



VII Congreso Internacional de Ciencias Agrarias y Ambientales (CICAA) 2025

Verde digital: Innovación y Transformación Tecnológica



Compiladores
Carolina Gutiérrez-Cortés,
David Leonardo Sanabria-García y
Yetfersson Arley Serrato-Velosa

Sello Editorial
Universidad Nacional
Abierta y a Distancia

VII CONGRESO INTERNACIONAL DE CIENCIAS AGRARIAS Y AMBIENTALES (CICAA) 2025

VERDE DIGITAL: INNOVACIÓN Y TRANSFORMACIÓN TECNOLÓGICA

Compiladores: Carolina Gutiérrez-Cortés, David Leonardo Sanabria y Yetfersson Arley Serrato-Velosa

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)

Jaime Alberto Leal Afanador
Rector

Constanza Abadía García
Vicerrectora académica y de Investigación

Leonardo Yunda Perlaza
Vicerrector de Medios y Mediaciones Pedagógicas

Édgar Guillermo Rodríguez Díaz
Vicerrector de Servicios a Aspirantes, Estudiantes y Egresados

Leonardo Evemeleth Sánchez Torres
Vicerrector de Relaciones Intersistémicas e Internacionales

Julialba Ángel Osorio
Vicerrectora de Inclusión Social para el Desarrollo Regional y la Proyección Comunitaria

Jordano Salamanca Bastidas
Decano Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Juan Sebastián Chiriví Salomón
Líder Nacional del Sistema de Gestión de la Investigación (SIGI)

Martín Gómez Orduz
Líder Sello Editorial UNAD

VII Congreso Internacional de Ciencias Agrarias y Ambientales (CICAA) 2025

633.85 ----------
B715

VII Congreso Internacional de Ciencias Agrarias y Ambientales (CICAA) 2025

Autores: Carolina Gutiérrez-Cortés, David Leonardo Sanabria y Yetfersson Arley Serrato-Velosa

ISBN: 978-628-7786-79-0

e-ISBN: 978-628-7786-53-0

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA)
© Editorial
Sello Editorial UNAD
Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Calle 14 sur N.o 14-23

Bogotá D. C.
Mayo de 2026

Corrección de textos: ----------

Diagramación: Wilson Marulanda

Edición integral: Hipertexto - Netizen

Cómo citar este libro: Gutiérrez-Cortés, C; Sanabria García, D. y Serrato-Velosa, Y. (Comps.) (2026). *VII Congreso Internacional de Ciencias Agrarias y Ambientales (CICAA) 2025. Verde Digital: Innovación y Transformación Tecnológica*. Sello Editorial UNAD.

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons - Atribución – No comercial – Sin Derivar 4,0 internacional. https://co.creativecommons.org/?page_id=13.

COMITÉ ORGANIZADOR

Comité Técnico
Jordano Salamanca Bastidas, Presidente Congreso
Carolina Gutiérrez Cortés
Erika Ivon Méndez Parra

Comité académico
Carolina Gutiérrez Cortés, Coordinadora
David Leonardo Sanabria García
Raúl David Peralta Mendoza
Leidy Vanessa Gómez Seco

Comité logístico
Nelly María Méndez Pedroza, Coordinadora
Carlos Guillermo Mesa Mejía
Catalina Muñóz Monsalve
Danilo Bonilla Trujillo
Martha Rocío Plata Puentes
Marcela Mejía Guarín
Gustavo Ramírez
Guillermo Castaño Muñoz

Comité de gestión comercial
Carlos Guillermo Mesa Mejía
Oscar Eduardo Valbuena
Franciso Montealegre

Comité de gestión financiero
Mónica Uribe Peñuela, Coordinadora
Juan Pablo Herrera

Comité de comunicaciones
David Leonardo Sanabria García, Coordinador
Yeimi Marcela Gamboa Forero
Valeria Valencia Vélez
Silvia Alejandra Trujillo Zapata
Alejandra María Peña

Comité de innovación
Daniela Hernández Contreras, Coordinadora
Paola Andrea Tenorio Sánchez
Viviana Villamil Reyes
Diego Alejandro Robayo Trivino

Contenido

EJE 1. TECNOLOGÍAS DIGITALES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA Y AGROFORESTAL 9

Tendencias y perspectivas de la inteligencia artificial en vehículos aéreos no tripulados (UAS) para el sector forestal y agrícola 11
Sistematización inteligente de datos agroecológicos y generación de clústeres predictivos para el diagnóstico de la compactación del suelo en agricultura campesina en la microcuenca del Cormechoque – Boyacá 15
Estado de la cigarrita del maíz (*Dalbulus maidis* DeLong & Wolcott) en la Orinoquía colombiana 21
Metabolómica aplicada al sector productivo: Integración de herramientas emergentes para la producción, evaluación de calidad de alimentos e innovación tecnológica - Un estudio de caso 25
Nutrición de Precisión en monogástricos: Innovaciones en Colombia 29
Automatización y eficiencia energética en sistema piscícola con tecnología *biofloc* mediante PLC 33
Evaluación de la calidad física del café Tabí producido bajo 3 porcentajes diferentes de sombrío en la Serranía del Perijá en el municipio de Manaure (Cesar) 37

EJE 2. INNOVACIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES EN SISTEMAS AGROPECUARIOS Y AGROFORESTALES 41

Rutas tecnológicas para la valorización de residuos del banano: una revisión integrativa en el marco de la economía circular 43
Caracterización de subproductos del café como alternativa en nutrición animal en el sur del Huila 49
Uso de proteína unicelular obtenida de granza de arroz para alimentación porcina 53
Torta de prensado de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis L.*) como una alternativa sostenible para agregar valor nutricional a productos de origen animal 57
Análisis de la relación costo-beneficio de atrayentes comerciales de proteína hidrolizada para monitoreo de moscas de la fruta (*Diptera: tephritidae*) en Cundinamarca 61
Evaluación antifúngica de nanoemulsiones de aceites esenciales contra Hemileia vastatrix en café (Coffea arábica) colombiano 67
Potencial del extracto del fruto botánico de la papa (*Solanum tuberosum L.*) como agente de biocontrol de Colletotrichum sp. 71
Parámetros germinativos de semillas forestales nativas del cinturón amazónico en el municipio de Vista Hermosa (Meta, Colombia) 77

EJE 3. TRANSFORMACIÓN DIGITAL PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL Y EL DESARROLLO RURAL 81

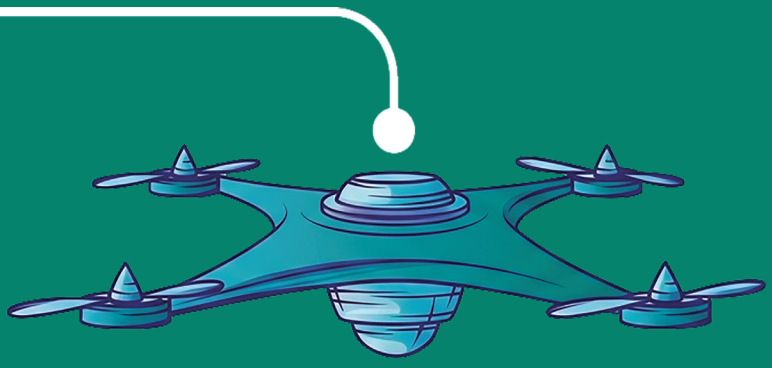
Tecnologías para el desarrollo rural: diagnóstico de competencias en estudiantes de programas 83
Implementación de un modelo de granja agroturística con enfoque comunitario-pedagógico mediante técnicas alternativas sostenibles en el municipio de Gachantivá (Boyacá) 89
Innovación digital para la prevención de intoxicaciones por agroquímicos: una propuesta para el norte del Cauca 93
SIG al servicio del paisaje urbano: Gestión sostenible de áreas verdes en Jamundí- Valle del Cauca 99
Evaluación de las áreas quemadas durante el megaincendio de Natagaima (Tolima) en 2024 utilizando sensores remotos satelitales 103
El Big Data como herramienta de economía circular en la gestión de residuos en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina 107
Análisis del ciclo de pirólisis, disposición final de envases de plaguicidas: Empresa Bioecológica SAS (Boyacá, Colombia) 113
Efectos del ingrediente activo glifosato sobre parámetros de calidad de semillas de tres especies de frutales amazónicos en la región Caquetá (Colombia) 117
Evaluación y distribución espacial de CD en suelos cacaoteros 121

PÓSTERS 127

Empoderamiento intergeneracional en el manejo de plantas medicinales en el Resguardo Indígena Embera Drua asentado en el municipio de Florencia, Caquetá 129
Memoria biocultural de los procesos agroalimentarios del trigo y su importancia en la identidad de familias campesinas rurales en Socotá (Boyacá) 133
Innovación tecnológica en la gestión de residuos: aplicación de modelos matemáticos y análisis de datos para la mejora de los instrumentos de políticas públicas 139
Procesos metodológicos de biotransformación de residuos por mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) y su efecto en el pH del producto final 145
El microclima como determinador de la resiliencia en la agricultura familiar campesina en Boyacá (Colombia) 151
Correlación de imágenes multiespectrales con el contenido de NPK en suelos ganaderos mediante *kriging* e índices de vegetación 155
Interacciones clima – suelo y su importancia en la productividad y sustentabilidad de agroecosistemas cafeteros en la Orinoquía colombiana 159
Monitoreo por sensoramiento e índices espectrales para optimización del uso de recursos en cultivo de arroz 165

Estrategias de educación ambiental digital para la agricultura climáticamente inteligente en comunidades rurales de la Amazonia colombiana: caso norte del departamento del Caquetá 169
Elaboración de harina por medio de la transformación de la cascara, residuo generado de la cosecha y postcosecha en el cultivo de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) en la subregión del Urabá antioqueño 173
Competencias y habilidades de extensionistas en el desarrollo de agronegocios zona central de Boyacá 177
Diseño de un prototipo para la medición de la impedancia bioeléctrica del suelo analizado desde indicadores físicos de calidad 181
Comparación entre un enfoque multicriterio y un modelo de inteligencia artificial para la identificación de zonas de inundación: estudio de caso en el municipio de Bojacá (Cundinamarca) 185
Detección de anomalías y estado de maduración en aguacates hass mediante aprendizaje profundo y visión por computador 191
Prospección de un acondicionador de suelo a partir de revalorización de residuos vegetales biotransformados por mosca soldado negra 195
Análisis espacial y predicción del deterioro fitosanitario de la especie jacaranda caucana en la ciudad de Cali (Colombia) mediante técnicas de *machine learning* y SIG 199
Evaluación del Azotobacter chroococcum en el cultivo de maíz hidropónico 205
Impacto del manejo integrado en la dinámica poblacional de *Polyphagotarsonemus latus* en limón *Tahití Citrus × latifolia* 209
Efectos del forraje verde hidropónico de maíz vs. concentrado en la dieta de ovinos criollos en la finca Sisgua 213
Conectividad estructural entre el Páramo Rabanal y la zona de influencia del proyecto Cooprocarbon 217
Impacto del insecticida clorpirifós sobre la estructura y diversidad funcional de comunidades bacterianas del suelo 221
Economía circular en producción de nopal (*Opuntia ficus-indica*) para la suplementación de rumiantes en pequeños productores de municipios del departamento del Meta 223
La variabilidad genética de las razas criollas de maíz Zea mays colombianas para la soberanía alimentaria y el cambio climático 227
Clarificación de jugos de caña panelera (*Saccharum officinarum L.*) en la elaboración de licores artesanales en Nariño 231
Innovación agroecológica para la producción sustentable de pollo orgánico en Santander de Quilichao 235
Análisis multitemporal de la variación climática y su impacto con las coberturas de suelo: estudio de caso en el departamento del Tolima 239
Diseño e implementación de un sistema de cultivo vertical NFT hidropónico, aeroponía como estrategia para fomentar hábitos alimenticios saludables, emprendimiento y sostenibilidad ambiental en la comunidad universitaria 245

Aguas mieles del café como una alternativa natural para el manejo de arvenses en la zona cafetera 249
Caracterización de fauna y flora de la zona boscosa de la IE Liceo Andaki, de Pitalito (Huila) 253
Bienestar integral en pequeños rumiantes: el enfoque de la homeopatía veterinaria 257
Estimación del potencial agronómico de residuos de cosecha biotransformados por larvas de moscas soldado negra (*Hermetia illucens*) 261
Optimización de la producción de durazno mediante la implementación de biopreparados en García Rovira: estrategias para la sostenibilidad y competitividad en la cadena de valor 265
Cultivo hidropónico de pimiento (*Capsicum annuum*) con caldos microbianos como sustrato en diferentes concentraciones: 0 %, 50 %, 90 % 269
Caracterización química en suelos amazónicos de chagras nueva y de resiembra en la comunidad de San José, Km 6 (Leticia, Amazonas) 273
Calidad de la cama avícola en la producción de biofertilizantes: hacia un enfoque de “una sola salud” 277
Estimación del almacenamiento de carbono y las emisiones potenciales de CO_2 por deforestación en el departamento del Cesar (Colombia) 281
Estimation of carbon storage and potential CO_2 emissions from deforestation in the department of Cesar (Colombia) 281
Importancia agroecológica de insectos no objetivo capturados mediante atrayentes comerciales de proteína hidrolizada en sistemas productivos de mango en Cundinamarca 287
Cultivando futuro en Líbano (Tolima): recuperación de suelos agrícolas mediante microorganismos de montaña para la agricultura orgánica 293
Innovación social y agroecológica para la revitalización de la identidad juvenil rural desde el Semillero SICAM (UNAD, Santander de Quilichao, Cauca) en la conservación de la biodiversidad y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales 299
Evaluando el efecto de un bioabono amazónico y un consorcio microbiano en diferentes etapas de crecimiento de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) 303
Uso sostenible de pulpa de café como abono orgánico en chapolas bioestimuladas para mejorar la calidad genética de las plántulas 307
Uso de subproductos de cacao (*Theobroma cacao L.*) como biofertilizante en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en Santander 313
Valor nutricional y aporte energético de dos tipos de torta de *Plukenetia volubilis l.* (sacha inchi) en dietas para pollos de engorde 317



EJE 1

TECNOLOGÍAS DIGITALES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA Y AGROFORESTAL


CO_2

TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS (UAS) PARA EL SECTOR FORESTAL Y AGRÍCOLA

TRENDS AND PROSPECTS FOR ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN UNMANNED AERIAL VEHICLES (UAS) FOR THE FORESTRY AND AGRICULTURAL SECTOR

John Carlos Ruiz Caicedo
https://orcid.org/0000-0003-1400-2405
john.ruiz@unad.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

La implementación de vehículos aéreos no tripulados (UAS) ha experimentado un crecimiento exponencial en el sector agrícola y forestal en la última década. Entre 2015 y 2025, las publicaciones científicas sobre estas áreas se han multiplicado, como lo muestra la presente investigación. Esta investigación tiene como objetivo identificar y aplicar la IA al monitoreo, gestión y operación en áreas agrícola y forestal. La IA ha mejorado la capacidad de los UAS incorporando elementos como visión computacional, análisis predictivo y toma de decisiones autónomas, y ha mejorado la manera en que se gestionan los recursos agroforestales.

