correo electrónico: mariar.penaloz@unipamplona.edu.co. <sup>2</sup>Ingeniero Agrónomo, Doctor en Ciencias Naturales para el desarrollo, Departamento de Agronomía, Líder del Grupo de Investigación GIAS. Universidad de Pamplona. enriquegarcia@unipamplona.edu.co.

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Caracterizar los parámetros fisicoquímicos de frutos de morauva (*R. floribundus*) bajo un tutorado en T en tres subestadios de maduración del fruto, en Pamplona.

#### **Metodología**

El estudio se realizó en la finca El Pararrayo, ubicada en Cunuba, Pamplona, Norte de Santander. Se seleccionaron 15 plantas productivas en diferentes estadios de maduración. Se cosechó un kilogramo de frutos por estado de maduración (G0, G1, G2), realizando seis muestreos a lo largo de seis semanas. En el laboratorio de la Universidad de Pamplona, se analizaron parámetros fisicoquímicos como pH, sólidos solubles totales, índice de madurez, acidez total titulable, diámetro, peso y color de los frutos. Se tomaron 10 muestras de 10 gramos de cada subestadio, midiendo seis veces obteniendo medias. El pH se midió con un potenciómetro, los sólidos solubles totales con refractómetro, y la acidez por titulación con NaOH. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado 3×6 con 30 repeticiones analizando el efecto del estadio y el tiempo de medición con ANOVA y prueba de Tukey.

#### **Resultados**

El estudio reveló que los parámetros fisicoquímicos del fruto de *R. floribundus*, como grados Brix, pH, diámetro y peso, variaron significativamente entre los estadios de maduración G1, G2 y G3 de la pluribaya de la Morauva. Los mejores valores de los parámetros se presentaron en el estadio G0 (maduro), alcanzando altos niveles de grados Brix, diámetro, peso y pH, idóneos para su procesamiento industrial. Las diferencias entre los estadios fueron estadísticamente diferentes a un nivel de  $p < 0,05$ , indicando que la cosecha en el estadio G0, cuando los frutos estaban en plena madurez, garantizó unas características óptimas para consumo y transformación.

#### **Conclusiones**

Los parámetros fisicoquímicos del fruto de *R. floribundus*, cultivado en tutorado en T, presento parámetros químico-fisicoquímicos diferentes entre los estadios de maduración, siendo el estadio G0 el recomendable para cosechar por los altos grados Brix y acidez total.

**Palabras clave:** Grados brix, *Rubus floribundus*, peso, diámetro, índice de madurez.

## **Producción de fresa en Pamplona: uso de las TIC en extensión agropecuaria**

Deisy Katherine Fernández García<sup>1</sup>; Dixon Fabián Flórez Delgado<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Docente Programa Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia. Correo: [deisy.fernandez@unipamplona.edu.co](mailto:deisy.fernandez@unipamplona.edu.co); <sup>2</sup>Docente Programa Zootecnia, Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia. Correo: [dixon.florez@unipamplona.edu.co](mailto:dixon.florez@unipamplona.edu.co)

### **Resumen**

**Objetivo:** Analizar el uso de las TIC en los procesos de Extensión Agropecuaria en el sistema de producción de fresa en Pamplona.

### **Metodología:**

Se desarrolló una metodología mixta, no experimental, integrando datos cuantitativos y cualitativos con 85 productores como muestra y una población de 18 extensionistas. Ambos grupos se caracterizaron mediante variables sociodemográficas, identificación, experiencia y limitaciones en el uso de las TIC. Se realizó un análisis mediante estadística descriptiva y pruebas de significancia (Chi-cuadrado, V de Cramer). Adicionalmente, para analizar las relaciones entre variables sociodemográficas y las perspectivas de los participantes sobre el uso de TIC en la toma de decisiones agrícolas, se realizó correlación de Pearson. Por último, mediante la matriz DOFA se diseñaron estrategias para facilitar la implementación de las TIC.

### **Resultados**

Los resultados indicaron que el 40% de los productores son hombres y se encuentran en un rango de 41 a 60 años y un 60% con estudios de primaria, mientras que, en los extensionistas, los hombres representan el 83,33% con edades entre los 26 a 40 años y un 78% son profesionales. La falta de conocimiento, fue uno de los ítems más limitantes en el uso de las TIC por parte de los productores. En los extensionistas, la edad y escolaridad, presentaron una asociación moderada en la influencia en el uso de las TIC para la toma de decisiones mientras que en los productores no influyen. El trabajo reflejó las diferencias tecnológicas entre productores agrícolas y extensionistas, donde los primeros dependen de aplicaciones básicas como WhatsApp mientras que los segundos adicionalmente tienen mayores competencias y acceso a herramientas avanzadas. Por último, la matriz DOFA, facilitó el diseño de estrategias definidas para productores y extensionistas que permitirán el desarrollo de competencias digitales, mediante alianzas público-privadas para mejorar la conectividad y plataformas digitales para fomentar la productividad y el desarrollo rural.

### **Conclusiones**

La investigación identificó una brecha digital significativa entre extensionistas y productores atribuida a diferencias en edad, nivel educativo y acceso a tecnologías. Mientras los extensionistas, mayoritariamente jóvenes y con formación profesional, utilizan diversas herramientas tecnológicas, los productores, en su mayoría adultos mayores con educación limitada, restringen su uso a aplicaciones básicas como WhatsApp y Facebook. Se espera que la puesta en marcha de las estrategias planteadas fortalezca la infraestructura tecnológica y el desarrollo de competencias digitales tanto para productores como extensionistas que faciliten la implementación y adopción de las TIC.

**Palabras clave:** Tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), sector agrícola, extensionista.

## **Identificación y seguimiento de los insectos de interés fitopatológico en pastos de pequeños productores de Pamplona Norte de Santander (Colombia)**

Lucio Daniel Cárdenas<sup>1</sup>; Gladys Montañez<sup>2</sup>; Javier Alejandro Cárdeas<sup>3</sup>.

<sup>1,2</sup> Docente del Programa de Lic. en Educación Inantil, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Pamplona. Correo: [luciodaniel77@gamil.com](mailto:luciodaniel77@gamil.com) <sup>2</sup>Docente del Programa de Matemáticas, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Pamplona. Correo: [Gladys7@gmail.com](mailto:Gladys7@gmail.com) <sup>3</sup>Javier A. Cárdenas. Programa de Derecho, Facultad de Artes y Humanidades, Universidad de Pamplona. Correo: [Alejandro54@gmail.com](mailto:Alejandro54@gmail.com)

### **Resumen**

#### **Objetivo:**

Determinar la presencia e incidencia de las principales plagas asociadas a pasturas en diez fincas de pequeños productores del municipio de Pamplona, mediante observación directa en campo.

#### **Metodología:**

Se seleccionó una hectárea por finca en diez predios ubicados en el municipio de Pamplona (2340 m s. n. m., piso térmico frío), con predominio de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Para la evaluación de insectos plaga y babosas se establecieron diez puntos de muestreo aleatorios por predio, utilizando unidades muestrales de 1 m<sup>2</sup>. Se estimaron incidencia y abundancia (ind/m<sup>2</sup>) como variables de análisis.

#### **Resultados:**

Se identificó la presencia de salivazo o mión de los pastos (*Aeneolamia* spp.) en tres fincas de la vereda El Alizal (El Oasis, La Teja y El Martín), con incidencias cercanas al 30 % y una abundancia promedio de 1 ind/m<sup>2</sup>. La babosa (*Derocera* spp.) presentó una incidencia promedio de 19 % y 0,5 ind/m<sup>2</sup>, destacándose la finca La Plancha con incidencia superior al 70 % y 3,5 ind/m<sup>2</sup>. El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) registró una incidencia del 10 % y 1 ind/m<sup>2</sup> en las mismas fincas de la vereda El Alizal.

#### **Conclusiones:**

El salivazo (*Aeneolamia* spp.) se constituyó como la principal plaga detectada, con síntomas generalizados de amarillamiento y deshidratación del potrero asociados a la succión de savia y la inyección de toxinas. Su presencia, al igual que la de *S. frugiperda*, se confirmó únicamente en predios de la vereda El Alizal. La babosa mostró baja incidencia general en el piso térmico frío, con excepción de un caso puntual de alta infestación.

**Palabras clave:** Pasturas, plagas, salivazo, kikuyo, altiplano andino.

## **Evaluación de los factores técnicos, sociales y ambientales para el fortalecimiento de procesos de producción e inocuidad de la panela en trapiches artesanales de Villa Sucre, Norte de Santander**

Edison Omar Suárez Fernández<sup>1</sup>; Rosa Aleida Gómez<sup>2</sup>; Enrique Quevedo García<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo, estudiante Magíster en Extensión Rural y Desarrollo, [edison.suarez@unipamplona.edu.co](mailto:edison.suarez@unipamplona.edu.co). Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona; <sup>2</sup>Profesora de la Facultad de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias, [rosa.gomez2@unipamplona.edu.co](mailto:rosa.gomez2@unipamplona.edu.co); <sup>3</sup>Facultad del Programa de Ingeniería Agronómica, Líder del Grupo de Investigación en Ganadería y Agricultura Sostenible (GIAS). Facultad de Ciencias Agrarias, [enriquegarcia@unipamplona.edu.co](mailto:enriquegarcia@unipamplona.edu.co), Universidad de Pamplona.

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Analiza la literatura sobre procesos de producción y seguridad alimentaria para la panela, considerando las bases técnicas, socioeconómicas y ambientales.