La metodología empleada se basa en el estudio de Fialho et al. (2023), en el cual se emplearon técnicas bibliométricas y cienciométricas para el análisis del uso de UAS en los sectores agrícola, ganadero y forestal. En la presente investigación, se realizó una revisión documental de 67 publicaciones científicas, entre artículos, tesis y capítulos de libros, entre los periodos 2015-2025. Las bases de datos que se consultaron fueron Google Scholar, ScienceDirect y Scopus, y se utilizaron palabras clave en español e inglés como “drones, forestal, agrícola, Inteligencia Artificial y UAS”. Los criterios de inclusión tuvieron en cuenta publicaciones de enfoque explícito en el uso de UAS integrados con IA, aplicados al sector forestal y/o agrícola. Se excluyeron publicaciones enfocadas en UAS sin aplicación de IA o documentos de IA sin uso de UAS.

Se realizó una organización de una matriz documental que permitió organizar variables como autoría, año, objetivo, tipo de tecnología IA empleada, sector de aplicación y resultados principales. Se implementó un enfoque mixto: por un lado, un análisis cuantitativo para calcular cantidades y tendencias generales; por otro, el análisis cualitativo para interpretar el enfoque tecnológico y los resultados dentro de cada publicación.

El 62 % de los documentos corresponden a aplicaciones forestales, destacándose el monitoreo de masas boscosas, la detección de enfermedades, la vigilancia de incendios forestales y el conteo automatizado de árboles. El 38 % corresponde a actividades agrícolas, con énfasis en el monitoreo de cultivos, agricultura de precisión, identificación de plagas y enfermedades y polinización mediante UAS autónomos.

La tecnología más frecuente es la visión computarizada (OpenCV, TensorFlow, et al.) (Villareal Hernández, López Chimil, Castellanos Serrano y López Franco, 2015), utilizada en el 40 % de los estudios. El algoritmo de aprendizaje automático (*machine learning*) (Linares, Tesei Choque, Contreras-Salazar y Salazar, 2025) se utilizó en el 3 % de los estudios. Las redes neuronales convolucionales "CNN" (Megeto, Silva, Bulgarelli, Bublitz, Valente y Guerra da Costa, 2020) se utilizaron en el 2 % de los estudios, y el enjambre de drones con navegación autónoma y colaboración entre nodos, en el 1 % de los estudios trabajados.

En cuanto a las aplicaciones más comunes, se encuentra el monitoreo de salud vegetal y conteo forestal (38 %), detección y gestión de incendios forestales (21 %), polinización automatizada y precisión en cultivos (1 %) y sistemas integrados para la planificación y vigilancia (2 %). Es importante mencionar que algunos estudios utilizaron más de una tecnología, por lo que los porcentajes no suman el 100 %. Adicionalmente, el análisis temporal muestra un crecimiento de publicaciones a partir de 2015 a 2019, con un 11 %; con repunte del 2020 al 2022, del 3 %, y proyección de crecimiento hacia el 2025, con un 5 %.

Se demuestra que la IA en UAS tiene enorme potencial para enfrentar los desafíos del sector forestal y agrícola. Estas soluciones mejoran la eficiencia operativa en tareas como el conteo de árboles, monitoreo de cultivos y la detección de incendios; también abren puertas para nuevas estrategias basadas en datos geoespaciales y automatización. Se destaca la evolución de enjambres inteligentes con capacidad de navegación autónoma, que son capaces de operar en entornos remotos sin intervención humana. Es importante promover alianzas entre la academia, la industria, instituciones ambientales y la comunidad, de manera que estas tecnologías puedan ser válidas en el campo y adaptarse a las realidades territoriales.

Palabras clave: inteligencia artificial, vehículos aéreos no tripulados, UAS, agricultura de precisión, redes neuronales, detección remota, aprendizaje automático.

Abstract

The implementation of unmanned aerial vehicles (UAS) has experienced exponential growth in the agricultural and forestry sectors over the last decade. Between 2015 and 2025, scientific publications on these areas have multiplied, as demonstrated by this

research. This research aims to identify and apply them to monitoring, management, and operation in agricultural and forestry areas. AI has enhanced the capabilities of UAS by incorporating elements such as computer vision, predictive analytics, and autonomous decision-making, improving the way agroforestry resources are managed.

Based on the study by Fialho et al. (2023), which used bibliometric and scientometric techniques to analyze the use of UAS in the agricultural, livestock, and forestry sectors, this research conducted a documentary review of 67 scientific publications, including articles, theses, and book chapters, spanning the period 2015–2025. The databases consulted were Google Scholar, ScienceDirect, and Scopus, using keywords in Spanish and English such as "drones, forestry, agriculture, artificial intelligence, and UAS." The inclusion criteria considered publications with an explicit focus on the use of UAS integrated with AI applied to the forestry and agricultural sectors. Publications focused on UAS without AI applications or AI documents without the use of UAS were excluded. A document matrix was organized, allowing for the organization of variables such as authorship, year, objective, type of AI technology used, application sector, and main results. A mixed approach was implemented, on the one hand, a quantitative analysis to calculate general quantities and trends, and on the other, a qualitative analysis to interpret the technological focus and results within each publication.

Sixty-two percent of the documents correspond to forestry applications, with emphasis on forest monitoring, disease detection, forest fire surveillance, and automated tree counting. The remaining 38 % correspond to agricultural activities, with an emphasis on crop monitoring, precision agriculture, pest and disease identification, and pollination using autonomous UAS.

The most common technology is computer vision (OpenCV, TensorFlow, et al.) (Villareal Hernández, López Chimil, Castellanos Serrano, y López Franco, 2015), used in 40 % of the studies, and machine learning (Linares, Tesei Choque, Contreras-Salazar, y Salazar, 2025), used in 34 % of the studies. Convolutional neural networks "CNN" (Megeto, Silva, Bulgarelli, Bublitz, Valente y Guerra da Costa, 2020) were used in 26 % of the studies, and drone swarms with autonomous navigation and collaboration between nodes were worked on in 15 % of the studies worked on.

The most common applications include plant health monitoring and forest counting (38 %), forest fire detection and management (21 %), automated pollination and precision cropping (17 %), and integrated systems for planning and surveillance (24 %). It is important to mention that some studies used more than one technology, so the percentages do not add up to 100 %. Additionally, the temporal analysis shows an increase in publications from 2015 to 2019 (11 %), with a 34 % increase from 2020 to 2022, and a projected growth towards 2025 (55 %).

This demonstrates that AI in UAS has enormous potential to address the challenges of the forestry and agricultural sectors. These solutions improve operational efficiency in tasks such as tree counting, crop monitoring, and fire detection and open the door to new strategies based on geospatial data and automation. The evolution of intelligent swarms with autonomous navigation capabilities, capable of operating in remote environments without human intervention, is highlighted. It is important to promote partnerships between academia, industry, environmental institutions, and the community so that these technologies can be validated in the field and adapted to local realities.

Keywords: artificial intelligence, unmanned aerial vehicles, UAS, precision agriculture, neural networks, remote sensing, machine learning.

Referencias

Fialho Moraes, H. M., Furtado Júnior, M. R., Da Vitória, E. L. y Nogueira Martins, R. (2023). A Bibliometric and Scientometric Analysis on the Use of UAVs in Agriculture, Livestock and Forestry. *Ciência Rural, 53(*8), e20220130. https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220130

Linares Torres, F., Tesei Choque, F., Contreras-Salazar, K. y Salazar, B. (2025). Aplicaciones de la inteligencia artificial en vehículos aéreos no tripulados. *Revista Cuadernos de Trabajo*, (30), 63-74. https://doi.org/10.58211/rwbdrt15

Megeto, G. A. S., Da Silva, A. G., Bulgarelli, R. F., Bublitz, C. F., Valente, A. C. y Costa, D. A. (2020). Artificial Intelligence Applications in the Agriculture 4.0. *Revista Ciência Agronômica, 51*(Special Agriculture 4.0). https://www.scielo.br/j/rca/a/KP5mfyFddvVFzqtLmMDNK3H/?format=pdf&lang=en

Rejeb, A., Abdollahi, A., Rejeb, K. y Treiblmaier, H. (2022). Drones in Agriculture: A Review and Bibliometric Analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, *198*, 107017. https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107017

Villareal Hernández, C., López Chimil, H., Castellanos Serrano, L. T. y López Franco, E. (2015). Dron polinizador de cultivos. Tecnologías aplicadas para alternativas sustentables. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. https://www.redalyc.org/pdf/2631/263139243009.pdf

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1OcGS0R1TVZL_aoLUhH5b5a3GkrRTobGp

SISTEMATIZACIÓN INTELIGENTE DE DATOS AGROECOLÓGICOS Y GENERACIÓN DE CLÚSTERES PREDICTIVOS PARA EL DIAGNÓSTICO DE LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN AGRICULTURA CAMPESINA EN LA MICROCUENCA DEL CORMECHOQUE – BOYACÁ

INTELLIGENT SYSTEMATIZATION OF AGROECOLOGICAL DATA AND GENERATION OF PREDICTIVE CLUSTERS FOR DIAGNOSING SOIL COMPACTION IN FAMILY FARMING WITHIN THE CORMECHOQUE MICRO-WATERSHED – BOYACÁ

Jorge Armando Fonseca-Carreño
jorge.fonseca@unad.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Elizabeth Johana Montaña Acevedo
elizabeth.montana@unad.edu.co
Grupo de investigación GIDESTEC
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Nathalia Andrea Cuervo Díaz
https://orcid.org/0000-0003-3805-5472
nathalia.cuervo@unad.edu.co
Semillero de investigación Agricultura sustentable - SIAS
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Alejandra Catherine Montaña Acevedo
https://orcid.org/0009-0004-5991-2861
acmontana@unbosque.edu.co
Universidad del Bosque

Resumen

La compactación del suelo es uno de los problemas edáficos más críticos en los sistemas de agricultura familiar campesina en Boyacá. Esta afecta directamente la estructura del suelo, limita el desarrollo radicular de los cultivos y reduce la infiltración del agua lluvia o disminuye la eficiencia de los sistemas de riego; aumenta la escorrentía superficial, la erosión del suelo y la degradación de su fertilidad natural. Todo lo anterior reduce

los rendimientos agrícolas, aumenta los costos de producción e induce la pérdida de la sostenibilidad tecnológica, económica y social de estos agroecosistemas y las comunidades rurales. Aunque la compactación de suelos ha sido ampliamente documentada, las comunidades campesinas carecen de herramientas accesibles y de bajo costo para su diagnóstico temprano y su manejo adaptativo.

El proyecto de investigación pretende desarrollar una alternativa tecnológica integral que combina la sistematización estructurada de datos agroecológicos con técnicas avanzadas de inteligencia artificial (IA) para diagnosticar y predecir niveles de compactación del suelo en 71 fincas representativas de la microcuenca del río Cormechoque, en Boyacá. El proyecto tiene la premisa de que, al recolectar una data amplia y diversa —mediciones físicas del suelo, prácticas de manejo, condiciones climáticas y características agronómicas—, es posible inferir patrones y tendencias con las cuales se generan recomendaciones para prevenir, mitigar y revertir la compactación de los suelos agrícolas.

Inicialmente se realizó la caracterización de los 71 agroecosistemas campesinos, mediante la determinación de su desempeño en los componentes o aspectos sociales, económicos, naturales, de infraestructura física y humanos, cada uno de los cuales está conformado por diferente cantidad de variables. Mediante el método de Ward se tipificaron e identificaron aquellos agroecosistemas tipo (representan a un grupo), los cuales se analizaron mediante el test de Kruskal-Wallis para identificar sus diferencias estadísticas. Con un agroecosistema de cada grupo identificado, se desarrollaron las siguientes etapas del proyecto.

Para el análisis de la información colectada, esta es sometida a un proceso sistemático de limpieza, codificación, transformación y estandarización mediante la herramienta Python y sus librerías especializadas (pandas, NumPy, scikit-learn), la cual se almacena en una base de datos no relacional. En paralelo, el proyecto recurre a técnicas de *clustering* no supervisado, a través del análisis de datos recolectados con mediciones y encuestas, para agrupar fincas según sus similitudes estructurales y operativas. Este análisis permite identificar subconjuntos homogéneos de predios que, aunque geográficamente dispersos, presentan comportamientos similares en términos de compactación del suelo, manejo agrícola y condiciones ambientales.

Los resultados muestran que las fincas son ampliamente heterogéneas en el desempeño de sus componentes económico y de infraestructura física, mientras que los aspectos humanos y sociales guardan mayor similitud. El método de Ward identificó la existencia de cuatro grupos de agroecosistemas, los cuales están conformados por fincas que son homogéneas entre sí, pero diferentes de los demás grupos y con diferencias estadísticamente significativas, según el test de Kruskal-Wallis, lo cual denota un manejo diferencial tanto de los aspectos tecnológicos y de capacidades sociales, entre otros;

tales diferencias se evidencian en los niveles tecnológicos, sociales y ambientales de compactación.

La medición de la compactación del suelo durante los años 2020, 2022 y 2024 en los cultivos de papa, maíz y praderas muestra que existen amplias diferencias entre ellos, entre cada nivel de profundidad muestreado, entre cada año, pero, especialmente, hay diferencias entre los cuatro agroecosistemas evaluados.

Los resultados muestran que la profundidad de muestreo es el factor de mayor influencia sobre la resistencia a la penetración del suelo, pasando de una mediana de ≈ 80 MPa a 10 cm, a ≈ 145 MPa a 20 cm y hasta ≈ 230 MPa a 30 cm. El ANOVA factorial confirmó efectos altamente significativos ($p < 0{,}001$) de la finca, el cultivo, la profundidad y el año sobre la resistencia, aunque la prueba de Shapiro–Wilk (estadístico = 0,9916, $p \approx 1{,}65 \times 10^{-12}$) indicó una ligera desviación de la normalidad en los residuos.