#### **Metodología**

La metodología fue cuantitativa, considerando documentos en tecnociencia, sociología y medio ambiente con publicación menor de diez años. Las bases de datos consultadas fueron, Google Scholar, Sopus, ScienceDirect y Springer, utilizando criterios de búsqueda como "calidad", "procesos", "eficiencia", "panela" y "molinos ecológicos". La información recabada permitirá definir aspectos sociales, culturales, técnicos y ambientales del proceso productivo de la panela artesanal en el corregimiento de Villa Sucre, Municipio de Arboledas.

#### **Resultados**

Se analizaron treinta y dos artículos en el área de transmisión del conocimiento, legislación y producción sobre la agro cadena de panela artesanal. La información mostró que los trapiches que procesan panela artesanal no cuentan con los elementos esenciales para la optimización del proceso productivo en la fase de transformación. Basándose en los resultados obtenidos, se propone transferir el nuevo conocimiento a través de estrategias de transferencia o se fortalezcan con otras instituciones, mediante financiamiento público o privado.

#### **Conclusiones**

Los aspectos identificados en la producción se clasifican como 41% técnico-agronómicos, 33% socioeconómicos y 26% ambientales, según la importancia percibida para la mejora del proceso de la panela artesanal.

**Palabras clave:** Ecología, sostenibilidad, eficiencia, tecnología, naturaleza ecológica y eficiencia.

## **Eficacia larvicida del aceite de neem sobre *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith): análisis por instares larvales bajo condiciones de laboratorio**

Zilenyi Vanessa Cañas-Meaurio<sup>1</sup>; Mayda Yarely Reatiga-Pulido<sup>1</sup>; Humberto Giraldo-Vanegas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudiantes Ingeniería Agronómica, Semillero Sanidad Vegetal Sustentable, Grupo Investigación Ganadería y Agricultura Sostenible (GIAS). Programa de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Pamplona. Pamplona, Norte de Santander, Colombia. Correos: [zilenyi.canas@unipamplona.edu.co](mailto:zilenyi.canas@unipamplona.edu.co), [mayda.reatiga@unipamplona.edu.co](mailto:mayda.reatiga@unipamplona.edu.co). <sup>2</sup>Docente, Programa Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona. Correo: [humgiva64@unipamplona.edu.co](mailto:humgiva64@unipamplona.edu.co).

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Evaluar la toxicidad del aceite de neem sobre larvas de *S. frugiperda* en sus seis instares, mediante el cálculo del Tiempo Letal Medio (TL50) y la mortalidad acumulada en función de diferentes concentraciones, bajo condiciones controladas de laboratorio.

#### **Metodología**

Se implementó un diseño completamente al azar con arreglo factorial, aplicando seis concentraciones de aceite de neem (0,33; 0,66; 1,00; 1,33; 1,66 y 2,00 ml/l) sobre larvas de *S. frugiperda* en sus seis instares. La mortalidad se registró cada 12 horas durante 96 horas. Se estimó el TL50 mediante regresión lineal y se evaluaron las interacciones entre los factores Instar, Concentración y Hora mediante ANOVA trifactorial con prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ). Las larvas se obtuvieron de una cría artificial mantenida en condiciones de laboratorio.

#### **Resultados**

Los primeros tres instares mostraron alta susceptibilidad al aceite de neem, con TL50 entre 39,55 y 52,38 horas y coeficientes de determinación ( $R^2$ ) entre 0,56 y 0,71. A partir del cuarto instar, se observó un incremento marcado del TL50 (hasta 321,72 horas en el sexto instar) y una disminución en la confiabilidad de los modelos ( $R^2$  entre 0,33 y 0,41). El ANOVA reveló efectos altamente significativos para los factores Instar, Concentración y Hora, así como interacciones significativas Instar  $\times$  Concentración e Instar  $\times$  Hora. Las concentraciones más altas (1,66 y 2,00 ml/l) presentaron mayor eficacia en todos los instares, siendo más pronunciado en los primeros tres. Se identificó un umbral crítico de susceptibilidad entre los instares III y IV, con un aumento abrupto del TL50 de más del 230%.

#### **Conclusiones**

El aceite de neem demuestra una eficacia larvicida dependiente del estadio de desarrollo, la concentración y el tiempo de exposición. Su aplicación es más efectiva en los tres primeros instares a concentraciones entre 1,66 y 2,00 ml/l. La reducción de eficacia en los instares avanzados puede asociarse a mayor masa corporal, menor ingesta proporcional y desarrollo de mecanismos de detoxificación. Estos resultados destacan la importancia del monitoreo poblacional y el momento oportuno de aplicación en programas de manejo integrado de *S. frugiperda*.

**Palabras clave:** Gusano cogollero del maíz, *Azadirachta indica*, TL50, mortalidad acumulada, control fitoquímico.

## **Toxicidad del aceite de Neem sobre los instares larvales de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith): un enfoque de dosis-respuesta bajo condiciones de laboratorio**

Mayda Yarely Reatiga-Pulido<sup>1</sup>, Zilenyi Vanessa Cañas-Meaurio<sup>1</sup>, Humberto Giraldo-Vanegas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudiantes Ingeniería Agronómica, Semillero Sanidad Vegetal Sustentable, Grupo Investigación Ganadería y Agricultura Sostenible (GIAS). Programa de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Pamplona. Pamplona, Norte de Santander, Colombia. Correos: [mayda.reatiga@unipamplona.edu.co](mailto:mayda.reatiga@unipamplona.edu.co), [zilenyi.canas@unipamplona.edu.co](mailto:zilenyi.canas@unipamplona.edu.co). <sup>2</sup>Docente, Programa Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona. Correo: [humgiva64@unipamplona.edu.co](mailto:humgiva64@unipamplona.edu.co).

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Determinar la Concentración Letal Media (CL<sub>50</sub>) del aceite de Neem sobre larvas de *S. frugiperda* en sus seis instares, mediante un bioensayo con observación temporal de la mortalidad.

#### **Metodología**

Se aplicaron siete concentraciones de aceite de Neem (0,00 a 1667 mm<sup>3</sup>/l) bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial, con cinco repeticiones por concentración, cada repetición con cinco larvas, en los seis instares de *S. frugiperda*. Se registró la mortalidad acumulada desde las 12 hasta las 96 horas. Se calcularon los CL<sub>50</sub> por regresión Probit, previa transformación de las Concentraciones a log<sub>10</sub> y las Mortalidades a Probit; además, se realizó un ANOVA trifactorial con prueba de Tukey. Las larvas provenían de una cría que se mantenía en el Laboratorio de Sanidad Vegetal en condiciones controladas.

#### **Resultados**

Los CL<sub>50</sub> aumentaron desde 579,67 mm<sup>3</sup>/l (primer instar) hasta 921,36 mm<sup>3</sup>/l (sexto instar), evidenciando un incremento de tolerancia según el desarrollo larval. Las ecuaciones de regresión generadas mostraron coeficientes de determinación iguales o mayores de 0,94. El ANOVA indicó efectos significativos de los factores instar, concentración y tiempo, así como las interacciones instar-concentración e instar-hora. No se detectó efecto significativo en las interacciones concentración-hora ni en la triple interacción entre los factores. La CL<sub>50</sub> estimada para el conjunto fue de 740.4 mm<sup>3</sup>/l, valor intermedio que representa un promedio ponderado de la sensibilidad larval a las concentraciones evaluadas.

#### **Conclusiones**

El aceite de Neem presenta efecto tóxico progresivo sobre larvas de *S. frugiperda*, siendo más efectivo en instares larvales tempranos. El análisis estadístico valida la solidez de los datos obtenidos. Estos resultados fortalecen su potencial como herramienta de control fitoquímico en programas de manejo integrado del gusano cogollero del maíz.

**Palabras clave:** azadiractina, gusano cogollero del maíz, CL<sub>50</sub>, control fitoquímico, Probit.

## **Caracterización física de suelos en plantaciones de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) Tibú, Norte de Santander**

Yeini Fernanda Ortega Casadiegos<sup>1</sup>, Mónica Liliana Fuentes Beltran<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudiante programa de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona. Correo: [yeini.ortega21@unipamplona.edu.co](mailto:yeini.ortega21@unipamplona.edu.co); <sup>2</sup>Docente, Programa de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia. Correo: [monica.fuentes2@unipamplona.edu.co](mailto:monica.fuentes2@unipamplona.edu.co).

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Caracterizar las propiedades físicas de los suelos en plantaciones de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Tibú, Norte de Santander.

#### **Método**

El estudio se llevó a cabo en seis fincas cultivadas con palma africana, donde se analizaron variables físicas como la textura, la densidad aparente ( $D_a$ ), la densidad real ( $D_r$ ), la porosidad y la infiltración. En cada finca se seleccionaron dos puntos estratégicos al azar, colectando muestras en tres zonas: el plato, la calle de palera y la calle de cosecha. La información se analizó por medio de pruebas no paramétricas y se elaboraron las gráficas respectivas.

#### **Resultados**

Se evidenció una notable variabilidad en las propiedades físicas de los suelos estudiados, donde se identificaron texturas que van desde franco-arenosas hasta franco-arcillosas, la ( $D_a$ ) presentó valores entre 1,2 y 1,6 g/cm<sup>3</sup>, la ( $D_r$ ) reflejó un valor de 2,5 g/cm<sup>3</sup> mostrando suelos minerales con una mezcla de arena, limo y arcilla, lo cual es común en suelos franco-arenosos y franco-arcillosos. Los niveles de porosidad son adecuados en la mayoría de las fincas, sin embargo, algunas zonas como la calle de cosecha muestran compactación y baja infiltración, lo que podría limitar el desarrollo radicular y la productividad del cultivo. Así mismo, la infiltración mostró valores favorables en la mayoría de los suelos, lo que beneficia a las plantas para la disponibilidad de agua en los periodos secos.

#### **Conclusiones**

Conocer en detalle las propiedades físicas del suelo permite identificar estrategias para optimizar la productividad, sostenibilidad del cultivo y la estructura del suelo. Aunque la mayoría de los suelos presentan condiciones favorables, existen áreas con limitaciones que requieren intervenciones específicas, como la incorporación de materia orgánica, la siembra de cobertura vegetal y la reducción del tránsito de maquinaria pesada en las zonas.

**Palabras clave:** Propiedades físicas, Infiltración, compactación, calidad del suelo.

## **Evaluación de indicadores biológicos de la calidad del suelo en sistemas agrícolas de Pamplona, Norte de Santander**

Ana Francisca González-Pedraza<sup>1</sup>; Steve Sandoval<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Docente del Departamento de Agronomía. Grupo de Investigación GIAS y GIATAS. Universidad de Pamplona, Pamplona, Norte de Santander. Correo: [ana.gonzalez2@unipamplona.edu.co](mailto:ana.gonzalez2@unipamplona.edu.co);

<sup>2</sup>Ingeniero Agrónomo Correo: [vanstick-94@hotmail.com](mailto:vanstick-94@hotmail.com)

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Evaluar la influencia de cinco sistemas de cultivo (fresa, tomate de árbol, arveja, pasto y bosque natural) sobre indicadores biológicos de calidad del suelo, específicamente el carbono orgánico total y la respiración basal, en zonas productoras del municipio de Pamplona, Norte de Santander.

#### **Metodología**

El estudio se realizó en parcelas de 1000 m<sup>2</sup> en la vereda Monte dentro, evaluando suelos de fresa, tomate de árbol, arveja, pastos y bosque natural. Se recolectaron cinco muestras de suelo por parcela a 0-10 cm de profundidad mediante muestreo sistemático. El carbono orgánico total se determinó por pérdida de peso por ignición, y la respiración basal mediante incubaciones estáticas capturando CO<sub>2</sub> con NaOH. Posteriormente, el CO<sub>2</sub> fue cuantificado por titulación ácido-base. Los datos obtenidos fueron analizados mediante ANOVA y prueba de Tukey (p<0,05) utilizando el software estadístico SPSS versión 21.

#### **Resultados**

Se encontró que el contenido de carbono orgánico total fue significativamente más alto en el suelo de bosque natural, con un promedio de 7,86%, en comparación con los sistemas agrícolas donde los valores oscilaron entre 0,91% y 1,49%. Estos resultados indican una pérdida considerable de carbono orgánico en suelos sometidos a uso agrícola intensivo, lo cual refleja un deterioro de la calidad biológica del suelo. Respecto a la respiración basal, se observaron tasas más altas en los suelos cultivados con pasto, fresa y arveja, indicando una mayor actividad microbiana, posiblemente relacionada con la incorporación continua de materia orgánica lábil. Los suelos de bosque natural y de tomate de árbol mostraron tasas de respiración menores. No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre algunos cultivos en cuanto a la respiración basal, aunque la tendencia general mostró que la conversión de ecosistemas boscosos a sistemas agrícolas afecta tanto la cantidad de carbono como la actividad microbiana del suelo.

#### **Conclusiones**

La intensificación agrícola en Pamplona ha reducido el carbono orgánico total en los suelos cultivados frente a los suelos de bosque natural. La respiración basal confirmó ser un indicador sensible de la actividad microbiana, con mayores tasas en suelos de pastizales, arveja y fresa. Se recomienda implementar prácticas agrícolas que conserven la materia orgánica para mantener la calidad biológica y la productividad de los suelos.

**Palabras clave:** carbono orgánico total, respiración basal, fresa, tomate de árbol, arveja, pasto y bosque natural, Pamplona.

# **Evaluación de sustratos para la producción de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en vivero de San Martín – Meta**

Laura Milena Briceño Trujillo<sup>1</sup>; Rafael Gómez Arrieta<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudiante del Programa de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona; <sup>2</sup>Docente del Programa de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona.

## **Resumen**

### **Objetivo**

Evaluar el efecto de dos tipos de sustrato sobre el desarrollo morfológico de plántulas de cacao en fase de vivero, con el fin de identificar el material más adecuado para la producción de plantas destinadas a patronaje.

### **Metodología**

El estudio se desarrolló en el Vivero Aromas del Ariari (3°43'05"N - 73°42'00"W), bajo un diseño completamente aleatorizado con dos tratamientos: T1 (sustrato tradicional: suelo zarandeado + cascarilla de arroz + arena de río) y T2 (compost a partir de residuos de cosecha de cacao). Cada tratamiento estuvo conformado por 75 plántulas. Se seleccionaron 20 plántulas al azar por tratamiento para evaluar altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas y longitud radicular a los 20, 40 y 60 días después de la siembra (dds). Los datos fueron analizados mediante la prueba no paramétrica de Wilcoxon al 5 % de probabilidad.

### **Resultados**

Las plántulas establecidas en el sustrato tradicional (T1) presentaron mayor desarrollo morfológico, especialmente a partir de los 40 dds, evidenciando mayores valores en altura, diámetro de tallo y desarrollo radicular. En contraste, las plántulas cultivadas en compost (T2) mostraron menor crecimiento y fueron afectadas por deficiencias nutricionales, presencia de enfermedades y variaciones climáticas, lo que incidió negativamente en su desempeño.

### **Conclusiones**

El sustrato tradicional (suelo zarandeado + cascarilla de arroz + arena de río) demostró ser el más adecuado para la producción de plántulas vigorosas y con adecuada calidad fitosanitaria en vivero. El uso exclusivo de compost puede generar desequilibrios nutricionales, crecimiento irregular y mayor susceptibilidad a enfermedades, limitando su viabilidad para la producción de material vegetal de calidad.

**Palabras clave:** Sustrato, plántula, vivero, compost, desarrollo morfológico.

## **Relación entre enfermedades fungosas y propiedades fisicoquímicas del suelo en cultivos de fresa**

Fernanda Quinayas<sup>1</sup>; Leónides Castellanos<sup>2</sup>; Ana Francisca González-Pedraza<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de Ingeniería Agronómica, Semillero de Agroecología, Grupo de Investigación GIATAS, Universidad de Pamplona. Correo: [zuleidy.quinayas@unipamplona.edu.co](mailto:zuleidy.quinayas@unipamplona.edu.co); <sup>2</sup>Docente, Departamento de Agronomía, Grupos GIATAS y GIAS, Universidad de Pamplona, Pamplona, Norte de Santander, Colombia. Correo: [lclcastell@gmail.com](mailto:lclcastell@gmail.com); <sup>3</sup>Programa de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupos GIATAS y GIAS, Universidad de Pamplona. Correo: [ana.gonzalez2@unipamplona.edu.co](mailto:ana.gonzalez2@unipamplona.edu.co).

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Determinar la relación entre la incidencia y severidad de las principales enfermedades fungosas y la deficiencia de fósforo con algunas propiedades fisicoquímicas del suelo en cultivos de fresa del municipio de Pamplona, Norte de Santander.

#### **Metodología**

El estudio se realizó en 16 campos de fresa ubicados en las veredas Rosal, Cariongo, Alto Grande y Monte dentro, durante los meses de octubre a diciembre de 2024. Se evaluó la incidencia y severidad de antracnosis, peca y deficiencia de fósforo. Paralelamente, se analizaron variables del suelo como textura, pH, conductividad eléctrica, carbono orgánico y fósforo disponible. Se aplicaron análisis de varianza bifactorial (vereda y momento de muestreo) y pruebas de correlación de Spearman entre variables fitosanitarias y edáficas, utilizando el paquete estadístico SPSS.

#### **Resultados**

Se encontraron diferencias significativas en carbono orgánico y fósforo disponible entre veredas, con mayores valores en Alto Grande y menores en Monte dentro. La incidencia y severidad de antracnosis y peca variaron según vereda y momento de muestreo, registrándose mayores valores en diciembre para enfermedades foliares y en noviembre para antracnosis en fruto. La deficiencia de fósforo fue más alta en Monte dentro, coincidiendo con su menor disponibilidad en suelo. El análisis de correlación evidenció relaciones positivas y significativas entre la concentración de fósforo y la incidencia y severidad de antracnosis.

#### **Conclusiones**

Las variaciones en carbono orgánico y fósforo disponible influyeron en la dinámica sanitaria del cultivo. Monte dentro presentó menores niveles de fertilidad y mayor deficiencia de fósforo, asociada a mayores problemas fitosanitarios. Se evidenció una relación significativa entre la antracnosis y la concentración de fósforo, lo que sugiere la necesidad de integrar el manejo nutricional y fitosanitario en estos sistemas productivos.

**Palabras clave:** Propiedades fisicoquímicas, antracnosis, peca, fósforo disponible.

## **Fungorresistencia de una cepa del hongo *Colletotrichum* sp. aislada en fruto de cultivos de fresa, en el municipio de Pamplona**

Albeiro Gelvez<sup>1</sup>, Leónides Castellanos<sup>2</sup>, Carmen Omaira Roza García<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>Estudiante del Programa de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona, albeiro.gelvez@unipamplona.edu.co. Docente, <sup>2</sup>Programa de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias lclcastell@gmail.com, <sup>3</sup>Programa de Microbiología, Facultad de Ciencias Básicas, omairaroz@uniplamplona.edu.co, Universidad de Pamplona.

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Determinar la existencia de fungoresistencia de una cepa del hongo *Colletotrichum* sp. aislada en fruto de cultivos de fresa en el municipio de Pamplona, Norte de Santander.