Sin embargo, al aplicar Tukey HSD para comparaciones múltiples, no se detectaron pares con diferencias significativas entre fincas, cultivos ni en la interacción finca × año (todos los p-adj ≥ 0,05). Esto sugiere que, pese a las diferencias globales reveladas por el ANOVA, las variaciones internas y el ajuste conservador de Tukey impiden identificar diferencias puntuales entre grupos, lo cual queda evidenciado en los solapes de los *boxplots* por finca y cultivo.

En síntesis, la contribución inicial de este proyecto radica, además de la caracterización y tipificación de los agroecosistemas, en la generación de *clustering* no supervisado. En sus siguientes fases se desarrollarán algoritmos predictivos y, con estos modelos de IA, se diagnosticará y predecirá la compactación de suelos mediante la integración de algoritmos supervisados y múltiples fuentes de datos para mejorar la toma de decisiones agrícolas; y se desarrollará una herramienta digital como prototipo de *chatbot*, que interpretará los resultados del modelo y ofrecerá a los agricultores y asistentes técnicos recomendaciones de manejo en tiempo real que optimicen la eficiencia y eleven la productividad de los suelos agrícolas.

Palabras clave: compactación del suelo, inteligencia artificial, *clustering*, sostenibilidad agroambiental.

Abstract

Soil compaction is one of the most critical soil constraints in smallholder family farming systems in Boyacá. It directly degrades soil structure, restricts root development, reduces rainwater infiltration or irrigation efficiency, and increases surface runoff, soil erosion, and loss of natural fertility. All these effects lower crop yields, raise production

costs, and undermine the technological, economic, and social sustainability of these agroecosystems and their rural communities. Although soil compaction has been widely documented, campesino communities lack accessible, low-cost tools for its early diagnosis and adaptive management.

This research project aims to develop an integrated technological solution that combines structured agroecological data with advanced artificial intelligence techniques to diagnose and predict soil compaction levels on seventy-one representative farms in the micro-watershed of the Cormechoque River in Boyacá. The underlying premise is that, by collecting a broad and diverse dataset—including soil physical measurements, management practices, climatic conditions, and agronomic characteristics—it is possible to infer patterns and trends that inform recommendations to prevent, mitigate, and reverse soil compaction.

First, all seventy-one family farming agroecosystems were characterized by assessing performance across five dimensions—social, economic, natural, physical-infrastructure, and human—each composed of a set of variables. Using Ward's clustering method, we identified representative agroecosystem types (each corresponding to a cluster), which were then compared via the Kruskal-Wallis test to detect statistically significant differences. From each cluster, one agroecosystem was selected to drive the next phases of the project.

The collected data undergoes systematic cleaning, coding, transformation, and standardization in Python—using pandas, NumPy, and scikit-learn—and is stored in a non-relational database. In parallel, unsupervised clustering techniques are applied to the measurements and survey data to group farms according to structural and operational similarities. This approach reveals homogeneous subsets of plots that, although geographically dispersed, show similar behaviors in terms of soil compaction, agricultural management, and environmental conditions.

Results show pronounced heterogeneity among farms in the economic and physical-infrastructure dimensions, whereas human and social aspects are more uniform. Ward's method delineated 4 distinct agroecosystem clusters, each internally homogeneous yet significantly different from the others according to the Kruskal-Wallis test. These differences reflect divergent technological practices and social-capacity dynamics, which manifest in varying levels of soil compaction across technological, social, and environmental factors.

Analysis of soil compaction measurements taken in 2020, 2022, and 2024 across potato, maize, and pasture systems reveals substantial variation by crop type, sampling depth, and year, with the most marked differences observed among the four identified agroecosystem clusters. Sampling depth emerged as the strongest determinant of

penetration resistance, with median values rising from approximately 80 MPa at 10 cm depth to about 145 MPa at 20 cm and 230 MPa at 30 cm. A factorial analysis of variance (ANOVA) confirmed highly significant effects ($p < 0{,}001$) of farm, crop, depth, and year on resistance, although the Shapiro–Wilk test ($W = 0{,}9916$, $p \approx 1{,}65 \times 10^{-12}$) indicated a slight departure from normality in the residuals.

However, Tukey's HSD test for multiple comparisons did not detect any pairwise differences among farms, crops, or in the farm × year interaction (all adjusted $p \geq 0{,}05$). This suggests that, despite the overall significance revealed by analysis of variance (ANOVA), internal variability and the conservatism of Tukey's adjustment preclude identification of specific significant contrasts—an effect that is also evident in the overlapping boxplots by farm and crop.

In summary, the initial contribution of this project lies not only in the characterization and typification of agroecosystems but also in the generation of unsupervised clustering. In its next phases, predictive algorithms will be developed, and, with these AI models, soil compaction will be diagnosed and predicted, integrating supervised algorithms and multiple data sources to improve agricultural decision-making. and develop a digital tool as a chatbot prototype that interprets the model's results, offering farmers and technical assistants real-time management recommendations that optimize efficiency and increase the productivity of agricultural soils.

Keywords: soil compaction, artificial intelligence, clustering, agro-environmental sustainability

Referencias

Cui, M., Lou, Y., Ge, Y. y Wang, K. (2023). LES-YOLO: A Lightweight Pinecone Detection Algorithm Based on Improved YOLOv4-Tiny Network. *Computers and Electronics in Agriculture, 205*, 107613. https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107613

Echeverri Erk, C. (2025). *Metroflor Colombia*. Metroflor-Agro. http://metroflorcolombia.com/inteligencia-artificial-en-la-agricultura/

Elaoud, A., Ben Hassen, H., Jalel, R., Ben Salah, N., Masmoudi, A. y Masmoudi, A. (2023). Machine learning approach for predicting soil penetration resistance under different moisture conditions. *Journal of Terramechanics, 110*, 39-45. https://doi.org/10.1016/j.jterra.2023.08.002

Silva, R. y Romero, E. (2023). Metodologías ágiles y transformación digital en el agro. *Revista de Innovación Rural, 5(*1), 14–28.

Tovar-Quiroz, A. D. (2023). Agricultura 4.0: Uso de tecnológicas de precisión y aplicación para pequeños productores. *Informador Técnico, 87*(2). https://doi.org/10.23850/22565035.5536

Van Klompenburg, T., Kassahun, A. y Catal, C. (2020). Crop Yield Prediction Using Machine Learning: A Systematic Literature Review. *Computers and Electronics in Agriculture, 177*, 105709. https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105709

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=-1PpYbnWLpqX1mdO6IsYEZEHYOCT2zwnCJ

ESTADO DE LA CIGARRITA DEL MAÍZ (*DALBULUS MAIDIS* DELONG & WOLCOTT) EN LA ORINOQUÍA COLOMBIANA

STATUS OF THE CORN LEAFHOPPER (*DALBULUS MAIDIS* DELONG & WOLCOTT) IN COLOMBIAN ORINOQUÍA REGION

Fredy Alexander Rodríguez Cruz
farodriguez.cruz@unillanos.edu.co
Universidad de los Llanos

Resumen

Dalbulus maidis DeLong y Wolcott se considera como el principal vector de *Mollicutes candidatus chytoplasma* ('Mayze Bushy Stunt Phytoplasma' [MBSP]) y *Spiroplasma kunkelii* ('Corn Stunt Spiroplasma' [CSS]), que son considerados los agentes causales del complejo del achaparramiento del maíz en América. En Colombia, el vector ha sido reportado y causa daños en plantaciones de maíz en el Valle del Cauca, Huila y Tolima. Sin embargo, poco se conoce sobre su presencia, daños o la existencia de poblaciones que actúen como vectores de MBSP o CSS en la Orinoquía colombiana, principal zona productora de maíz en Colombia, tanto de manera tecnificada como tradicional, consolidando el cultivo como una importante actividad económica y social.

Así, surge la necesidad de conocer el estado de *D. maidis* en municipios productores de maíz en la Orinoquía colombiana. Para la identificación taxonómica, se recolectaron especímenes de *D. maidis* semanalmente, entre enero y junio de 2024, en los municipios de Acacias, Cumaral, Fuente de Oro y Puerto López, en el departamento del Meta. Mientras tanto, en Casanare, se realizaron colectas en el municipio de Yopal.

Los ejemplares colectados se conservaron en recipientes plásticos con alcohol al 70 % para transportarse al Laboratorio de Entomología de la Universidad de los Llanos, donde se realizó la identificación mediante el reconocimiento de caracteres morfológicos específicos para familia, género y especie. También se realizó el montaje y análisis de la genitalia del macho, así como la medición de diferentes estructuras morfológicas. Entretanto, los análisis de biología molecular fueron realizados según la metodología propuesta por Sánchez-Reinoso (2021).

Se confirmó la presencia de poblaciones de *Dalbulus maidis* en los municipios productores tanto en el Meta como en Casanare. Hubo diferencia estadística significativa en la longitud del cuerpo y de las alas, lo que indica que los especímenes colectados

en el municipio de Acacias son más pequeños que los demás. Los análisis de biología molecular fueron negativos. Sin embargo, no son concluyentes, pues se evidenciaron algunas plantas con los síntomas típicos del achaparramiento, lo que indica que MBSP y CSS están presentes en la Orinoquía, pero los análisis de este material fueron negativos.

Por ello, se están diseñando nuevos *primers* que permitan obtener mejores resultados en los análisis de biología molecular, tanto para los municipios donde se realizaron colectas como para nuevos municipios donde se colecten nuevos especímenes.

Palabras clave: Zea mays; Mollicutes; Candidatus phytoplasma; Spiroplasma kunkelii.

Abstract

Dalbulus maidis DeLong y Wolcott is considered the main vector of mollicutes Candidatus phytoplasma — Mayze Bushy Stunt Phytoplasma (MBSP) and *Spiroplasma kunkelii*—Corn Stunt Spiroplasma (CSS), considered the causal agents of the corn stunting complex in America. In Colombia, the vector has been reported to cause damage to corn plantations in Valle del Cauca, Huila, and Tolima. However, little is known about its presence, damage, or the existence of populations that act as vectors of MBSP or CSS in the Colombian Orinoquía, the main corn-producing area in Colombia, both technified and traditional, consolidating the crop as an important economic and social activity.

Thus, there is a need to know the status of *D. maidis* in corn-producing municipalities in the Colombian Orinoquía. For taxonomic identification, specimens of *D. maidis* were collected weekly between January and June 2024 in the municipalities of Acacias, Cumaral, Fuente de Oro, and Puerto López, in the department of Meta. Meanwhile, in Casanare, collections were made in the municipality of Yopal.

The collected specimens were preserved in plastic containers with 70 % alcohol for transport to the Entomology Laboratory of the University of Los Llanos, where identification was conducted by recognizing specific morphological characters for family, genus, and species. The male genitalia were assembled and analyzed. Various morphological structures were measured. Meanwhile, molecular biology analyses were performed according to the methodology proposed by Sánchez-Reinoso (2021).

The presence of *Dalbulus maidis* populations was confirmed in the municipalities where production occurs, in both Meta and Casanare. A statistically significant difference in body and wing length was observed, indicating that specimens collected in Acacias are smaller than those from other municipalities. The molecular biology analyses were negative. However, these results are inconclusive as some plants exhibited symptoms consistent with stunting, suggesting the presence of MBSP and CSS in the Orinoquía region. Nevertheless, the analyses of this material were negative.

Therefore, new primers are being designed to improve the results of future molecular biology analyses in both the municipalities where collections were made and new municipalities where specimens are collected.

Keywords: *Zea mays, Mollicutes, Candidatus phytoplasma, Spiroplasma kunkelii.*

Referencias

De Oliveira, C. M., Lopes, J. R. S., Dias, C. T. D. S. y Nault, L. R. (2004). Influence of Latitude and Elevation on Polymorphism Among Populations of the Corn Leafhopper, *Dalbulus maidis* (DeLong and Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae), in Brazil. *Environmental Entomology, 33*(5), 1192-1199. https://doi.org/10.1603/0046-225X-33.5.1192

Ebbert, M. A. y Nault, L. R. (1994). Improved Overwintering Ability in Dalbulus maidis (Homoptera: Cicadellidae) Vectors Infected with Spiroplasma kunkelii (Mycoplasmatales: Spiroplasmataceae). *Environmental Entomology, 23*(3), 634-644. https://doi.org/10.1093/ee/23.3.634

Moya-Raygoza, G., Palomera-Avalos, V. y Galaviz-Mejía, C. (2007). Field overwintering biology of *Spiroplasma kunkelii* (Mycoplasmatales: Spiroplasmataceae) and its vector *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae). *Annals of Applied Biology, 151*(3), 373-379. https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2007.00185.x

Oliveira, C. M. D. y Frizzas, M. R. (2022). Eight Decades of Dalbulus maidis (DeLong & Wolcott) (Hemiptera, Cicadellidae) in Brazil: What We Know and What We Need to Know. *Neotropical Entomology, 51*(1), 1-17. https://doi.org/10.1007/s13744-021-00932-9

Weintraub, P. G. y Beanland, L. (2006). Insect Vectors of Phytoplasmas. *Annual Review of Entomology, 51*(1), 91-111. https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151039

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1935Z1ih4De_BtrJBwnklkvh7ZDImWffZ

METABOLÓMICA APLICADA AL SECTOR PRODUCTIVO: INTEGRACIÓN DE HERRAMIENTAS EMERGENTES PARA LA PRODUCCIÓN, EVALUACIÓN DE CALIDAD DE ALIMENTOS E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA - UN ESTUDIO DE CASO

METABOLOMICS APPLIED TO THE PRODUCTIVE SECTOR: INTEGRATION OF EMERGING TOOLS FOR FOOD PRODUCTION, QUALITY EVALUATION, AND TECHNOLOGICAL INNOVATION – A CASE STUDY

Ivon Buitrago-Villanueva
ivon.buitrago@unad.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

La metabolómica se ha consolidado como una herramienta clave para el análisis holístico de alimentos obtenidos bajo distintas estrategias de producción. Esta ómica permite identificar y cuantificar metabolitos secundarios —moléculas de bajo peso molecular— presentes en muestras específicas, proporcionando información especializada para la construcción de rutas metabólicas, la identificación de genes, enzimas y cofactores implicados.

Estos datos son fundamentales para estudios de genómica funcional, como la comprensión de mecanismos de activación o silenciamiento génico. Además, desde una perspectiva aplicada, la metabolómica permite evaluar la calidad, seguridad y funcionalidad de alimentos, así como identificar compuestos nutraceúticos y principios activos con potencial terapéutico.

Así las cosas, mediante esta ponencia se desea presentar resultados de investigación relacionados con la aplicación de esta ómica en la producción colombiana y exponer el panorama actual de la investigación publicada en torno a la metabolómica aplicada a la producción y evaluación de calidad de alimentos.

Para lo cual se presentará como modelo tres casos, los dos primeros relacionados al perfilado metabólico mediante el uso de cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas HPLC–MS y herramientas estadísticas multivariadas para la elucidación de compuestos conocidos por sus propiedades biológicas en plantas de rúgula (*Eruca*

sativa) y berro (*Nasturtium officinale*) en cultivos hidropónicos y acuapónicos —estrategias emergentes de producción— (Buitrago-Villanueva et al., 2023; Buitrago-Villanueva et al., 2025) y el tercer estudio, en el cual se exploró las respuestas bioquímicas en términos de metabolitos secundarios de todas las estructuras de la planta de quinoa blanca (*Chenopodum quinua*) sometida a condiciones de estrés fisiológico, en la que se identificaron cambios en compuestos antioxidantes (Buitrago et al., 2019).

Para evidenciar la relevancia de este tipo de investigaciones, se realizó una revisión sistemática y un metaanálisis de los registros de artículos de revistas indizadas publicados en las bases de datos Scopus y Web of Science, a través de la definición de términos de búsqueda conforme con la pregunta de investigación formulada a partir de la estructura PECO: ¿Cuál es el estado actual de la investigación en metabolómica aplicada al sector productivo? Posteriormente, se empleó el enfoque PRISMA para recuperar los registros de investigación.

El análisis de los metadatos se realizó con la librería Bibliometrix del software estadístico R. Sobre lo cual se obtuvieron importantes resultados que demuestran el auge de estudios metabolómicos aplicados al sector productivo, en su mayoría desarrollados en países como Estados Unidos y China.

Esta combinación de casos cercanos de aplicabilidad de la metabolómica y la revisión sistemática demuestran la utilidad de la metabolómica para fortalecer la competitividad agroindustrial en Colombia, al permitir decisiones basadas en evidencia molecular; y evidencian que la articulación entre ciencia, producción y políticas públicas es esencial para consolidar estas tecnologías en cadenas de valor estratégicas.

Palabras clave: metabolómica, estrategias emergentes de producción, agricultura sostenible, calidad, cacao, hidroponía, antioxidantes, Colombia.

Abstract

Metabolomics has established itself as a key tool for the holistic analysis of food produced under different production strategies. This omics approach enables the identification and quantification of secondary metabolites—low molecular weight molecules—present in specific samples, providing specialized information for the construction of metabolic pathways and the identification of genes, enzymes, and cofactors involved.

These data are fundamental for functional genomics studies, such as understanding gene activation or silencing mechanisms. Furthermore, from an applied perspective, metabolomics allows for the evaluation of food quality, safety, and functionality, as

well as the identification of nutraceutical compounds and bioactive principles with therapeutic potential.

This presentation aims to showcase research results related to the application of this omics tool in Colombian production and to present the current landscape of published research on metabolomics applied to food production and quality assessment.

Three case studies will be presented as a model. The first 2 focus on metabolic profiling using high-performance liquid chromatography coupled with mass spectrometry (HPLC–MS) and multivariate statistical tools for the elucidation of compounds known for their biological properties in arugula (Eruca sativa) and watercress (Nasturtium officinale) grown in hydroponic and aquaponic systems—emerging production strategies—(Buitrago-Villanueva et al., 2023; Buitrago-Villanueva et al., 2025). The third study explores the biochemical responses in terms of secondary metabolites across all structures of the white quinoa plant (Chenopodium quinoa) subjected to physiological stress conditions, identifying changes in antioxidant compounds (Buitrago et al., 2019).

To highlight the relevance of this type of research, a systematic review and meta-analysis were conducted on indexed journal articles published in the Scopus and Web of Science databases. Search terms were defined according to the PECO structure-based research question: What is the current state of research on metabolomics applied to the productive sector? The PRISMA approach was then used to retrieve research records.

Metadata analysis was conducted using the Bibliometrix library in the R statistical software. Significant results were obtained, demonstrating the growing number of metabolomics studies applied to the productive sector, most of which have been developed in countries such as the United States and China.

This combination of locally relevant case studies and the systematic review demonstrates the utility of metabolomics in strengthening Colombia's agro-industrial competitiveness by enabling decisions based on molecular evidence. Moreover, the articulation between science, production, and public policy is essential to consolidate these technologies within strategic value chains.

Keywords: metabolomics, emerging production strategies, sustainable agriculture, quality, cocoa, hydroponics, antioxidants, Colombia

Referencias

Buitrago, D., Buitrago-Villanueva, I., Barbosa-Cornelio, R. y Coy-Barrera, E. (2019). Comparative Examination of Antioxidant Capacity and Fingerprinting of Unfractionated Extracts from Different Plant Parts of Quinoa (Chenopodium quinoa) Grown under Greenhouse Conditions. *Antioxidants, 8*(8), 238. https://doi.org/10.3390/antiox8080238

Buitrago-Villanueva, I., Barbosa-Cornelio, R. y Coy-Barrera, E. (2023). Influence of the Culture System and Harvest Time on the Specialized Metabolite Composition of Rocket Salad (Eruca sativa) Leaves. *Horticulturae, 9*(2), 235. https://doi.org/10.3390/horticulturae9020235

Buitrago-Villanueva, I., Barbosa-Cornelio, R. y Coy-Barrera, E. (2025). Specialized Metabolite Profiling-Based Variations of Watercress Leaves (Nasturtium officinale R.Br.) from Hydroponic and Aquaponic Systems. *Molecules, 30*(2), 406. https://doi.org/10.3390/molecules30020406

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1r45y2gEeWdXmF5GvFzKHcckLzjxGpfGY

NUTRICIÓN DE PRECISIÓN EN MONOGÁSTRICOS: INNOVACIONES EN COLOMBIA

PRECISION NUTRITION IN MONOGASTRICS: INNOVATIONS IN COLOMBIA

Diana Milena Torres Novoa
milena.torres@unad.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

La nutrición de precisión en animales monogástricos, como cerdos y aves, ha emergido como una estrategia clave para optimizar la eficiencia productiva, reducir el impacto ambiental y mejorar el bienestar animal. En Colombia, esta tendencia ha cobrado fuerza en los últimos años, impulsada por la necesidad de modernizar los sistemas de producción pecuaria y responder a las exigencias del mercado nacional e internacional.

Este enfoque se basa en el principio de suministrar a cada animal la cantidad exacta de nutrientes que necesita, en el momento adecuado, minimizando los excesos y deficiencias que tradicionalmente caracterizan los esquemas de alimentación convencionales. Para lograrlo, se integran tecnologías como sensores, análisis de datos en tiempo real, formulaciones dinámicas y herramientas de modelación nutricional. Una de las innovaciones más destacadas es el uso de probióticos y aditivos funcionales como alternativa al uso de antibióticos promotores de crecimiento.

Investigaciones realizadas en la UNAD han demostrado que la inclusión de microorganismos benéficos en la dieta de monogástricos mejora la salud intestinal, incrementa la eficiencia alimenticia y reduce la incidencia de enfermedades entéricas. Esta estrategia no solo responde a las demandas de los consumidores por productos más naturales, sino que también contribuye a la sostenibilidad del sistema productivo. Otra línea de innovación es la formulación de dietas basadas en ingredientes locales, como subproductos agroindustriales, que permiten reducir costos sin comprometer el rendimiento animal. En este sentido, se han evaluado materias primas como la harina de yuca, residuos de palma y tortas oleaginosas, con resultados prometedores en términos de digestibilidad y conversión alimenticia.

La aplicación de modelos matemáticos y software de simulación también ha sido clave para avanzar en la nutrición de precisión. Herramientas como el NRC (National Research Council) y programas adaptados a condiciones tropicales permiten predecir con mayor

exactitud los requerimientos nutricionales según la etapa fisiológica, el ambiente y el tipo genético del animal. Esto ha facilitado la toma de decisiones más informadas por parte de los productores y técnicos. Sin embargo, la adopción de estas tecnologías enfrenta desafíos importantes. Entre ellos se encuentran la falta de infraestructura tecnológica en muchas explotaciones, la necesidad de capacitación continua y la resistencia al cambio por parte de algunos actores del sector. Superar estas barreras requiere un enfoque colaborativo entre academia, industria y gobierno, así como políticas públicas que incentiven la innovación y la transferencia de conocimiento.

En conclusión, la nutrición de precisión en monogástricos representa una oportunidad estratégica para transformar la producción animal en Colombia. Las innovaciones en este campo no solo mejoran la eficiencia y la rentabilidad, sino que también promueven sistemas más sostenibles y responsables con el medio ambiente. A medida que se fortalezca la investigación aplicada y se amplíe el acceso a tecnologías, es previsible que esta tendencia se consolide como un pilar fundamental del desarrollo agropecuario nacional.

Palabras clave: eficiencia, optimización, sostenibilidad, tecnología.

Abstract

Precision nutrition in monogastric animals, such as pigs and poultry, has emerged as a key strategy to optimize productive efficiency, reduce environmental impact, and improve animal welfare. In Colombia, this trend has gained momentum lately, driven by the need to modernize livestock production systems and respond to the demands of both the national and international markets.

This approach is based on the principle of supplying each animal with the exact amount of nutrients it needs at the right time, minimizing the excesses and deficiencies that traditionally characterize conventional feeding schemes. To achieve this, technologies such as sensors, real-time data analysis, dynamic formulations, and nutritional modeling tools are integrated.

One of the most notable innovations is the use of probiotics and functional additives as an alternative to the use of antibiotic growth promoters. Research conducted at Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) has shown that the inclusion of beneficial microorganisms in the diet of monogastric animals improves intestinal health, increases feed efficiency, and reduces the incidence of enteric diseases.

This strategy not only responds to consumer demand for more natural products but also contributes to the sustainability of the production system. Another line of innovation is the formulation of diets based on local ingredients, such as agricultural by-products,

which allow for cost reductions without compromising animal performance. In this regard, raw materials such as cassava meal, palm waste, and oilseed cakes have been evaluated, with promising results in terms of digestibility and feed conversion.

The application of mathematical models and simulation software has also been key to advancing precision nutrition. Tools like the NRC (National Research Council) and programs adapted to tropical conditions allow for more accurate predictions of nutritional requirements based on the physiological stage, environment, and genetic type of animal. This has facilitated more informed decision-making by producers and technicians.

However, the adoption of these technologies faces significant challenges. Among them are the lack of technological infrastructure in many farms, the need for ongoing training, and resistance to change from some actors in the sector. Overcoming these barriers requires a collaborative approach between academia, industry, and government, as well as public policies that encourage innovation and the transfer of knowledge.

In conclusion, precision nutrition in monogastrics is a strategic opportunity to transform animal production in Colombia. Innovations in this field not only improve efficiency and profitability but also promote more sustainable and environmentally responsible systems. As applied research strengthens and access to technologies expands, it is expected that this trend will solidify as a fundamental pillar of national agricultural development.

Keywords: efficiency, optimization, sustainability, technology

Referencias

Londoño, M. A. (2013). *Uso de probióticos en la nutrición de monogástricos como alternativa para mejorar un sistema de producción* [Tesis de especialización, Universidad Nacional Autónoma y a Distancia]. Repositorio UNAD. https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/1075/52424223.pdf;jsessionid=89C689FA04DEB2621DC1BCFABF961DB4?sequence=1

Pomar, C. y Remus, A. (2019). Precision pig feeding: A breakthrough toward sustainability. Animal Frontiers, 9(2), 52-59. https://doi.org/10.1093/af/vfz006

Rodríguez M. M, Giraldo A. M. (2009). Alimentación, nutrición y producción en monogástricos. Evaluación del rendimiento productivo de conejos alimentados con recursos producidos en la zona cafetera del departamento del Quindío *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 18*(4), 2. https://doi.org/10.17533/udea.rccp.323969

Zhang, L., Guo, G., Ch, L., Guo, M., Yang, M., Fu, Q. y Liu, X. (2023). Advancements in artificial intelligence technology for improving animal welfare: Current applications and research progress. *Animal Research One Health*, (2), 93-109. https://www.researchgate.net/publication/376962092_Advancements_in_artificial_intelligence_technology_for_improving_animal_welfare_Current_applications_and_research_progress

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1YLrvO1MVydRpLAK3J9T5tMqjfSqDnLOh

AUTOMATIZACIÓN Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SISTEMA PISCÍCOLA CON TECNOLOGÍA *BIOFLOC* MEDIANTE PLC

AUTOMATION AND ENERGY EFFICIENCY IN A FISH FARMING SYSTEM WITH BIOFLOC TECHNOLOGY USING PLC

Ingris Yohana Hernández Martínez
ingris.hernandez@unad.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Luis Francisco Pereira Flórez
lfpereira@unicesar.edu.co
Grupo de Investigación en Producción Sostenible de las Ciencias Agropecuarias (GIPSCA)
Universidad Popular del Cesar, Seccional Aguachica

Margarita del Rosario Salazar Sánchez
https://orcid.org/0000-0002-3636-2922
mdsalazar@unicauca.edu.co
Semillero de investigación e Innovación de Automatización y Tecnología (SIIAT) Universidad del Cauca

Resumen

La piscicultura con tecnología Biofloc (BFT) es un sistema sostenible y respetuoso con el medio ambiente que facilita la degradación de residuos orgánicos mediante microorganismos, generando flóculos microbianos que pueden reutilizarse como alimento para los peces. Sin embargo, este sistema demanda un alto consumo energético, especialmente en los procesos de oxigenación y recirculación del agua.

En este contexto, los controladores lógicos programables (PLC) ofrecen una solución eficiente, ya que permiten ejecutar funciones específicas en respuesta a instrucciones programadas. Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo implementar un sistema automatizado basado en PLC para monitorear y controlar los *blowers*, con el fin de optimizar el consumo energético del sistema Biofloc.

La metodología consistió en la implementación de dos grupos: G1, un sistema BFT sin automatización, con funcionamiento de los *blowers* en constante aireación; y G2, un sistema BFT automatizado, donde los *blowers* se programaron para operar a revoluciones mínimas, garantizando siempre niveles adecuados de oxígeno disuelto (OD). Durante

el ciclo productivo se recopilaron datos de energía activa y OD, y se realizó un análisis estadístico mediante ANOVA, donde se relacionaron los efectos de la automatización y las condiciones del sistema sobre las variables de respuesta, así como sus interacciones.