#### **Metodología**

Para determinar la posible existencia de resistencia a tres funguicidas sistémicos de una cepa del hongo *Colletotrichum* sp. causante de la antracnosis, se desarrolló una investigación en el Laboratorio de microbiología de la Universidad de Pamplona en 2024. La cepa fue aislada de frutos de fresa en la finca Los eucaliptos de la vereda Monteadentro, municipio de Pamplona. La cepa denominada Ivan01 se enfrentó a tres funguicidas de acción sistémica: difenoconazole, carbendazim y azoxystrobin de diferentes grupos químicos. Se condujo un experimento en diseño completamente aleatorizado para cada funguicida donde se evaluó el porcentaje de inhibición del patógeno frente a ocho concentraciones del funguicida (0; 0,001; 0,01; 0,01; 1; 5; 10 y 100 ppm). Se realizaron análisis de varianzas para determinar diferencia entre el crecimiento de las colonias y de regresión de los probit de inhibición versus logaritmos de la concentración para estimar las DL50 del hongo para cada funguicida. Se empleó el paquete estadístico SPSS y el software Probit.

#### **Resultados**

Siempre se presentó diferencia estadística para el diámetro de la colonia entre las diferentes concentraciones de azoxystrobin y difenoconazole a los 4, 8 y 12 días de iniciado los ensayos. En este último funguicida no hubo crecimiento del hongo a 5, 10 y 100 ppm. A los 8 días no se presentó diferencia entre el diámetro de las colonias del hongo para las diferentes concentraciones de carbendazim, mientras que a los 12 días solo difirieron del testigo las concentraciones de 10 y 100 ppm. Se obtuvieron regresiones significativas por la prueba de  $X^2$  para la inhibición de hongo versus probit de las concentraciones de cada funguicida con  $R^2$  entre 0,68 y 0,95. Se estimaron DL50 de 0,17 ppm para difenoconazole, 8,8 ppm para azoxystrobin y 174,35 ppm para carbendazim.

#### **Conclusiones**

Se puede considerar a la cepa *Colletotrichum* Ivan01 como resistente a carbendazim, sensible a difenoconazole y con determinado nivel de pérdida de sensibilidad a azoxystrobin.

**Palabras clave:** antracnosis, inhibición, difenoconazole, carbendazim y azoxystrobin

## Caracterización de los agricultores, las fincas y los sistemas de cultivos de fresa en cuatro veredas de Pamplona

Jimmy Amézquita Flórez<sup>1</sup>, Zuleidy F. Quinayás Majin<sup>2</sup>, Leónides Castellanos González<sup>3</sup>.

1, 2 Estudiantes del Programa Ingeniería Agronómica, Semillero de Agroecología, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona. Correos: [jimmy.amezquita@unipamplona.edu.co](mailto:jimmy.amezquita@unipamplona.edu.co), [zuleidy.quinayas@unipamplona.edu.co](mailto:zuleidy.quinayas@unipamplona.edu.co). 2 Docente, Programa Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona. Correo: [lclcastell@gmail.com](mailto:lclcastell@gmail.com).

### Resumen

#### Objetivo

El objetivo del trabajo fue realizar una caracterización de los agricultores, las fincas y los sistemas de cultivos de fresa *Fragaria x ananassa* Duch. en cuatro veredas del municipio de Pamplona, Norte de Santander.

#### Metodología

Se entrevistaron 16 productores de fresa en cuatro veredas del municipio de Pamplona Norte de Santander, cuatro por vereda, los cuales tenían cultivos en edades aproximadas de 6 meses a 1 año. Se les realizó una encuesta para reunir datos personales tanto de las fincas como de ellos para obtener un mayor conocimiento de sus prácticas agrícolas que manejan. Se obtuvo datos de los 16 productores de fresa y se digitalizaron en la base de datos Excel para su interpretación gráfica, obteniendo un rango preciso de la información recolectada para su posterior análisis.

#### Resultados

El 56 % de los encuestados llevan entre 2 a 5 años cultivando fresa, eso reitera su poco conocimiento en el manejo de nutrición y enfermedades del cultivo. El 67 % de los encuestados tienen más de 5 ha sembradas mostrando su interés por la expansión del cultivo. El 50 % prefieren la variedad Sabrina, por su resistencia al damping-off (rojizo), y el 25 % siembran dos variedades (Albión y Sabrina). El 62 % de los agricultores no tienen asistencia técnica. Todos los agricultores usan similar distancia de siembra y la misma tecnología con cubierta de plástico, doble camellón y riego por aspersión. Solo el 10 % utiliza en surco simple. Se identificó que rojizo, antracnosis, peca de la hoja y moho gris son las enfermedades que más se presentan. El 75 % de los agricultores no identifican enfermedades nutricionales, y solo el 13% conocen la deficiencia de fósforo. Se enfocan más en la aplicación de fungicidas en base a ingredientes activos, pero de diferentes marcas comerciales y utilizan OPERA para control de antracnosis. Los 16 encuestados realizan podas y deshierbes como labores culturales, pero no realizan tratamientos biológicos ni tratamientos postcosechas y no cuentan con certificación en BPA. Solo el 18,75 de los cuentan con análisis de suelo y el 31,25 % tienen un plan de nutrición.

#### Conclusiones

Aunque la tecnología de cultivo de fresa es similar entre los agricultores encuestados, la mayoría no sobrepasa los cinco años de experiencia lo que trae como consecuencia gran variabilidad en el manejo que realizan de las enfermedades fúngicas y los problemas nutricionales del cultivo de la fresa.

**Palabras clave:** *Fragaria x ananassa*, percepción de productores, variedades, manejo de enfermedades fungicidas, manejo nutricional.

## **Clasificación de artrópodos en las estructuras reproductivas del frailejón (*Espeletia Spp.*) en el páramo de Fontibón – Norte De Santander.**

Viviana Andrea Andrade Flórez<sup>1</sup>; Laura Alejandra Pérez Calderón<sup>2</sup>; Andrés López Rubio<sup>3</sup>; Juan Diego Ríos Díez<sup>4</sup>; Paola Andrea Hormaza Martínez<sup>5</sup>

<sup>1, 2</sup>Estudiantes de Ingeniería Agronómica. Semillero GFISEM. Grupo de investigación GIAS. [Viviana.andrade@unipamplona.edu.co](mailto:Viviana.andrade@unipamplona.edu.co), [laura.perezla@unipamplona.edu.co](mailto:laura.perezla@unipamplona.edu.co) Universidad de Pamplona, Norte de Santander, Colombia; <sup>3</sup>Dr. en Biología Grupo de investigación Bioforense, Facultad de Derecho y Ciencias Forenses, Tecnológico de Antioquia, Institución Universitaria. [alopezru@tdea.edu.co](mailto:alopezru@tdea.edu.co) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3070-0345>; <sup>4</sup>Dr. En entomología, Magister en ciencias; Grupo de investigación Fitotecnia del Trópico en Universidad del Magdalena [jrioso@unimagdalena.edu.co](mailto:jrioso@unimagdalena.edu.co) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5439-8654>; <sup>5</sup>Doctora en Fitotecnia Grupo de Investigación, Sistemas agrícolas del trópico (SAT) Centro de Investigación La Selva km 7 vía Rionegro-Las Palmas, sector Llano Grande, [phormaza@agrosavia.co](mailto:phormaza@agrosavia.co) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0156-9955>

### **Resumen**

#### **Objetivo**

El objetivo del presente trabajo fue Identificar artrópodos colectados en las estructuras reproductivas del frailejón (*Espeletia spp.*) y su variabilidad en épocas lluviosos (segundo semestre del año) y sin lluvia (primer semestre del año), en el páramo de Fontibón, Norte de Santander.

#### **Metodología**

El estudio se realizó en 2024 en dos zonas del páramo Fontibón: una intervenida por sistemas agrícolas (ZCC) y otra con baja intervención antrópica (ZLC). Se efectuaron muestreos manuales y con jama mediante transectos, seleccionando grupos de frailejones y utilizando trampa de luz blanca. Las colectas se realizaron en distintos horarios diurnos y nocturnos. Las muestras fueron preservadas en alcohol al 70 % o en sobres de papel y posteriormente identificadas taxonómicamente en el Laboratorio de Sanidad Vegetal de la Universidad de Pamplona.

#### **Resultados**

Se registraron 1505 individuos pertenecientes a 8 órdenes de Insecta, 4 de Arachnida y 1 de miriápodos. Los órdenes más diversos fueron Coleoptera, Diptera y Lepidoptera. Se identificaron lepidópteros (Ypsolophidae) asociados a daño directo en capítulos florales y especies de Curculionidae como visitantes florales. Finalmente, se obtuvo un conocimiento de la diversidad de artropofauna presente en las estructuras florales y reproductivas de los frailejones del páramo Fontibón y la identificación de los órdenes que están afectando la reproducción del frailejón; contribuyendo así a la conservación de estos ecosistemas.

#### **Conclusión**

El estudio amplió el conocimiento sobre la diversidad de artrópodos del páramo Fontibón y permitió identificar grupos que afectan la reproducción del frailejón, aportando información relevante para estrategias de conservación.

**Palabras clave:** Frailejón artropofauna ,capitulo , insectos fitófagos, visitantes florales.

## **Caracterización de Buenas Prácticas Agrícolas en pequeños productores del sistema productivo de tomate de árbol en Chitagá, Norte de Santander.**

Alvarado López, Yeison Daniel<sup>1</sup>, García-Carvajal, Yamit<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Estudiante Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona. Pamplona. Correo: [yeison.alvarado@unipamplona.edu.co](mailto:yeison.alvarado@unipamplona.edu.co)

<sup>2</sup>Ingeniero Agrónomo. Magister en Ciencias Agrarias. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Pamplona. Pamplona. Colombia. Correo: [yamit.garcia@unipamplona.edu.co](mailto:yamit.garcia@unipamplona.edu.co) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6171-837X>

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Caracterizar las Buenas Prácticas Agrícolas implementadas por pequeños productores en el sistema productivo de tomate de árbol en Chitagá, Norte de Santander.

#### **Metodología**

El estudio fue realizado durante un periodo de 6 meses, bajo un enfoque descriptivo, evaluó el nivel de conocimiento y aplicación de las BPA en 21 pequeños productores de tomate de árbol en Chitagá, con base en la lista de chequeo del ICA (2020). A partir de encuestas en campo, se identificaron debilidades que derivaron en un plan de mejoramiento basado en una matriz DOFA.

#### **Resultados**

Se determinó que la muestra analizada presentó un promedio de cumplimiento del 30,28%, con respecto a los ítems establecidos en la lista de chequeo de las BPA, indicando un bajo nivel de aplicación al estar significativamente por debajo del 50%. La mayoría de los participantes solo cumplieron con 17 de los 57 ítems evaluados. Asimismo, el análisis de correlación de Pearson reveló que el cumplimiento de los ítems 7.1 y 4,3 se asocia con un mayor conocimiento acerca de las BPA por parte de los productores.

#### **Conclusión**

Un porcentaje considerable de productores no estaba familiarizado con las BPA, lo que evidenciaba en la implementación inconsistente de estas prácticas en sus predios. Adicionalmente el análisis DOFA reveló que los productores requieren mayor atención y capacitaciones en temas relacionados con el manejo de plagas y enfermedades.

**Palabras clave:** Tomate de árbol, BPA, componentes, implementación, cumplimiento.

## Aspectos epidemiológicos de las enfermedades más importantes del cultivo de la acelga de dos fechas de siembra en el huerto de la Escuela Normal Superior de Pamplona

Briyit F. Villamizar Calderón<sup>1</sup>, Leónides Castellanos González<sup>2</sup>. Carmen M. Rozo García<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Estudiante Programa Ingeniería Agronómica, Proyecto de Aula Asignatura Epidemiología Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona. Correo: [briyit.villamizarbri@unipamplona.edu.co](mailto:briyit.villamizarbri@unipamplona.edu.co); <sup>2</sup> Docente, Programa Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona. Correo: [lclcastell@gmail.com](mailto:lclcastell@gmail.com). Microbiólogo. MsC. Universidad de Pamplona. Correo: [omairaroz@unipamplona.edu.co](mailto:omairaroz@unipamplona.edu.co)

### Resumen

#### Objetivo

Evaluar aspectos epidemiológicos de las enfermedades más importantes del cultivo de acelga, *Beta vulgaris* var. cicla L., en dos fechas de siembra, abril y septiembre de 2024, en el huerto de la Escuela Normal Superior de Pamplona.

#### Metodología

Se desarrolló durante el segundo semestre del año 2024, una investigación de tipo mixta, en la cual se evaluaron variables cuantitativas como el porcentaje de avance de las enfermedades y cualitativas como la presencia o no de algunos patógenos. Inicialmente se realizó un reconocimiento y descripción de los síntomas y signos de las principales enfermedades. Adicionalmente se cuantificó el grado de incidencia y severidad de las enfermedades encontradas.

#### Resultados

Se observó que la única enfermedad presente en la acelga del huerto fue cercosporiosis causada por *Cercospora beticola* Sacc. en las muestras obtenidas de campo, se observaron hifas, esporodocios y conidios de *C. beticola*. Se evidenciaron comportamientos muy distintos en la incidencia de los dos cultivos, relacionados con el manejo agronómico que se les brindó en el tiempo en que se realizó la investigación en el huerto. En la comparación de la severidad en los dos cultivos, el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) del cultivo perteneciente al periodo 2024-1 duplicó considerablemente al cultivo establecido en el semestre 2024-2, resultados que estuvieron estrechamente relacionados con la edad del cultivo y el manejo agronómico de cosecha y poda que se venía realizando en el cultivo más antiguo.

#### Conclusión

Se verificó que la enfermedad más importante, en relación con la incidencia y severidad de la acelga en dos fechas de siembra, fue la cercosporiosis causada por *C. beticola*. Se determinó diferencia estadística de niveles de incidencia, severidad de la cercosporiosis en las dos plantaciones diferenciadas por la época de siembra, reflejado además en un valor relativo superior del ABCPE para la parcela de mayor edad, evidenciándose la influencia de la poda y cosecha sobre la incidencia y severidad de la enfermedad.

**Palabras clave:** *Beta vulgaris*, cercosporiosis, virosis, alternariosis, oidiosis.

## **Coberturas vegetales para la recuperación de suelos de uso agropecuario en el Páramo del Almorzadero, Cerrito (Santander).**

Briyit Fernanda Villamizar Calderón<sup>1</sup>; Laura Marcela Laverde Jimenez<sup>1</sup>; Mónica Liliana Fuentes Beltrán<sup>2</sup>; Bruna Arruda<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Estudiante Programa Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona. Correo: [briyit.villamizarbri@unipamplona.edu.co](mailto:briyit.villamizarbri@unipamplona.edu.co);

[laura.laverdelau@unipamplona.edu.co](mailto:laura.laverdelau@unipamplona.edu.co); <sup>2</sup>Docente, Programa Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona. Correo: [monica.fuentes2@unipamplona.edu.co](mailto:monica.fuentes2@unipamplona.edu.co);

<sup>3</sup>Docente, Programa Ingeniería Agronómica, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales Correo: [bruna.arruda@udca.edu.co](mailto:bruna.arruda@udca.edu.co).

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Evaluar diferentes coberturas vegetales para la recuperación de suelos de uso agropecuario en el Páramo del Almorzadero, Cerrito Santander.

#### **Metodología**

El estudio se desarrolló en un periodo de 6 meses en dos localidades (post-cultivo de papa (PA) y sistema de pradera (PR)), ubicadas en la vereda Platera del municipio de Cerrito, Santander. El diseño experimental implementado fue bloques completos al azar, conformado por cuatro bloques, cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron: Vicia sativa, Avena sativa, Medicago sativa, Holcus lanatus sembrados al voleo y un tratamiento testigo, cada unidad experimental con un área de 25 m<sup>2</sup>. Las variables biológicas evaluadas fueron micorrizas y actividad enzimática de ureasa y deshidrogenasa, y las variables fisicoquímicas fueron textura, DA, MO, pH, P y CIC.

#### **Resultados**

Se determinó que la DA en el sistema post-cultivo de papa (PA) fue mayor que en el sistema de pradera (PR) confirmando que el uso de maquinaria agrícola genera cambios en las propiedades físicas del suelo. Al desarrollar el análisis univariado “experimento en serie” no se evidencio diferencia significativa en ninguno de los cinco tratamientos, asumiendo que el factor que influyo en los resultados fue el tiempo de establecimiento de las coberturas vegetales. Sin embargo, las coberturas que presentaron un mayor desarrollo en campo fueron: *Avena sativa*, *Vicia sativa*, *Holcus lanatus* y *Medicago sativa*.

#### **Conclusión**

La evaluación de las coberturas establecidas ayuda en la recuperación de suelos de páramo, sin embargo, hacer una asociación de estas plantas y extender sus ciclos vegetativos podría generar resultados más notables en cuanto a la recuperación de suelos de páramo.

**Palabras clave:** Propiedades del suelo, calidad de suelo, gramíneas, leguminosas.

# Aislamiento de bacteriófagos en plantaciones de durazno en Pamplona, Norte de Santander, Colombia, como potencial controlador de la mancha bacteriana producida por *Xanthomonas* spp.

Juan Manuel Castro Samaniego<sup>1</sup>; Niccol Andrea Soracá Felizzola<sup>1</sup>; Carmen Omaira Rozo García<sup>2</sup>; Néstor Fabián Galvis Serrano<sup>3</sup>; Alba Ricardo Páez<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Estudiantes del Programa Microbiología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Pamplona. Correos: [juan.castro3@unipamplona.edu.co](mailto:juan.castro3@unipamplona.edu.co); [niccol.soraca@unipamplona.edu.co](mailto:niccol.soraca@unipamplona.edu.co). Docente, <sup>2</sup>Programa de Microbiología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Pamplona; <sup>3</sup>Universidad de Santander – Sede Cúcuta. Correo: [omairaroz@uniplamplona.edu.co](mailto:omairaroz@uniplamplona.edu.co), [nestor.galvis@mail.udes.edu.co](mailto:nestor.galvis@mail.udes.edu.co), <sup>4</sup>Programa de Microbiología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Pamplona [albapaez@unipamplona.edu.co](mailto:albapaez@unipamplona.edu.co)

## Resumen

### Objetivo

Aislar bacteriófagos específicos con potencial biocontrolador de la mancha bacteriana producida por *Xanthomonas* spp. en plantaciones de durazno cultivadas en Pamplona – Norte de Santander, Colombia.

### Metodología

Se recolectaron frutos de durazno con lesiones necróticas compatibles con *Xanthomonas* spp. en la vereda Lomacande (Norte de Santander, Colombia). A partir de tejidos desinfectados se efectuó el aislamiento bacteriano en agar YDC, obteniéndose colonias mucoides amarillas típicas del género, las cuales fueron sometidas a pruebas bioquímicas y serán confirmadas mediante secuenciación del gen 16S ARNr. De forma paralela, se aisló un bacteriófago del suelo del cultivo por centrifugación y filtración (0,45 µm). La interacción fago-bacteria, evaluada por técnica de doble capa de agar, evidenció la formación de unidades formadoras de placa a las 48 horas, sugiriendo la presencia de fagos con actividad lítica específica contra *Xanthomonas* spp.