Los resultados mostraron una reducción significativa en el consumo energético en el grupo automatizado. Se concluye que la relación entre oxígeno disuelto y consumo energético indica que la automatización no solo optimiza el uso de los recursos energéticos, sino que también permite mantener la calidad del agua de manera más eficiente.

Palabras clave: acuicultura, consumo energético, tilapia, piscicultura sostenible.

Abstract

Biofloc technology (BFT) aquaculture is a sustainable and environmentally friendly system that eases the degradation of organic waste through microorganisms, generating microbial flocs that can be reused as feed for the fish. However, this system demands high-energy consumption, especially in the aeration and water recirculation processes.

In this context, programmable logic controllers (PLCs) offer an efficient solution, as they allow the execution of specific functions in response to programmed instructions. Therefore, the present study aimed to implement an automated PLC-based system to monitor and control the blowers to optimize the energy consumption of the Biofloc system.

The methodology consisted of implementing 2 groups: G1, a BFT system without automation where the blowers operated at constant aeration, and G2, an automated BFT system in which the blowers were programmed to operate at minimum revolutions, always ensuring adequate dissolved oxygen (DO) levels. During the production cycle, data on active energy consumption and DO were collected, and a statistical analysis using analysis of variance (ANOVA) was performed to assess the effects of automation and system conditions on the response variables, as well as their interactions.

The results showed a significant reduction in energy consumption in the automated group. It is concluded that the relationship between dissolved oxygen and energy consumption indicates that automation optimizes the use of energy resources and allows for more efficient maintenance of water quality.

Keywords: Aquaculture, Energy consumption, Tilapia, Sustainable aquaculture, Programming, PLC

Referencias

Al Mamun, Md. R., Ashik-E-Rabbani, M., Haque, Md. M. y Upoma, S. M. (2024). IoT-based real-time biofloc monitoring and controlling system. *Smart Agricultural Technology, 9,* 100598. https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100598

Hernández-Martínez, I. Y., Salazar Sánchez, M. D. R. y Pereira Flores, L. F. (2025). Eficiencia productiva de la tilapia *Oreochromis sp.* criados en estanque de geomembrana con tecnología *biofloc* y *raceways*. *Bistua Revista de la Facultad de Ciencias Basicas, 23*(1), 1-8. https://doi.org/10.24054/bistua.v23i1.2936

Magallón-Servín, J. A., Bórquez-López, R. A., Quadros-Seiffert, W., Magallón-Barajas, F. J. y Casillas-Hernández, R. (2020). Influencia de la columna de agua y eficiencia energética de dos tipos de generadores de microburbujas en un cultivo hiper-intensivo de camarón. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales, 16*(2), 79-87.

Sasikumar, R., Lourdu Lincy, L., Saranya, S., Roja, B., Thamanna, L., Sreekutty, V. P., Dhayanithi, S., Sathyan, A. y Chellapandi, P. (2024). Field trial evaluation of sensor-based aquaculture automation for improved biofloc shrimp culture. *Journal of Water Process Engineering, 64*, 105661. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.105661

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1-O4g2mKHtcfszVdDf3EgABaHOQuzLJyn

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA DEL CAFÉ TABÍ PRODUCIDO BAJO 3 PORCENTAJES DIFERENTES DE SOMBRÍO EN LA SERRANÍA DEL PERIJÁ EN EL MUNICIPIO DE MANAURE (CESAR)

EVALUATION OF THE PHYSICAL QUALITY OF TABÍ COFFEE PRODUCED UNDER THREE DIFFERENT SHADE PERCENTAGES IN THE SERRANÍA DEL PERIJÁ IN THE MUNICIPALITY OF MANAURE (CESAR)

Margareth Oliver Mejía
moliverm@unadvirtual.edu.co
Semillero de investigación Sierra Nevada
Grupo de investigación Zoobios
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Jorge Eduardo de Jesús León
jorgee.leon@unad.edu.co
Grupo de investigación Zoobios
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Alexander Salazar Montoya
https://orcid.org/0000-0002-0504-6679
alexander.salazar@unad.edu.co
Semillero de investigación Sierra Nevada
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Belky Josefina Rodríguez Zuleta
https://orcid.org/0000-0002-0688-7867
belky.rodriguez@unad.edu.co
Grupo de investigación Zoobios
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

La producción del café Tabí (*Coffea arabica* L.) en la Serranía del Perijá (Manaure-Cesar, Colombia) presenta condiciones agroclimáticas variables (veranos prolongados, alta radiación solar), lo que plantea como alternativa productiva la implementación de sistemas agroforestales, que requieren de mayor conocimiento en la Serranía del Perijá con respecto al porcentaje de sombrío para mejorar la producción en cantidad y calidad del grano.

El objetivo de la investigación fue evaluar la incidencia del porcentaje de sombra con guamo (*Inga edulis*) en la calidad física del café Tabí; para ello, se implementó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos de sombrío (0 %, 1 %, 30 % y 4 %), con tres réplicas en unidades experimentales de 200 m^2 a una altura de 1550 msnm. Para la determinación del porcentaje de sombrío, se utilizó la aplicación HabitApp, validada por Farfán et al. (2016).

Los resultados obtenidos muestran variabilidad en la productividad de las unidades experimentales, y el mejor rendimiento se presentó con el tratamiento del 1 % de sombra, con una recolección media de 18 kg en café cereza, que generan 3,33 kg de café pergamino seco, que, al hacer el análisis de calidad física, dio 200,3 gramos de almendra sana y un factor de rendimiento del 84,42; mientras que para el tratamiento con 0 % de sombra se observaron los resultados más bajos. Con respecto al factor de rendimiento y porcentaje de almendra sana, no hubo diferencia significativa entre los tratamientos, pero con respecto al factor de rendimiento, el valor más alto (87,4) fue para el tratamiento del 0 % (sin sombra). Al realizar un análisis general con respecto a rendimiento y calidad, se encontró que el tratamiento del 1 % de sombrío con guamo dio los mejores resultados, con diferencia significativa en las variables de peso en café cereza y peso en café pergamino seco, lo que resulta fundamental para los productores por la cantidad de café producido y los respectivos ingresos obtenidos en sus cosechas. El desarrollo de la investigación permitió establecer que la sombra moderada y un manejo agronómico adecuado en sistemas agroforestales mejora significativamente la calidad física del café Tabí, equilibrando sostenibilidad ambiental y rentabilidad, y que, de acuerdo a Koutouleas et al. (2022), es importante "la comparación de la productividad en diferentes niveles de sombra bajos a moderados (10 al 40 %), con el fin de ayudar a dilucidar los posibles niveles óptimos de sombra desconocidos para la producción de café" en diferentes zonas de Colombia y con diferentes variedades de café.

Estos resultados son importantes para los caficultores locales, ya que permiten optimizar las técnicas de cultivo y aprovechar los mercados de cafés especiales, donde la calidad física del grano tiene un alto valor comercial.

Palabras clave: café especial, calidad, beneficio, factor de rendimiento, rentabilidad.

Abstract

The production of Tabí coffee (*Coffea arabica* L.) in the Serranía del Perijá (Manaure-Cesar, Colombia) presents variable agroclimatic conditions (long summers, high solar radiation), which suggests the implementation of agroforestry systems as a productive alternative, which requires greater knowledge in the Serranía del Perijá regarding the percentage of shade to improve production in quantity and quality of the grain.

The objective of the research was to evaluate the incidence of the percentage of shade with guamo (*Inga edulis*) on the physical quality of Tabí coffee. For this purpose, a randomized block experimental design was implemented with 4 shade treatments (0 %, 15 %, 30 %, and 45 %) with 3 replicas in experimental units of 200 m^2 at an altitude of 1,550 meters above sea level. To determine the percentage of shade, the HabitApp application validated by Cenicafé was used.

The results obtained show variability in the productivity of the experimental units, with the highest yield being obtained with the 15 % shade treatment, with an average harvest of 18 kg of coffee cherries, generating 3,33 kg of dry parchment coffee. Physical quality analysis yielded 200,3 grams of healthy kernels and a yield factor of 84,42. The lowest results were observed with the 0 % shade treatment.

Regarding the yield factor and percentage of healthy almonds, there were no significant differences between treatments, but regarding the yield factor, the highest value (87,4) was for the 0 % treatment (without shade). When performing a general analysis regarding yield and quality, it was found that the 15 % shade treatment with guamo gave the best results, with significant differences in the variables of coffee cherry weight and dry parchment coffee weight, which is essential for producers due to the quantity of coffee produced and the respective income obtained from their crops. The development of the research allowed for the establishment that moderate shade and adequate agronomic management in agroforestry systems significantly improve the physical quality of Tabí coffee, balancing environmental sustainability and profitability, and that, according to Koutouleas et al. (2022), it is important "to compare productivity at different low to moderate shade levels (10 to 40 %) to help elucidate possible unknown optimal shade levels for coffee production" in different areas of Colombia and with different coffee varieties.

These results are important for local coffee growers, as they allow them to optimize cultivation techniques and take advantage of specialty coffee markets, where the physical quality of the beans has a high commercial value.

Keywords: specialty coffee, quality, benefit, performance factor, profitability

Referencias

Ariza Molina, F. M., Padilla González, F. y Salazar Montoya, A. (2022). *Evaluación económica de la rentabilidad de cafés especiales de la variedad Tabí en el municipio de Manaure—Cesar.* Universidad Nacional Abierta y a Distancia. https://doi.org/10.22490/ECACEN.4264

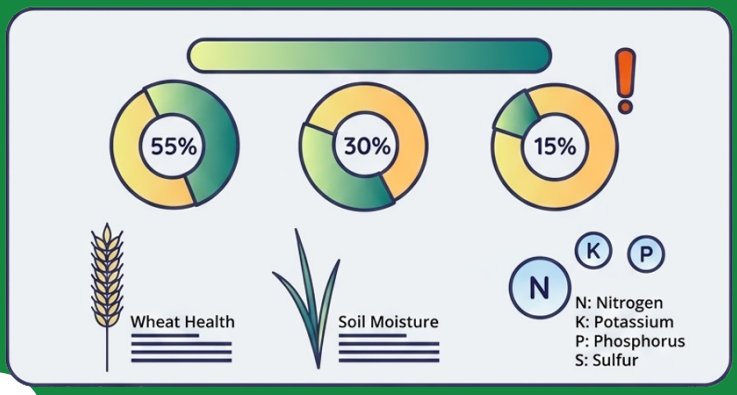
Farfán-Valencia, F., Bermúdez, L. N. y González, N. E. (2016). Evaluación de herramientas para valorar el porcentaje de sombras en sistemas agroforestales con café. *Avances Técnicos Cenicafé, 472*, 1-8. https://doi.org/10.38141/10779/0472

Koutouleas, A., Sarzynski, T., Bertrand, B., Bordeaux, M., Bosselmann, A. S., Campa, C., Etienne, H., Turreira-García, N., Léran, S., Markussen, B., Marraccini, P., Ramalho, J. C., Vaast, P. y Ræbild, A. (2022). Shade effects on yield across different Coffea arabica cultivars — how much is too much? A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development, 42*(4), 55. https://doi.org/10.1007/s13593-022-00788-2

Reyes-Herrera, D. F., Sánchez-Reinoso, A. D., Lombardini, L. y Restrepo-Díaz, H. (2023). Physiological responses of coffee (Coffea arabica L.) plants to biochar application under water deficit conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 51*(3), 12873. https://doi.org/10.15835/nbha51312873

Sanabria-Gómez, S. A. y Caro-Moreno, J. C. (2020). Progreso tecnológico en la caficultura colombiana, 1930-2015: El rol de la Federación Nacional de Cafeteros. *Revista Escuela de Administración de Negocios,* (88), 223-241. https://doi.org/10.21158/01208160.n88.2020.2624

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1WaTXxOkgLejcPXbvztmXp7i5j3er31no



EJE 2

INNOVACIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES EN SISTEMAS AGROPECUARIOS Y AGROFORESTALES



RUTAS TECNOLÓGICAS PARA LA VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DEL BANANO: UNA REVISIÓN INTEGRATIVA EN EL MARCO DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

TECHNOLOGICAL PATHWAYS FOR BANANA WASTE VALORIZATION: AN INTEGRATIVE REVIEW WITHIN THE FRAMEWORK OF THE CIRCULAR ECONOMY

Juan Carlos Gaviria Chaverra
jcarlos.gaviria@udea.edu.co
Universidad de Antioquia

Juan Guillermo Villegas Ramírez
juan.villegas@udea.edu.co
Universidad de Antioquia

Juan Sebastián Jaen Posada
https://orcid.org/0000-0001-7077-5109
juan.jaen@udea.edu.co
Analítica de Investigación Para La toma de decisiones
Universidad de Antioquia

Resumen

Según el informe oficial de la FAO titulado “Banano. Análisis del Mercado. Resultados Preliminares 2024” (FAO, 2025), se estima que la producción mundial de banano fresco de exportación, excluyendo el plátano, alcanzó aproximadamente 19,1 millones de toneladas en 2024. Según Zou et al. (2022), por cada tonelada de banano producida se generan alrededor de 4,06 toneladas de residuos. Se estima que el mercado global del banano crecerá un 1,3 % anual hasta 2035, impulsado por mayor demanda en países en desarrollo y recuperación productiva en Asia y África (IndexBox, 2024). Por lo cual, para 2035 tendremos alrededor de 585,6 millones de toneladas de residuos solo en banano.

La valorización de la biomasa residual del cultivo del banano representa una oportunidad estratégica para impulsar modelos sostenibles en el marco de la economía circular. Este estudio presenta una revisión integrativa de 73 artículos científicos publicados en revistas indexadas en los cuartiles 1 y 2 (Q1 y Q2), centrada en las principales rutas tecnológicas para el aprovechamiento de estos residuos. El objetivo fue identificar tec-

nologías emergentes, sectores de aplicación, niveles de madurez tecnológica y vacíos científicos que aún limitan su aprovechamiento integral a escala global.

El análisis se fundamentó en una base de datos sistematizada que incluyó variables como estructura vegetal utilizada, composición química, procesos tecnológicos aplicados, impacto económico y ambiental, estado de implementación y citas secundarias relevantes. Entre las estructuras del banano más utilizadas se encuentran la cáscara, la bráctea floral y el pedúnculo, siendo la cáscara la más investigada por su alto contenido de compuestos bioactivos, como polifenoles, antocianinas, flavonoides y fibras dietéticas. Estas propiedades facilitan su aplicación en sectores farmacéuticos, alimentarios y energéticos.