### Resultados

Los resultados preliminares permitieron aislar, de muestras de durazno, colonias con características fenotípicas de *Xanthomonas* spp., como bacilos Gram negativo y colonias mucoides de color amarillo. Las pruebas bioquímicas identificaron los aislados como posibles *Xanthomonas* spp., con un 90% de especificidad. Se aisló el ADN de la bacteria y se amplificó con los cebadores pA y pH del gen 16s ARNr. El producto purificado de la PCR se enviará a secuenciar para la identificación específica. El bacteriófago aislado de muestras de suelo presentó actividad lítica en el ensayo de doble capa de agar, observándose zonas de lisis con bordes difusos, demostrando su potencial como biocontrol de *Xanthomonas* spp.

### Conclusión

La caracterización preliminar de *Xanthomonas* spp. y el aislamiento de un bacteriófago con actividad lítica evidencian un modelo hospedero–fago con potencial para estrategias de biocontrol. La secuenciación del gen 16S ARNr permitirá confirmar la especie bacteriana y validar la especificidad de los ensayos, fortaleciendo su aplicación en un manejo fitopatológico sostenible.

**Palabras clave:** Palabras clave: Fago, Fitopatógenos bacterianos, Terapia fágica, Control biológico, Agricultura sostenible.

## **Diagnóstico socioeconómico y Buenas Prácticas Agrícolas en fincas productoras de fresa, papa negra y arveja en Pamplona, Norte de Santander**

Jonathan Sebastián Mejía Gómez<sup>1</sup>; Ana Francisca González-Pedraza<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo Independiente, Cimitarra, Santander. Correo: [Jonathan.s.mejia1@gmail.com](mailto:Jonathan.s.mejia1@gmail.com); <sup>2</sup>Docente del Departamento de Agronomía. Grupo de Investigación GIAS y GIATAS. Universidad de Pamplona, Pamplona, Norte de Santander. Correo: [ana.gonzalez2@unipamplona.edu.co](mailto:ana.gonzalez2@unipamplona.edu.co).

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Diagnosticar el estado de implementación de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en fincas productoras de fresa, papa negra y arveja en las veredas Chíchira y Monte dentro del municipio de Pamplona, Norte de Santander

#### **Metodología**

Se seleccionó el 10% de los productores de fresa, papa negra y arveja en las veredas Chíchira y Monte dentro, con apoyo de líderes comunitarios. Se aplicaron encuestas socioeconómicas y se evaluó el cumplimiento de las Buenas Prácticas Agrícolas conforme a la Resolución ICA No. 082394. Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva (valores medios, máximos, mínimos y frecuencias) y se procesaron y graficaron en Excel para Windows.

#### **Resultados**

El diagnóstico en Chíchira y Monte dentro reveló que los cultivos de fresa, papa negra y arveja enfrentan limitaciones en infraestructura, capacitación y recursos económicos, afectando la sostenibilidad agrícola. Predomina una población con bajo nivel educativo, lo que dificulta la adopción de tecnologías y normas de BPA. El cumplimiento de las BPA es bajo, con avances parciales en el manejo de residuos en fresa, pero con deficiencias en fertilización y registros en todos los cultivos. Ambientalmente, la gestión de suelos y aguas es limitada, y persiste un uso intensivo de agroquímicos. Las condiciones laborales son deficientes y la falta de trazabilidad limita el acceso a mejores mercados. Se identificaron oportunidades en capacitación, fortalecimiento de infraestructura y asociatividad para mejorar la sostenibilidad del sistema productivo.

#### **Conclusiones**

La adopción de Buenas Prácticas Agrícolas en Chíchira y Monte dentro es limitada debido a carencias en infraestructura, capacitación y recursos. Los bajos niveles educativos restringen la implementación de tecnologías y certificaciones. Persisten deficiencias en la gestión ambiental y condiciones laborales. Para fortalecer la sostenibilidad productiva, es prioritario mejorar la formación técnica, invertir en infraestructura y promover la asociatividad entre productores, enfocándose en prácticas que garanticen la sostenibilidad ambiental, social y económica de los sistemas agrícolas.

**Palabras clave:** BPA, sostenibilidad agrícola, certificación, encuesta.

## **Repoblación forestal con especies nativas para la recuperación hídrica de la naciente del Río Pamplonita, Pamplona, Colombia**

José Humberto Montañez Toloza<sup>1</sup>; Diana Mabel Parra Támara<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Agronomía, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Escuela de Ciencias Agrícolas pecuarias y del medio Ambiente ECAPMA, CIDAGRO/CeVel, ORCID <https://orcid.org/0009-0002-8416-1057>; <sup>2</sup>Pamplona, Colombia, [jhmontanezt@unadvirtual.edu.co](mailto:jhmontanezt@unadvirtual.edu.co) Especialización Química Ambiental, Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad de Pamplona, CIDAGRO / SATIO, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6371-2871>, Pamplona, Colombia, [dianamabel16@hotmail.com](mailto:dianamabel16@hotmail.com)

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Reforestar la naciente del río Pamplonita, principal fuente de abastecimiento hídrico de Pamplona, mediante la siembra de especies nativas como *Alnus acuminata* (aliso) y *Senna viarum* (alcaparro), con el propósito de mitigar los efectos de la variabilidad climática, la degradación ambiental y la presión antrópica, y contribuir a la recuperación y protección sostenible de esta fuente hídrica estratégica.

#### **Metodología**

La metodología empleada fue de tipo aplicada y se desarrolló en varias etapas. En primer lugar, se realizaron visitas a la cuenca con el fin de identificar y delimitar las áreas afectadas por la deforestación. Una vez identificadas, estas zonas fueron marcadas con precisión mediante tecnología GPS. Finalmente, se procedió a la plantación de las especies nativas seleccionadas, el aliso y el alcaparro, en las áreas previamente delimitadas, contribuyendo de manera activa a la reforestación y recuperación ecológica de la cuenca.

#### **Resultados**

Se proyecta que la reforestación de la naciente del río Pamplonita favorecerá la recuperación de suelos y áreas degradadas, promoviendo la restauración ecológica de la cuenca mediante la reintroducción de vegetación nativa. Asimismo, se espera una mejora en la disponibilidad y calidad del recurso hídrico y, de manera complementaria, la generación de una fuente sostenible de madera para los productores locales.

#### **Conclusiones**

La naciente del río Pamplonita está gravemente deteriorada por factores ambientales y el crecimiento poblacional. Es crucial reforestarla con especies nativas como el aliso y el alcaparro. El aliso, en particular, es vital por su adaptabilidad a suelos ácidos y resistencia a heladas, siendo clave para la resiliencia del ecosistema frente al cambio climático y la recuperación hídrica de Pamplona.

**Palabras clave:** Aliso, alcaparro, reforestación, cambio climático.

## **Potencial de microalgas nativas como bioestimulantes y biofertilizantes sostenibles para la agricultura moderna**

Giovanny Alexander Gélvez Carvajal<sup>1</sup>; William Hernando Suárez Quintana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Microbiólogo con énfasis en alimentos, estudiante de la Maestría en Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona, Colombia, [giovanny.gelvez@unipamplona.edu.co](mailto:giovanny.gelvez@unipamplona.edu.co); <sup>2</sup>Docente del departamento de Microbiología, Grupo de Investigación en Microbiología y Biotecnología GIMBIO, Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia, [wihersu@unipamplona.edu.co](mailto:wihersu@unipamplona.edu.co)

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Evaluar el potencial de microalgas aisladas de suelos agrícolas como bioestimulantes y biofertilizantes.

#### **Metodología**

Se realizó el aislamiento de microalgas a partir de muestras de suelos agrícolas de Pamplona, Norte de Santander, utilizando la dispersión celular en medios de cultivo sólidos y un repique continuo de las colonias aisladas, lo que permitió obtener nueve cepas para el estudio. Las cepas fueron caracterizadas tanto morfológica como bioquímicamente y posteriormente multiplicadas en fotobiorreactores de 3 litros, empleando el medio de cultivo BOLD, con el fin de generar biomasa y establecer sus cinéticas de crecimiento. La biomasa resultante se aplicó en unidades experimentales conformadas por 50 semillas de tomate, distribuidas en cajas acrílicas, mediante la aplicación de soluciones y extractos celulares a concentraciones del 80%, 60%, 40% y 20%. Se incluyeron controles que consistieron en aplicaciones con *Chlorella* sp., *Arthrospira* sp. y agua destilada. Los parámetros evaluados incluyeron el porcentaje de germinación, así como la longitud del tallo y de la raíz.

#### **Resultados**

Se obtuvieron 9 aislamientos de microalgas en cultivos axénicos. Los análisis de las concentraciones de proteínas, lípidos, carbohidratos y fitohormonas se incorporaron como parte del proceso de selección de 4 cepas con mayor potencial agrícola. Los resultados preliminares obtenidos en semillas de tomate indicaron que, al menos, una de las cepas evaluadas en una concentración del 80% produjo diferencias significativas en comparación con los controles, sugiriendo que su aplicación como bioestimulante o biofertilizante favorece el crecimiento del tallo y la raíz. Dichos hallazgos deberán ser confirmados a través de estudios con un mayor número de unidades experimentales.

#### **Conclusiones**

La bioprospección de microalgas permite el acceso a una amplia biodiversidad con aplicaciones potenciales en la agricultura, lo que podría fortalecer enfoques productivos sostenibles y disminuir la dependencia de agroquímicos convencionales.

**Palabras clave:** Aislamiento, Biodiversidad, Bioprospección, Germinación

## Estudios hematológicos en el caballo criollo colombiano de acuerdo a su andar y estado fisiológico

Freddy Orlando Rodríguez Castro<sup>1</sup>; Jhon Jairo Bustamante<sup>2</sup>; Yanedt Amparo Vera Lizarazo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Medico Veterinario, Candidato a Magíster en Ciencias Agrarias, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona, correo electrónico: [ranyes@hotmail.com](mailto:ranyes@hotmail.com); <sup>2</sup>Jhon Jairo Bustamante Cano, docente del programa de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona, correo electrónico: [jhonjabu@unipamplona.edu.co](mailto:jhonjabu@unipamplona.edu.co); <sup>3</sup>Yanedt Amparo Vera Lizarazo, docente del programa Medicina Veterinaria, Grupo de Investigación en Ciencias Animales (GICA), correo electrónico: [yanedt.vera@unipamplona.edu.co](mailto:yanedt.vera@unipamplona.edu.co).