Los sectores que presentan mayor número de aplicaciones son el alimentario (biocompuestos funcionales, envases activos), farmacológico (compuestos antiinflamatorios y antioxidantes) y energético (biocombustibles, biochar y biogás). Tecnologías como la pirólisis, extracción con solventes, síntesis de bioplásticos y fermentación anaerobia han sido las más empleadas, aunque con niveles de madurez tecnológica variados. Mientras que algunas se encuentran en fases de laboratorio o piloto, otras se han probado en condiciones reales, pero sin alcanzar escalabilidad industrial.

Una de las principales contribuciones de este estudio fue identificar que existe una débil articulación entre la investigación tecnológica y los modelos de implementación en regiones productoras como Urabá (Colombia), África Occidental o el sudeste asiático. En particular, se evidenció la ausencia de modelos de decisión que integren la cadena de valor, desde la recolección hasta la comercialización de productos derivados.

Además, se identificaron varios vacíos críticos en la literatura: (1) los estudios son dispersos, sin una integración geográfica ni un enfoque de cadena de suministro; (2) no se modelan decisiones tácticas ni estratégicas, como la localización de plantas, rutas logísticas o alianzas público-privadas; (3) no existen propuestas de biorrefinerías híbridas que integren múltiples tecnologías bajo una unidad funcional optimizable; y (4) la mayoría de investigaciones no incluyen evaluaciones de ciclo de vida ni impactos sociales o económicos en contextos específicos.

La inadecuada disposición de los residuos del banano, más allá de la cáscara, representa un riesgo ambiental considerable por el alto volumen de biomasa generada en sistemas de producción convencionales. Se estima que hasta un 60 % de la biomasa se convierte en residuo, lo que equivale a 114 millones de toneladas anuales. Sin valorización adecuada, estos desechos se descomponen anaeróbicamente, liberando gases como CO_2 y CH_4, que contribuyen directamente al cambio climático (Alzate Acevedo et al., 2021). La implementación de esquemas de biorrefinería para el aprovechamiento de biomasa residual reduce las emisiones de gases de efecto invernadero y promueve modelos

productivos sostenibles y circulares. Este enfoque transforma residuos agrícolas en bioenergía, bioproductos e insumos industriales, fortaleciendo una economía baja en carbono. Además, contribuye a cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible, como el ODS 7, ODS 12 y ODS 13. Por ello, es urgente adoptar tecnologías limpias, eficientes y adaptadas a contextos locales, especialmente en regiones agrícolas con alta generación de residuos orgánicos (Leong et al., 2021).

A partir de los hallazgos, se propone una ruta tecnológica multinivel basada en economía circular, que combine tecnologías maduras y emergentes con modelos sostenibles e integración regional. Esta debe considerar aspectos sociopolíticos, logísticos y de cooperación público-privada. El estudio ofrece una base científica sólida para orientar políticas públicas, innovación e inversión responsable en la cadena del banano.

La valorización de residuos representa un potencial económico relevante y una herramienta clave para mitigar el cambio climático y avanzar hacia una bioeconomía global.

Palabras clave: economía circular, biomasa residual, tecnologías emergentes, biorrefinería, sostenibilidad, cadena de valor.

Abstract

According to the official FAO report titled “Banana. Market Analysis. Preliminary Results 2024” (FAO, 2025), global production of fresh export bananas—excluding plantains—reached approximately 19,1 million tons in 2024. Zou et al. (2022) estimate that for every ton of bananas produced, around 4,06 tons of waste are generated. The global banana market is projected to grow by 1,3 % annually through 2035, driven by rising demand in developing countries and production recovery in Asia and Africa (IndexBox, 2024). This suggests that by 2035, banana production alone will generate approximately 585,6 million tons of waste.

The valorization of residual biomass from banana cultivation represents a strategic opportunity to promote sustainable models within a circular economy framework. This study presents an integrative review of 61 scientific articles published in Q1 and Q2 indexed journals, focusing on the most relevant technological pathways for banana waste utilization. The objective was to identify emerging technologies, applicable sectors, technology readiness levels, and scientific gaps that hinder comprehensive waste valorization on a global scale.

The analysis was based on a systematized database including variables such as banana structure used, chemical composition, applied technologies, economic and environmental impacts, implementation status, and relevant secondary citations. Among the most studied banana structures are the peel, floral bract, and peduncle, with the peel being the most researched due to its high content of bioactive compounds like polyphenols,

anthocyanins, flavonoids, and dietary fibers. These properties facilitate applications in pharmaceutical, food, and energy sectors.

The sectors with the highest number of applications are food (functional biocompounds, active packaging), pharmaceuticals (anti-inflammatory and antioxidant compounds), and energy (biofuels, biochar, biogas). Technologies such as pyrolysis, solvent extraction, bioplastic synthesis, and anaerobic fermentation have been most frequently used, though their levels of technological maturity vary. While some remain at the laboratory or pilot stage, others have been tested under real conditions but have not achieved industrial scalability.

One of the main contributions of this study was identifying a weak linkage between technological research and implementation models in banana-producing regions such as Urabá (Colombia), West Africa, and Southeast Asia. In particular, the absence of decision-making models that integrate the entire value chain—from collection to commercialization of derived products—was noted.

Moreover, several critical gaps in the literature were identified: (1) studies are scattered, lacking geographic integration or supply chain focus; (2) no modeling of tactical or strategic decisions such as plant location, logistics, or public-private partnerships; (3) no proposals for hybrid biorefineries integrating multiple technologies under an optimizable functional unit; and (4) most studies do not include life cycle assessments or social and economic impact evaluations in specific contexts.

The inadequate disposal of banana waste, beyond the peel, poses a considerable environmental risk due to the high biomass volume generated in conventional production systems. It is estimated that up to 60 % of banana biomass becomes waste—about 114 million metric tons annually. Without proper valorization, these residues decompose anaerobically, releasing greenhouse gases such as CO_2 and CH_4, which directly contribute to climate change (Alzate Acevedo et al., 2021).

Implementing biorefinery schemes for banana biomass utilization reduces greenhouse gas emissions and supports sustainable, circular production models. This approach transforms agricultural waste into bioenergy, bioproducts, and industrial inputs, reinforcing a low-carbon economy. It also contributes to achieving Sustainable Development Goals (SDGs), particularly SDG 7 (affordable and clean energy), SDG 12 (responsible consumption and production), and SDG 13 (climate action). Therefore, adopting clean, efficient, and locally adaptable technologies is urgent—especially in agricultural regions with high organic waste generation (Leong et al., 2021).

Based on these findings, a multi-level technological roadmap grounded in circular economy principles is proposed, combining mature and emerging technologies with sustainable business models and regional integration. This roadmap should also account for sociopolitical context, logistical infrastructure, and collaboration between public and

private stakeholders. This study provides a solid scientific foundation to guide public policy, innovation, and responsible investment across the banana value chain.

Waste valorization thus represents not only a significant economic opportunity but also a critical tool to mitigate climate change and move toward a global bioeconomy.

Keywords: Circular economy, residual biomass, emerging technologies, biorefinery, sustainability, value chain

Referencias

Alzate Acevedo, S., Díaz Carrillo, Á. J., Flórez-López, E. y Grande-Tovar, C. D. (2021). Recovery of Banana Waste-Loss from Production and Processing: A Contribution to a Circular Economy. *Molecules, 26*(17), 5282. https://doi.org/10.3390/molecules26175282

Leong, H. Y., Chang, C.-K., Khoo, K. S., Chew, K. W., Chia, S. R., Lim, J. W., Chang, J.-S. y Show, P. L. (2021). Waste biorefinery towards a sustainable circular bioeconomy: A solution to global issues. *Biotechnology for Biofuels, 14*(1), 87. https://doi.org/10.1186/s13068-021-01939-5

Marín-Apolo, Y. D. C., Vega Iñiguez, M. E. y Ochoa Correa, D. (2025). Aprovechamiento de residuos agrícolas para producción de electricidad en Latinoamérica: Revisión literaria de casos exitosos en México, Colombia y Brasil. *Revista InGenio, 8*(1), 46-68. https://doi.org/10.18779/ingenio.v8i1.901

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2025). *Banano* [Análisis del Mercado. Resultados Preliminares 2024]. Organización de las Naciones Unidas.

Zou, F., Tan, C., Zhang, B., Wu, W. y Shang, N. (2022). The Valorization of Banana By-Products: Nutritional Composition, Bioactivities, Applications, and Future Development. *Foods, 11*(20), 3170. https://doi.org/10.3390/foods11203170

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=16UGeyyzduj3cUWCTV9aiXwDtLYbS1Du9

CARACTERIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS DEL CAFÉ COMO ALTERNATIVA EN NUTRICIÓN ANIMAL EN EL SUR DEL HUILA

CHARACTERIZATION OF COFFEE BY-PRODUCTS AS AN ALTERNATIVE IN ANIMAL NUTRITION IN SOUTHERN HUILA

Anderson Prieto Torres
mvz.andersonprieto@gmail.com
SENA

María Del Rosario Castañeda
mdcastaneda@sena.edu.co
YAMBORÓ
SENA

Resumen

El cultivo de café en el sur del Huila genera una gran cantidad de subproductos que suelen gestionarse de manera ineficiente. En este contexto, el presente estudio evaluó el potencial de estos como alternativa en nutrición animal. La investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Recursos Naturales del Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano, en Pitalito, Huila. La zona se caracteriza por una altitud promedio de 1350 m, humedad relativa del 80 %, temperatura de 20 °C, precipitación anual de 2100 mm y un brillo solar de 2000 horas/año. Se caracterizaron la pulpa de café, el ensilaje de cáscara de café, la harina de cáscara de café y la cascarilla de café mediante pruebas de pH, materia seca, proteína, ceniza, grasa, calcio, fósforo y cafeína.

Los resultados obtenidos indican que la harina de cáscara de café es rica en fibra y contiene niveles moderados de proteína (11,5 % MS), calcio (0,3 %) y fósforo (0,1 %), lo que la hace adecuada para complementar la dieta de animales de producción. La cascarilla de café tiene un perfil similar y es una fuente significativa de fibra. La pulpa de café tiene un contenido de humedad del 83,3 %. El ensilaje de café presentó un contenido de materia seca del 3 %, pH 4,3 y un nivel de cafeína de 0,2 %, lo que lo considera una opción viable que permite mantener los nutrientes de la cáscara, prolongando su vida útil.

De acuerdo con lo anterior, los subproductos del café tienen un alto potencial para utilizarse como ingredientes en dietas animales en las producciones de la región, lo cual podría reducir los costos de alimentación y contribuir a la sostenibilidad ambiental al

disminuir los residuos agroindustriales. Además, su uso podría mejorar la rentabilidad de las explotaciones cafetaleras al proporcionar una fuente adicional de ingresos.

Palabras clave: subproductos del café, nutrición animal, ensilaje, sostenibilidad, sur del Huila

Abstract

Coffee cultivation in southern Huila generates many by-products that are often managed inefficiently. In this context, the present study evaluated the potential of these as an alternative in animal nutrition. The research was carried out in the Natural Resources Laboratory of the Center for Management and Sustainable Development of South Colombia, in Pitalito, Huila. The area is characterized by an average altitude of 1350 m, relative humidity of 80 %, a temperature of 20 °C, an annual rainfall of 2100 mm, and sunlight of 2000 hours/year. Coffee pulp, coffee husk silage, coffee husk flour, and coffee husk were characterized by pH, dry matter, protein, ash, fat, calcium, phosphorus, and caffeine tests.

The results obtained indicate that coffee husk flour is rich in fiber and contains moderate levels of protein (11,5 % DM), calcium (0,3 %), and phosphorus (0,1 %), making it suitable to supplement the diet of production animals. Coffee husk has a similar profile and is a significant source of fiber. Coffee pulp, with a moisture content of 83,3 %. Coffee silage had a dry matter content of 34 %, a pH of 4,3, and a caffeine level of 0,25 %. Considering it a viable option that allows maintaining the nutrients of the husk, prolonging its shelf life.

According to the above, coffee by-products have a high potential to be used as ingredients in animal diets in the region's productions, which could reduce feed costs and contribute to environmental sustainability by reducing agro-industrial waste. In addition, its use could improve the profitability of coffee farms by providing an additional source of income.

Keywords: Coffee by-products, Animal Nutrition, Silage, Sustainability, Southern Huila.

Referencias

Capera, M. & Sánchez, H. (2018). *Diagnóstico del impacto ambiental de los residuos sólidos (pulpa y mucílago), del café generados por unidades productivas no certificadas en BPA en las veredas Tabacal y Betania del municipio de Pitalito, departamento del Huila* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia). Repositorio UNAD.

Estrada-Flores, J. G., Pedraza-Beltrán, P. E., Yong-Ángel, G., Avilés-Nova, F., Rayas-Amor, A. A., Solís Méndez, A. D., ... & Castelán-Ortega, O. A. (2021). Efecto del aumento de los niveles de suplementación de pulpa de café sobre la producción de leche y la ingesta de alimentos en vacas de doble propósito: un subproducto alimentario alternativo para sistemas lecheros de pequeños productores en regiones de clima tropical. *Agricultura, 11* (5), 416.

Fierro-Cabrales, N., Contreras-Oliva, A., González-Ríos, O., Rosas-Mendoza, E. S. y Morales Ramos, V. (2018). Caracterización química y nutrimental de la pulpa de café (Coffea arabica L). *Agro Productividad, 11*(4).

Flórez-Delgado, D. F. (2020). Efecto del tiempo de fermentación sobre la calidad nutricional del ensilaje de pulpa de Coffea arabica L. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria, 21*(3), 1-11. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1423

Rojas Barrera, E. A. y Hernández Ortiz, G. (2022). *Aprovechamiento tecnológico de la pulpa de café en la obtención de un producto vaso biodegradable*. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/742

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1loUGLi0y7mBEJ43vlyoLOIdnVbRgoZ4F

USO DE PROTEÍNA UNICELULAR OBTENIDA DE GRANZA DE ARROZ PARA ALIMENTACIÓN PORCINA

USE OF SINGLE-CELL PROTEIN OBTAINED FROM BROKEN RICE FOR SWINE FEEDING

Omar Rodrigo Pinzón Fajardo
omar.pinzon@unad.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

La fermentación microbiana con el uso de levaduras es una estrategia eficaz para aumentar el contenido proteico de harinas de cereales mediante la producción de proteína unicelular (PUC). El objetivo de la investigación fue evaluar la inclusión de granza de arroz fermentada anaeróbicamente con *Saccharomyces cerevisiae* como fuente alternativa de proteína en dietas para cerdos en fase de levante. El uso de PUC en etapas de iniciación y levante de cerdos representa una alternativa alimenticia importante, ya que los subproductos de harinas de cereales se pueden enriquecer con proteínas microbianas mediante procesos de fermentación líquida utilizando levaduras. Esto mejora su calidad nutricional al incrementar el contenido proteico, lo que permitiría reemplazar parcial o totalmente fuentes proteicas costosas, como la harina de soya, en la elaboración del alimento balanceado.

El ensayo se realizó en las instalaciones de la Granja Barcelona, en la unidad de porcinos del Departamento de Producción Animal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad de los Llanos, municipio de Villavicencio, Meta. Inicialmente, se desarrolló una prueba piloto en laboratorio para estandarizar las condiciones óptimas de fermentación líquida de la granza de arroz con *Saccharomyces cerevisiae*. Una vez definidos los parámetros, se escaló el proceso a un fermentador de 600 litros.

En la prueba piloto se aplicó una metodología de fermentación basada en el proceso de producción de etanol con arroz partido propuesto por Gohel y Duan (2012), que incluye licuefacción del almidón y fermentación simultánea usando *Saccharomyces cerevisiae*. La fermentación anaeróbica se realizó en tres fermentadores Erlenmeyer de 1 litro con *airlocks* para controlar el aire y el CO_2. Se usaron α-amilasa (HT 1000 A) para la licuefacción y glucoamilasa (Naturalzyme GA 300 L) para la sacarificación. Las condiciones óptimas fueron: 36 % de sólidos secos, 30 mg de α-amilasa/100 g de granza, 10 ml de

glucoamilasa/100 kg, temperatura de 70 °C, pH 5,0-6,0, 400 ppm de urea como fuente de nitrógeno y 60 horas de fermentación.

La granza de arroz fermentada por un tiempo de 60 horas fue utilizada en un ensayo de 30 días en 24 cerdos mestizos (Pietran x Duroc x Large White), con peso de 21,72 ± 3,31 kg, en etapa de levante, distribuidos en un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y seis animales por tratamiento, con diferentes niveles de inclusión en una dieta balanceada (Tratamiento 1: 0 %, Tratamiento 2: 10 %, Tratamiento 3: 20 % y Tratamiento 4: 2 % de inclusión). Se evaluaron variables productivas como peso final, ganancia diaria de peso, consumo final y conversión alimenticia.

Debido al crecimiento microbiano de la levadura, utilizando como sustrato la granza de arroz, el contenido de proteína cruda del alimento tras el proceso de fermentación aumentó de 8,2 % a 13,9 %. Se observaron diferencias significativas ($p<0,05$) en la ganancia diaria de peso, con valores de 625,81 g/día en el tratamiento 1 y 618,77 g/día en el tratamiento 2, frente a 526,38 y 542,77 g/día en los tratamientos 3 y 4, respectivamente. De igual forma, la conversión alimenticia fue más eficiente en el tratamiento 1 (2,20) y el tratamiento 2 (2,16), comparada con el tratamiento 3 (2,54) y el tratamiento 4 (2,45). No se encontraron diferencias significativas ($p>0,05$) en el peso final ni en el consumo final de alimento.

En conclusión, la fermentación líquida anaeróbica de la granza de arroz con *Saccharomyces cerevisiae* mejoró el contenido proteico del alimento y fue bien consumida por los animales, permitiendo su inclusión hasta en un 10 % en dietas para cerdos en crecimiento sin afectar negativamente su desempeño productivo.

Palabras clave: fermentación anaerobia, proteína microbiana, levadura, valor nutritivo, alimentación de cerdos.

Abstract

Microbial fermentation using yeast is an effective strategy for increasing the protein content of cereal flours through the production of single-cell protein (SCP). The objective of this research was to evaluate the inclusion of broken rice anaerobically fermented with *Saccharomyces cerevisiae* as an alternative protein source in diets for growing pigs. The use of SCP during the starter and grower phases of pig production represents an important feed alternative since cereal meal by-products can be enriched with microbial proteins through liquid fermentation processes using yeast. This improves their nutritional quality by increasing their protein content, which would allow them to partially or completely replace expensive protein sources, such as soybean meals, in the production of balanced feed.

The trial was conducted at the pig production unit of the Barcelona Farm, part of the Department of Animal Production of the Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources at the Universidad de Los Llanos, located in Villavicencio, Meta, Colombia. Initially, a pilot laboratory test was conducted to standardize the optimal conditions for liquid fermentation of broken rice with Saccharomyces cerevisiae. Once the parameters were defined, the process was scaled up to a 600-liter fermenter.

In the pilot laboratory test, a fermentation methodology based on the ethanol production process with broken rice proposed by Gohel and Duan (2012) was applied, which includes starch liquefaction and simultaneous fermentation using *Saccharomyces cerevisiae*. Anaerobic fermentation was carried out in 3 1-L Erlenmeyer fermenters with airlocks to control air and CO_2. α-Amylase (HT 1000 A) was used for liquefaction and glucoamylase (Naturalzyme GA 300 L) for saccharification. The optimal conditions were 36 % dry solids, 30 mg of α-amylase/100 g of broken rice, 10 ml of glucoamylase/100 kg, a temperature of 70 °C, a pH of 5,0-6,0, 400 ppm of urea as a nitrogen source, and 60 hours of fermentation.

Broken rice fermented for 60 hours was used in a 30-day trial in 24 crossbred pigs (Pietran x Duroc x Large White) weighing 21,72 ± 3,31 kg during the grower phase. These pigs were distributed in a randomized complete block design with 4 treatments and 6 animals per treatment, using different inclusion levels of broken rice in a balanced diet (Treatment 1: 0 %, Treatment 2: 10 %, Treatment 3: 20 %, and Treatment 4: 25 % inclusion). Production variables such as final weight, daily weight gain, final intake, and feed conversion were evaluated.

Due to the microbial growth of yeast using broken rice as a substrate, the crude protein content of the feed increased from 8,23 % to 13,97 % after the fermentation process. Significant differences ($p<0,05$) were observed in daily weight gain, with values of 625,81 g/day in treatment 1 and 618,77 g/day in treatment 2, compared to 526,38 and 542,77 g/day in treatment 3 and treatment 4, respectively. Similarly, feed conversion was more efficient in treatment 1 (2,20) and treatment 2 (2,16) compared to treatment 3 (2,54) and treatment 4 (2,45). No significant differences ($p>0,05$) were found in final weight or final feed intake.

In conclusion, anaerobic liquid fermentation of broken rice with Saccharomyces cerevisiae improved the protein content of the feed and was well consumed by the animals, allowing its inclusion of up to 10 % in diets for growing pigs without negatively affecting their productive performance.

Keywords: Anaerobic fermentation, microbial proteins, yeast, nutritive value, swine feeding.

Referencias

Gohel, V. y Duan, G. (2012). Conventional Process for Ethanol Production from Indian Broken Rice and Pearl Millet. *Bioprocess and Biosystems Engineering, 35*(8), 1297-1308. https://doi.org/10.1007/s00449-012-0717-1

Gualtieri, M. y Sánchez, J. (2003). Producción de proteína unicelular de levaduras crecidas en desechos de harina de maíz precocida (*Zea mays*). *Revista de la Facultad de Farmacia, 45*(2), 17-22.

Shen, Y. B., Piao, X. S., Kim, S. W., Wang, L., Liu, P., Yoon, I. y Zhen, Y. G. (2009). Effects of Yeast Culture Supplementation on Growth Performance, Intestinal Health, and Immune Response of Nursery Pigs1. *Journal of Animal Science, 87*(8), 2614-2624. https://doi.org/10.2527/jas.2008-1512

Van Der Peet-Schwering, C. M. C., Jansman, A. J. M., Smidt, H. y Yoon, I. (2007). Effects of Yeast Culture on Performance, Gut Integrity, and Blood Cell Composition of Weanling Pigs 1, 2. *Journal of Animal Science, 85*(11), 3099-3109. https://doi.org/10.2527/jas.2007-0110

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=168A4PWeoYfpGQyQstmaUWMpG4APLte6x

TORTA DE PRENSADO DE SACHA INCHI (*PLUKENETIA VOLUBILIS L.*) COMO UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA AGREGAR VALOR NUTRICIONAL A PRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL

SACHA INCHI (*PLUKENETIA VOLUBILIS L.*) PRESS CAKE AS SUSTAINABLE ALTERNATIVE FOR ADDING NUTRITIONAL VALUE TO ANIMAL-DERIVED PRODUCTS

Ana Milena Vanegas Azuero
ana.vanegas@unad.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Lady Viviana Camargo Ovalle
lvcamargoo@unal.edu.co
Biomoléculas alimentarias
Universidad Nacional de Colombia

Resumen

En Colombia, los sistemas de producción animal dependen en gran medida de materias primas importadas, como el maíz y la soya, para la alimentación. Esta situación incrementa significativamente los costos de producción y crea una dependencia de los mercados internacionales. Aunque se están haciendo esfuerzos para aumentar la producción nacional de maíz, las fuentes de proteína locales que puedan sustituir a la soya son escasas. Por lo tanto, es crucial identificar alternativas proteicas que ayuden a reducir los costos de alimentación, especialmente para los pequeños y medianos productores.

El sacha inchi es una planta oleaginosa que ha ganado especial interés debido a la composición de su aceite, el cual contiene 85 % de ácidos grasos poliinsaturados de las familias omega 3 y 6. Como subproducto principal de la extracción del aceite de la semilla se obtiene la torta de prensado, la cual es una fuente con gran potencial para ser usada como reemplazo parcial de las fuentes de proteína convencionales en la alimentación animal, teniendo en cuenta que contiene un porcentaje de proteínas entre el 50 y el 60 % y un contenido de grasa residual que puede llegar hasta el 20 % y que, por su perfil de ácidos grasos, permite mejorar el valor nutricional de los productos de origen animal, como carne, huevos, entre otros.

En este trabajo se evaluó el efecto de la sustitución parcial de la torta de soya por torta de prensado de sacha inchi (TSI) en dietas para la alimentación de tilapia roja (*Oreo-*

chromis spp.) sobre los parámetros productivos y la calidad de la carne. Se formularon y elaboraron 7 dietas experimentales con dos niveles diferentes de grasa en la TSI (5 y 2 %) y tres niveles de sustitución de la torta de soya (15, 30 y 50 %) por TSI. Se utilizaron peces con un peso promedio de 220 g/pez, distribuidos en 7 tratamientos con 3 réplicas cada uno, dispuestos aleatoriamente en 21 jaulas ubicadas en estanques de tierra. Los animales se alimentaron 3 veces al día durante un periodo de 120 días.

Los resultados mostraron que la inclusión de la TSI no causó diferencias significativas en los parámetros productivos de los peces, así como tampoco en las propiedades físicas de los filetes. En cuanto a la composición proximal de los filetes, no se presentaron diferencias significativas en el contenido de materia seca, proteína y cenizas entre tratamientos. Los valores encontrados para proteína estuvieron dentro del rango de 19,3 a 20,1 %, y fueron mayores que los reportados por Khen et al. (2022), cuando se evaluaron 2 niveles de reemplazo de la harina de pescado por TSI (29 y 5 %) en dietas para tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), así como los presentados por Khieokhajonkhet et al. (2021), donde los valores no superaron el 13,9 %. Estas diferencias se pueden deber a que en estos estudios se determinó la composición proximal del cuerpo entero del pez, incluido su esqueleto, mientras que en este estudio se evaluó solamente la parte muscular.

El contenido de ácidos grasos poliinsaturados en los filetes de los peces alimentados con las dietas que incluyeron TSI presentó valores significativamente mayores frente al tratamiento control, como consecuencia de una mayor ingesta de ácidos grasos de la familia omega 3 en estas dietas, cuyo perfil de ácidos grasos se mejoró con la inclusión de la TSI. Estos resultados concuerdan con lo afirmado por Erondu et al. (2023), referente a que la composición de los ácidos grasos de los peces teleósteos es afectada por la constitución de los ácidos grasos en la dieta, además de que representan la composición lipídica de las partes consumibles y la calidad nutricional final del producto. Adicionalmente, los filetes de estos animales presentaron una mayor aceptación general en el análisis sensorial realizado por 60 consumidores.

Estos resultados indican que la torta de prensado de sacha inchi puede incluirse en dietas para tilapia roja, con lo cual se genera una mejora en el perfil nutricional de la carne, a la vez que contribuye al aprovechamiento de este subproducto agroindustrial y genera valor en la cadena productiva.

Palabras clave: sacha inchi, subproductos agroindustriales, tilapia roja, fuentes alternativas de proteína, omega 3.

Abstract

In Colombia, animal production systems rely heavily on imported raw materials, such as corn and soybean meal, for feed formulation. This dependence significantly increases production costs and creates vulnerability to international market fluctuations. Although efforts are underway to increase domestic corn production, local protein sources capable of replacing soybean meals remain scarce. Therefore, it is essential to identify alternative protein sources that can help reduce feed costs, particularly for small and medium-scale producers.

Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) is an oilseed plant that has attracted growing interest due to the composition of its oil, which contains approximately 85 % polyunsaturated fatty acids from the omega-3 and omega-6 families. A major by-product of oil extraction from sacha inchi seeds is the press cake, which presents significant potential as a partial replacement for conventional protein sources in animal feed. This press cake typically contains 50–60 % protein and up to 20 % residual fat. Its fatty acid profile may also enhance the nutritional quality of animal-derived products such as meat and eggs.

This study evaluated the effects of partially substituting soybean meals with sacha inchi press cake (SIPC) in diets for red tilapia (*Oreochromis spp.*) on productive performance and fillet quality. Seven experimental diets were formulated and produced, incorporating 2 levels of residual fat in the SIPC (5 % and 24 %) and 3 substitution levels of soybean meal (15 %, 30 %, and 50 %). Fish with an average weight of 220 g were used, distributed into 7 treatments with 3 replicates each, randomly assigned to 21 cages located in earthen ponds. The fish were fed 3 times daily over a period of 120 days.