### Resumen

**Objetivo:** Determinar los valores hematológicos y bioquímicos en caballos criollos colombianos según su andar y estado fisiológico (paso fino, trocha y galope, trote y galope, trocha colombiana).

### Metodología

Se realizó una revisión bibliográfica en revistas indexadas sobre parámetros hematológicos y bioquímicos en caballos criollos colombianos clasificados según su tipo de andar (paso fino, trocha y galope, trote y galope, trocha colombiana). La búsqueda incluyó términos relacionados con edad, sexo, hematología clínica, bioquímica clínica, hemograma, índices eritrocitarios, anemia, policitemia, hemoparásitos y enzimas bioquímicas, con el propósito de establecer el estado hematológico y bioquímico en ejemplares de alta calidad genética y evaluar su bienestar.

### Resultados

La literatura revisada indica que no existe una relación consistente entre edad y contajes diferenciales de células sanguíneas. Se reportan estados anémicos asociados a hemoparásitos y casos de policitemia vinculados al estrés durante la toma de muestras. Las variaciones en los índices eritrocitarios se relacionan principalmente con deficiencias nutricionales (hierro, vitaminas del complejo B y ácido fólico). Alteraciones en la línea blanca se asocian con procesos infecciosos, destacándose la presencia de *Babesia* sp. en frotis sanguíneos. En el perfil bioquímico, diversos analitos pueden desviarse de los rangos de referencia según el estado sanitario del animal.

### Conclusiones

La hematología y la bioquímica clínica constituyen herramientas fundamentales para el diagnóstico, monitoreo sanitario y evaluación del rendimiento en equinos. El frotis sanguíneo es clave para la detección de hemoparásitos, mientras que las pruebas bioquímicas permiten identificar alteraciones metabólicas y orgánicas, contribuyendo a la valoración integral de la salud en caballos de alto desempeño.

**Palabras clave:** hemograma, bioquímico, hematocrito, hemoglobina, hemoparasitos, diagnostico, control, enfermedades, policitemia.

# **Bacterias de los géneros *Bacillus* y *Lactobacillus* como solubilizadoras de fósforo y antagonistas de hongos del suelo en fresa**

Cristian Jair Villamizar Valencia<sup>1</sup>, Leónides Castellanos González<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo, estudiante de la Maestría en Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia. Correo: [jairvillamizar27@gmail.com](mailto:jairvillamizar27@gmail.com); <sup>2</sup>Docente del Departamento de Agronomía. Grupo de Investigación GIATAS. Universidad de Pamplona, Pamplona, Norte de Santander, Colombia. Correo: [leonides.castellanos@unipamplona.edu.co](mailto:leonides.castellanos@unipamplona.edu.co).

## **Resumen**

### **Objetivo**

El objetivo fue analizar información actualizada sobre resultados del efecto de las bacterias de los géneros *Bacillus* y *Lactobacillus* como solubilizadoras de fósforo y antagonistas de hongos del suelo en fresa

### **Metodología**

Se realizó una revisión de los artículos de la literatura científica publicada en revistas indexadas y otros medios de divulgación científica que trataran sobre resultados del efecto de las bacterias de los géneros *Bacillus* y *Lactobacillus* como solubilizadoras de fósforo y antagonistas de hongos del suelo en fresa. Se utilizaron como palabras clave combinaciones de los siguiente vocablos fresa, *Bacillus*, *Lactobacillus*, fósforo, antagonismo, solubilización. Los artículos se usaron como unidades de análisis para discutir y contraponer los resultados.

### **Resultados**

En total se revisaron 35 artículos relacionados con la solubilización del fosforo y la acción antagonica de *Bacillus subtilis* y *Lactobacillus* sobre los patógenos del cultivo de la fresa; 15 de estos son producto de investigaciones en el cultivo en mención y 20 artículos relacionados con la mismas temáticas, pero en diferentes cultivos. Es de resaltar que en la provincia de Pamplona Norte de Santander, no existen investigaciones que permitan brindar soluciones sostenibles para el manejo de estas problemáticas en el cultivo de fresa, siendo esta línea productiva uno de los principales fuentes de ingreso de pequeños y medianos productores, sumado a esto la zona cuenta con condiciones óptimas para el crecimiento en áreas de siembra, que se ve limitado por la alta incidencia de las problemáticas abordadas en el presente documento.

### **Conclusiones**

Se puede concluir que los bioproductos a base de *Bacillus subtilis* y *Lactobacillus* sp. son capaces de ejercer biocontrol de muchos organismos fitopatógenos en varios cultivos entre ellos patógenos de los géneros *Verticillium*, *Phytophthora* y *Fusarium* que forman parte del complejo del damping off en el cultivo de la fresa. Además, a muchas cepas de *Bacillus* y *Lactobacillus* se le atribuye efecto solubilizador de fósforo en el suelo. A pesar de existir muchos estudios en la literatura, los resultados de estos efectos a partir de bioproductos locales a base de *Bacillus* y *Lactobacillus* son escasos a nivel de Colombia y mucho más a nivel regional.

**Palabras clave:** *Fragaria* × *ananassa*, nutrición, patógenos del suelo, enfermedades

# **Integración de los agronegocios periurbanos de Medellín con enfoques agroecológicos para la sostenibilidad regional**

Juan Carlos Escalante

<sup>1</sup>Docente, Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas. Grupo de Investigación Estudios Internacionales- Grupo de Investigación Observatorio Público - GIATAS. Tecnológico de Antioquia, [juan.escalante@tdea.edu.co](mailto:juan.escalante@tdea.edu.co)

## **Resumen**

### **Objetivo**

Analizar las dinámicas actuales de los agronegocios periurbanos en Medellín e identificar estrategias viables para integrar principios agroecológicos en su funcionamiento, con el fin de promover sistemas productivos sostenibles que contribuyan tanto al desarrollo económico como a la resiliencia socioambiental de la región metropolitana.

### **Metodología**

Se efectuó un estudio de caso en tres agronegocios que han adoptado prácticas agroecológicas en Medellín y su área metropolitana y un análisis documental de políticas públicas locales. Para evaluar la sostenibilidad de los sistemas productivos se utilizó la herramienta MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sostenibilidad).

### **Resultados**

Los hallazgos revelaron que, si bien los agronegocios de Medellín muestran un crecimiento sostenido en términos de producción y comercialización de productos agrícolas, enfrentan desafíos significativos relacionados con la sostenibilidad ambiental, el acceso a mercados justos y la adaptación al cambio climático. Tres iniciativas exitosas incorporaron prácticas agroecológicas como la diversificación de cultivos, el uso de bioinsumos locales y estrategias de comercialización directa (mercados campesinos y plataformas digitales). Estas prácticas no solo redujeron costos de producción y dependencia de insumos externos, sino que también fortalecieron los vínculos entre productores y consumidores, favoreciendo la economía solidaria. La aplicación del MESMIS evidenció mejoras en los indicadores de estabilidad económica, resiliencia ecológica y equidad social.

### **Conclusiones**

La transición hacia modelos agroecológicos en los agronegocios de Medellín es no solo viable sino necesaria para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de la producción alimentaria urbana y periurbana. Las políticas públicas deben fortalecer estas iniciativas mediante incentivos económicos, formación técnica y apoyo a la comercialización justa. Integrar la agroecología en los agronegocios aporta a la construcción de territorios más resilientes, equitativos y ambientalmente responsables.

**Palabras clave:** Agroecología, agronegocios urbanos, sostenibilidad, resiliencia socioambiental.

# **Taller experiencias con niños; jóvenes y agricultores**

# **Huerta escolar y recursos naturales: una vía para el desarrollo integral en la educación inicial de los niños del Centro Atención Integral Materno Infantil de la Universidad de Pamplona**

Olga B. Castillo<sup>1</sup>, Liliana T. Flórez<sup>2</sup>, Alba M. Mogollón<sup>3</sup>, María L. Guerrero<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Doctora en Educación. Docente Facultad de Educación, . Universidad de Pamplona. [ocastillo@unipamplona.edu.co](mailto:ocastillo@unipamplona.edu.co),

<sup>2</sup>Lic. Educación Especial, Psicopedagogía Especial y Mg. Orientación de Conducta. Docente Facultad de Educación, Pamplona: [liliana.florez2@unipamplona.edu.co](mailto:liliana.florez2@unipamplona.edu.co); <sup>3</sup>Lic. Lingüística y Literatura, Esp. Metodología de la Enseñanza del Español y la Literatura, Mg. En Educación, Dr. En Educación. Docente Facultad de Educación, Universidad de Pamplona, [albamogollon@unipamplona.edu.co](mailto:albamogollon@unipamplona.edu.co), <sup>4</sup>Psicóloga, Esp. En Violencia Intrafamiliar Niñez y Adolescencia, Mg. En Educación. Doctoranda en Educación. Departamento de Psicología. Universidad de Pamplona, Pamplona, Norte de Santander, Colombia. [gmarializeth@unipamplona.edu.co](mailto:gmarializeth@unipamplona.edu.co).

## **Resumen**

### **Objetivo**

Analizar el uso pedagógico de la huerta escolar y los recursos naturales como estrategia práctica para fortalecer el desarrollo integral de los niños y niñas en la educación inicial, a partir de la experiencia implementada en el CAIMIUP.

### **Metodología**

La investigación adoptó un enfoque cualitativo de carácter descriptivo–exploratorio para analizar la experiencia pedagógica desarrollada en el Centro de Atención Integral Materno Infantil de la Universidad de Pamplona (CAIMIUP), mediante la implementación de la huerta escolar como estrategia de aprendizaje significativo. El estudio abordó los retos de la educación inicial en contextos rurales, promoviendo actividades lúdicas y prácticas basadas en el contacto directo con la naturaleza, orientadas al desarrollo de habilidades cognitivas, sociales y emocionales a través de experiencias contextualizadas.

### **Resultados**

En la fase inicial se evidenció alta motivación y participación activa de los niños y niñas en las actividades de la huerta. El contacto con la tierra y los procesos de cultivo favoreció el aprendizaje experiencial y la apropiación progresiva de conceptos ambientales. Mediante recursos didácticos adecuados a la edad como dibujos, dramatizaciones y diálogos se fortaleció la comprensión de la relación entre el cuidado del entorno y la vida cotidiana. Asimismo, se promovió una actitud de respeto por la naturaleza, el manejo adecuado de residuos y la valoración de la biodiversidad.

### **Conclusiones**

La huerta escolar demostró ser una estrategia pedagógica efectiva para el desarrollo integral en educación inicial. El vínculo temprano con la naturaleza fortaleció el conocimiento ecológico y estimuló competencias clave como la observación, el lenguaje, la cooperación y la formación de valores. Aunque los resultados son parciales, la experiencia evidencia un alto potencial para consolidar aprendizajes significativos y fomentar conciencia ambiental desde las primeras etapas educativas.

**Palabras clave:** recursos naturales, huerta escolar, formación integral, educación inicial.

## **El bienestar psicosocial como enfoque para el desarrollo integral en contextos rurales y comunitarios desde la agroecología**

Yuly Carolina Rueda Carrillo<sup>1</sup>; Vivian Rocio Peña Parada<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Psicóloga. Magister en Intervención Social, Facultad de Salud. Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4602-7756>; <sup>2</sup>Psicóloga. Especialista en Psicología Clínica, Facultad de Salud. Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8902-6062>

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Analizar la percepción del bienestar psicosocial en estudiantes y padres de familia vinculados a unidades agrícolas rurales en los municipios de Cácuta y Pamplonita (Norte de Santander), considerando las dinámicas familiares, escolares y productivas desde un enfoque agroecológico y comunitario.

#### **Metodología**

La metodología fue de enfoque mixto, mediante una caracterización sociodemográfica y psicosocial a 100 estudiantes y 50 padres mediante encuestas estructuradas, abordando variables como apoyo familiar, pertenencia, satisfacción escolar, condiciones laborales y valoración del trabajo agrícola. Además, se realizaron talleres psicoeducativos y diálogos comunitarios con enfoque agroecológico, que permitieron profundizar en las dinámicas familiares y escolares rurales.

#### **Resultados**

Los resultados mostraron que el 78 % de los estudiantes se sintió emocionalmente apoyado por su familia, el 64 % satisfecho con su proceso escolar y el 52 % reportó barreras para acceder a educación superior. En los padres, el 81 % expresó preocupación por la estabilidad laboral rural y el 73 % interés en fortalecer prácticas agroecológicas como vía de sostenibilidad. El análisis cualitativo evidenció en los estudiantes una fuerte identidad rural, orgullo por su origen campesino y valoración de la escuela como espacio protector. También se identificaron tensiones por la sobrecarga escolar, el limitado acceso a tecnologías y la estigmatización del trabajo agrícola. Los padres expresaron su deseo de ofrecer mejores oportunidades educativas sin romper el vínculo con la vida rural y los saberes ancestrales.

#### **Conclusiones**

Se concluye que el bienestar psicosocial en zonas rurales se fortalece mediante acciones educativas contextualizadas, reconocimiento de saberes del campo y prácticas agroecológicas con enfoque comunitario. El proyecto continuará con el acompañamiento universitario a través de estrategias formativas, materiales educativos pertinentes y espacios de participación intergeneracional orientados a la sostenibilidad.

**Palabras clave:** Bienestar psicosocial, agroecología, educación rural, caracterización psicosocial, desarrollo integral.

## **Producción de fresa en Pamplona: uso de las TIC en extensión agropecuaria**

Deisy Katherine Fernández García<sup>1</sup>; Dixon Fabián Flórez Delgado<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Docente Programa Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia. Correo: [deisy.fernandez@unipamplona.edu.co](mailto:deisy.fernandez@unipamplona.edu.co); <sup>2</sup>Docente Programa Zootecnia, Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia. Correo: [dixon.florez@unipamplona.edu.co](mailto:dixon.florez@unipamplona.edu.co)

### **Resumen**

**Objetivo:** Analizar el uso de las TIC en los procesos de Extensión Agropecuaria en el sistema de producción de fresa en Pamplona.

### **Metodología:**

Se desarrolló una metodología mixta, no experimental, integrando datos cuantitativos y cualitativos con 85 productores como muestra y una población de 18 extensionistas. Ambos grupos se caracterizaron mediante variables sociodemográficas, identificación, experiencia y limitaciones en el uso de las TIC. Se realizó un análisis mediante estadística descriptiva y pruebas de significancia (Chi-cuadrado, V de Cramer). Adicionalmente, para analizar las relaciones entre variables sociodemográficas y las perspectivas de los participantes sobre el uso de TIC en la toma de decisiones agrícolas, se realizó correlación de Pearson. Por último, mediante la matriz DOFA se diseñaron estrategias para facilitar la implementación de las TIC.

### **Resultados**

Los resultados indicaron que el 40% de los productores son hombres y se encuentran en un rango de 41 a 60 años y un 60% con estudios de primaria, mientras que, en los extensionistas, los hombres representan el 83,33% con edades entre los 26 a 40 años y un 78% son profesionales. La falta de conocimiento fue uno de los ítems más limitantes en el uso de las TIC por parte de los productores. En los extensionistas, la edad y escolaridad presentaron una asociación moderada en la influencia en el uso de las TIC para la toma de decisiones mientras que en los productores no influyen. El trabajo reflejó las diferencias tecnológicas entre productores agrícolas y extensionistas, donde los primeros dependen de aplicaciones básicas como WhatsApp mientras que los segundos adicionalmente tienen mayores competencias y acceso a herramientas avanzadas. Por último, la matriz DOFA, facilitó el diseño de estrategias definidas para productores y extensionistas que permitirán el desarrollo de competencias digitales, mediante alianzas público-privadas para mejorar la conectividad y plataformas digitales para fomentar la productividad y el desarrollo rural.

### **Conclusiones**

La investigación identificó una brecha digital significativa entre extensionistas y productores atribuida a diferencias en edad, nivel educativo y acceso a tecnologías. Mientras los extensionistas, mayoritariamente jóvenes y con formación profesional, utilizan diversas herramientas tecnológicas, los productores, en su mayoría adultos mayores con educación limitada, restringen su uso a aplicaciones básicas como WhatsApp y Facebook. Se espera que la puesta en marcha de las estrategias planteadas fortalezca la infraestructura tecnológica y el desarrollo de competencias digitales tanto para productores como extensionistas que faciliten la implementación y adopción de las TIC.

**Palabras clave:** Tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), sector agrícola, extensionista.

## **Pequeñas cooperativas agroturísticas hacia la bioeconomía popular y los negocios verdes. Caso Sendeprocoop, oportunidades y desafíos**

Vilma Nury García

Agricultora agroecológica. Comunicadora Social con énfasis comunitario. Videógrafa. Estudiante de Maestría en Comunicación Transmedia. Gerente de la Cooperativa Sendeprocoop.

### **Resumen**

#### **Objetivo**

Socializar la experiencia de las pequeñas cooperativas eco y agroturísticas en Colombia a través del caso de la cooperativa Sendeprocoop, como muestra de las oportunidades y desafíos que enfrentan estas organizaciones en la generación de productos y servicios sostenibles.

#### **Metodología**

Desde un enfoque cualitativo se presenta el estudio de caso de la cooperativa agroturística Sendeprocoop como entrada a la exploración de los desafíos y oportunidades de las cooperativas eco y agroturísticas en la bioeconomía popular. La primera fase empleó observación participante, entrevistas y análisis documental. La segunda fase consistió en un análisis comparativo de diversas fuentes y datos públicos para identificar tendencias y perspectivas. Esta metodología se justifica por su pertinencia para abordar el alcance de estas organizaciones, permitiendo un análisis detallado y contextualizado de los desafíos y oportunidades de las cooperativas en la bioeconomía popular.

#### **Resultados**

El impulso institucional a la asociatividad agrícola pasa por desafíos a varios niveles, desde el gubernamental, hasta el comunitario, desde el financiamiento hasta la convivencia, lo que supone plantear la necesidad de un acompañamiento académico y organizacional para que estas pequeñas cooperativas alcancen sus propósitos misionales. Para este estudio de caso se tiene que la cooperativa Sendeprocoop cuenta con un proceso de asociatividad de 10 años, en el que el 70 % son mujeres, el 60 % no tienen acceso a tierra propia o familiar, un 30 % tienen emprendimientos individuales, un 70 % considera que ninguna organización externa la apoya, y un 75 % ha recibido capacitación en agroecología. Aunque las pequeñas cooperativas tienen oportunidades en este momento, los desafíos pueden convertirse en amenazas existenciales que afecten el impacto socioeconómico buscado por las políticas públicas.

#### **Conclusión**

Aunque los resultados de la Cooperativa Sendeprocoop son alentadores, sin un efectivo acompañamiento institucional transversal, este anhelo puede dar al traste, promoviendo más los emprendimientos individuales que las iniciativas populares de asociatividad y de enfoque agroecológico.

**Palabras clave:** cooperativismo; asociatividad; agroecología; agroecoturismo; participación comunitaria.