The results indicated that the inclusion of TSI did not produce significant differences in the fish's productive parameters, nor in the physical properties of the fillets. Regarding the proximate composition of the fillets, no significant differences were observed among treatments in moisture-free content, protein, or ash. The protein values measured ranged from 19,3 % to 20,1 %, which are higher than those reported by Khen et al. (2022) when evaluating 2 levels of fish meal replacement with TSI (29 % and 54 %) in diets for *Oreochromis niloticus* and likewise exceed those found by Khieokhajonkhet et al. (2021), whose values did not surpass 13,9 %. These discrepancies may be because in those studies the proximate composition of the whole body, including the skeleton, was determined, whereas in the present study only the muscle fraction was analyzed.

The polyunsaturated fatty acid (PUFA) content in the fillets of fish fed diets containing TSI was significantly higher compared to the control treatment. This result stems from an increased intake of omega3 fatty acids, as the fatty acid profile of these diets was enhanced by the inclusion of TSI. These findings are consistent with Erondu et al., (2023),

who stated that the fatty acid composition of teleost fish is influenced by the fatty acid constitution of the diet, and that it, in turn, reflects the lipid composition of the consumable portions and the final nutritional quality of the product. Additionally, the fillets from these animals exhibited higher overall acceptance in a sensory evaluation carried out with 60 consumers.

These findings suggest that SIPC can be effectively incorporated into red tilapia diets, improving the nutritional profile of the fillets while promoting the valorization of this agro-industrial by-product within the production chain.

Keywords: Sacha inchi, agro-industrial by-products, red tilapia, alternative protein sources, omega 3

Referencias

Erondu, E. S., Akpoilih, B. U. y John, F. S. (2023). Total Replacement of Dietary Fish Oil with Vegetable Lipid Sources Influenced Growth Performance, Whole Body Composition, and Protein Retention in Nile Tilapia (*Oreochromis Niloticus*) Fingerlings. *Journal of Applied Aquaculture, 35(*2), 330-349. https://doi.org/10.1080/10454438.2021.1960230

Khen, B., Aeksiri, N., Wuthijaree, K., Ratanasut, K., Kaneko, G. y Khieokhajonkhet, A. (2022). The Impacts of Partial Replacement of Sacha Inchi Seed on Growth Performance, Fatty Acids Composition, Blood Parameters, Histological Changes, and Immune-Related Gene Expression in Nile Tilapia (oreochromis Niloticus. Adv. Anim. Vet. Sci, 10(1), 94-106.

Khieokhajonkhet, A., Muichanta, S., Aeksiri, N., Ruttarattanamongkol, K., Rojtinnakorn, J. y Kaneko, G. (2021). Evaluation of Sacha Inchi Meal as a Novel Alternative Plant Protein Ingredient for Red Hybrid Tilapia (Oreochromis niloticus×O. Mossambicus): Growth Performance, Feed Utilization, Blood Biochemistry, and Histological Changes. *Animal Feed Science and Technology, 278*, 115004. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115004

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=-1QU3Wo1EWC1onpnwvmorfzHeq8gVasUwV

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN COSTO-BENEFICIO DE ATRAYENTES COMERCIALES DE PROTEÍNA HIDROLIZADA PARA MONITOREO DE MOSCAS DE LA FRUTA (*DIPTERA: TEPHRITIDAE*) EN CUNDINAMARCA

COST-BENEFIT ANALYSIS OF COMMERCIAL HYDROLYZED PROTEIN ATTRACTANTS FOR MONITORING FRUIT FLIES (*DIPTERA: TEPHRITIDAE*) IN CUNDINAMARCA

Wilder Guevara Lozano
wguevaral@unadvirtual.edu.co
Semillero de investigación Soluciones Agroecológicas Sustentables
Grupo de Investigación de Estudios Ambientales Aplicados
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Lady Xiomara Celis Jaramillo
https://orcid.org/0009-0000-7884-026X
lxcelisj@unadvirtual.edu.co
Semillero de investigación Soluciones Agroecológicas Sustentables
Grupo de Investigación de Estudios Ambientales Aplicados
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Jenny Marisol Rivas Ortega
https://orcid.org/0000-0001-7288-5686
jrivaso@unadvirtual.edu.co
Semillero de investigación Soluciones Agroecológicas Sustentables
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Yeisson Fabián Herrera Ortiz
https://orcid.org/0009-0005-4093-6860
yfherrerao@unadvirtual.edu.co
Grupo de Investigación de Estudios Ambientales Aplicados
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Olga Yaneth Martínez Barrera
https://orcid.org/0000-0002-2530-6001
olga.martinez@unad.edu.co
Semillero de investigación Soluciones Agroecológicas Sustentables
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

El monitoreo de plagas es fundamental en los programas de control para identificar las especies asociadas al hospedero, el grado de infestación, además de la diversidad de plantas hospederas presentes (ICA, 2020; Arcila et al., 2022; Silva et al., 2019). La eficacia de un sistema de monitoreo de plagas agrícolas no depende únicamente de la efectividad de captura del insecto objetivo, sino también de su accesibilidad económica, con el fin de garantizar su implementación por parte del agricultor. En este trabajo se realizó un análisis comparativo de la relación costo-beneficio de dos atrayentes comerciales para el monitoreo de moscas de la fruta en agroecosistemas de mango, considerando los costos iniciales de un mes.

Para este análisis se determinó el promedio del tiempo de mantenimiento y servicio de trampas, así como los costos operativos y de insumos por cada tratamiento, durante los dos meses del estudio en que se realizó la comparación de efectividad de los atrayentes T1 (CeraTrap®) y T2 (CeboFrut®), comparados con C (control con agua), considerando las diferencias en las cantidades de cada producto y los cambios que se indican en sus recomendaciones técnicas (CeraTrap®: 250 cc/trampa/3 meses; CeboFrut®: 30 cc/trampa/semana), en un total de cinco fincas, que se distribuyeron de la siguiente manera: tres en Mesitas del Colegio y dos en La Mesa, departamento de Cundinamarca.

El proceso de revisión y recebo de las trampas se realizó semanalmente, de acuerdo con las indicaciones técnicas de cada producto, donde se determinó un porcentaje de pérdida de CeraTrap, importante para el total de la cantidad usada de este producto. Las muestras recolectadas se llevaron al laboratorio para su identificación y así estimar la eficacia de captura. Con los datos obtenidos en tiempos y valores, se determinaron los costos iniciales para implementar, por un mes, el sistema de monitoreo de moscas de la fruta para una trampa, la cual puede cubrir un área de hasta 20 ha (1 trampa/hasta 20 ha), de acuerdo con la Res. ICA 8461 de 2019.

Los datos se analizaron de forma básica en Microsoft Excel. De manera preliminar, se puede observar que los costos para la implementación de una trampa McPhail con el atrayente CeboFrut® corresponden a un 1 % menos que implementar la misma trampa con CeraTrap®. Con relación a la efectividad de captura, los resultados preliminares, en los que se reconoció un 50 % de moscas de la fruta, totalizaron 5515 especies de *Anastrepha* capturadas; el 58,5 % se obtuvo de las trampas con CeboFrut®, con un MTD promedio de 10,6, en una relación de 1,5 hembra:macho, en comparación con el 41,5 % de captura de las trampas con CeraTrap®, MTD de 6,4, en una relación de 2:1 hembra:macho, en su mayoría *A. obliqua*, reconocida como una de las principales plagas del cultivo de mango.

Por lo tanto, de manera preliminar, se puede concluir que ambos atrayentes ofrecen ventajas para el monitoreo de moscas de la fruta. CeboFrut® tiene un menor costo por aplicación, pero requiere reposición completa en cada lectura. CeraTrap® tiene un mayor costo inicial, pero su reposición depende de la evaporación, lo que puede optimizar su uso en campo; además, tiene la capacidad de capturar más hembras, que son las que generan el daño en la fruta. La elección del atrayente dependerá del presupuesto del agricultor, la frecuencia de monitoreo y las condiciones ambientales.

El análisis del uso de tecnologías de origen natural que cumplen con los requisitos para su comercialización y uso en el manejo de plagas es de gran importancia como punto de partida más sostenible para el monitoreo y manejo de las plagas agrícolas, en este caso de las moscas de la fruta en agroecosistemas de mango.

Palabras clave: gastos, trampas, mano de obra, *anastrepha*, evaluación económica.

Abstract

Pest monitoring is essential in control programs to identify the species associated with the host, the degree of infestation, and the diversity of host plants present (ICA, 2020; Arcila et al., 2022; Silva et al., 2019). The effectiveness of an agricultural pest monitoring system depends not only on the effectiveness of capturing the target insect but also on its affordability to ensure its implementation by farmers. This study conducted a comparative cost-benefit analysis of 2 commercial attractants for monitoring fruit flies in mango agroecosystems, considering the initial costs for one month.

For this analysis, the average maintenance and service time for traps, operating expenses, and input costs for each treatment were determined during the 2 months of the study in which the effectiveness of attractants T1 (CeraTrap®) and T2 (CeboFrut®) was compared with C (control with water), considering the differences in the quantities of each product and the changes indicated in their technical recommendations (CeraTrap®: 250 cc/trap/3 months; CeboFrut®: 30 cc/trap/week) on a total of 5 farms, distributed as follows: 3 in Mesitas del Colegio and 2 in La Mesa in the department of Cundinamarca.

The process of reviewing and collecting the traps was carried out weekly, in accordance with the technical instructions for each product, where a percentage of CeraTrap loss was determined, which was significant for the total amount of this product used. The samples collected were taken to the laboratory for identification and to estimate the effectiveness of the capture. With the data obtained in terms of time and values, the initial costs of implementing the fruit fly monitoring system for one month were determined for an area of up to 20 ha (1 trap/up to 20 ha) in accordance with ICA Resolution 8461 of 2019.

The data were analyzed using basic Microsoft Excel. Preliminary observations indicate that the costs for implementing a McPhail trap with CeboFrut® attractant are 17 % cheaper than implementing the same trap with CeraTrap®. In terms of capture effectiveness, preliminary results with 50 % of fruit flies recognized totaled 5,515 Anastrepha species captured, 58,5 % of which were obtained from traps with CeboFrut® with an average MTD of 10,6, at a ratio of 1,5 females to males, compared to 41,5 % capture from traps with CeraTrap® MTD of 6,4, at a ratio of 2:1 females to males, mostly A. *obliqua*, recognized as one of the main pests of mango cultivation.

Therefore, it can be preliminarily concluded that both attractants offer advantages for fruit fly monitoring. CeboFrut® has a lower cost per application but requires complete replacement at each reading. CeraTrap® has a higher initial cost, but its replacement depends on evaporation, which can optimize its use in the field. It also can capture more females, which are the ones that cause damage to the fruit. The choice of attractants will depend on the farmer's budget, monitoring frequency, and environmental conditions.

Analyzing the use of naturally occurring technologies that meet the requirements for commercialization and use in pest management is of foremost importance as a more sustainable starting point for monitoring and managing agricultural pests, in this case fruit flies in mango agroecosystems.

Keywords: expenses, traps, labor, *anastrepha*, economic evaluation.

Referencias

Arcila Cardona, Á. M., Castillo Urquiza, G. P., Pérez Artiles, L., Abaunza González, C. A., Yacomelo Hernández, M. J. y León Pacheco, R. I. (2022). *Modelo productivo de mango de azúcar (Mangifera indica L.) para el departamento del Magdalena*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/view/250/232/1546-1

Da Costa, S. S., Dos Santos, J. M., Forti Broglio, S. M., Dias-Pini, N. D. S. y Gómez-Torres, M. (2019). Nuevos registros de moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae) en el Estado de Alagoas, Brasil. *Revista Colombiana de Entomología, 45*(1). https://doi.org/10.25100/socolen.v45i1.7808

Instituto Colombiano Agropecuario. (2019). *Resolución 8461 de 2019: Por medio de la cual se establece el plan fitosanitario para moscas de la fruta en predios de producción de vegetales para exportación en fresco registrados ante el ICA*. https://www.ica.gov.co/getattachment/69f419b2-da9f-4d66-8484-d3ca50ae06c2/2019R8461.aspx

Instituto Colombiano Agropecuario. (2020). *Manual técnico de trampeo de moscas de la fruta.* https://www.ica.gov.co/servicios_linea/forestalesprincipal/manual-tecnico-trampeo-moscas-fruta.aspx

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1bynyMscZrRZ6bX-tniziQxxVunepN4Ad

EVALUACIÓN ANTIFÚNGICA DE NANOEMULSIONES DE ACEITES ESENCIALES CONTRA HEMILEIA VASTATRIX EN CAFÉ (COFFEA ARÁBICA) COLOMBIANO

ANTIFUNGAL EVALUATION OF NANOEMULSIONS OF ESSENTIAL OILS AGAINST HEMILEIA VASTATRIX IN COLOMBIAN COFFEE

Blanca Ninfa Carvajal Agudelo
blanca.carvajal@unad.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Fidel Mesa Arguello
fidel.mesa@unad.edu.co
Grupo de investigación CAZAO
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

La roya del café, causada por *Hemileia vastatrix*, representa una de las principales amenazas para la producción de *Coffea arabica* en Colombia, ocasionando pérdidas de hasta el 40 % en la producción del grano. Este estudio evaluó la actividad antifúngica *in vitro* de nanoemulsiones elaboradas con aceite esencial (AE) de *Eucalyptus pellita* F. Muell. sobre uredosporas del patógeno, en donde se observa y evalúa la capacidad de inhibición de la germinación de las esporas; para ello, se expusieron las uredosporas a diferentes concentraciones de la nanoemulsión en cámaras de humedad y se cuantificaron microscópicamente las tasas de germinación tras 48 horas (González-Estrada et al., 2022; Gumber et al., 2017).

El aceite esencial (AE) de *E. pellita* se obtiene mediante el proceso de destilación líquido-vapor de las hojas frescas de árboles de eucalipto maduros utilizados para el aprovechamiento de la madera en la vereda La Niata, perteneciente a la ciudad de Yopal-Casanare-Colombia. Se realizan destilaciones en las condiciones climáticas de Yopal, que se caracteriza por una temperatura media de 26,8 °C y precipitación de 2370 mm como promedio anual, respectivamente (IDEAM, 2025). El resultado de las destilaciones arrojó un rendimiento promedio de 2,68 % (v/m).

El AE de *E. pellita* no se comercializa actualmente; las principales especies destiladas para la venta son *E. globulus*, *E. citriodora* y *E. radiata*. El cultivo de la especie *E. pellita* se siembra ampliamente en la Orinoquía, en donde tiene uso maderable (Borralho et al., 2015).

El AE de *E. pellita* se envió al laboratorio CROM-MASS de la Universidad Industrial de Santander, en donde fue analizado por cromatografía de gases con detector de espectrometría de masas (GC/MS), utilizando un cromatógrafo de gases Agilent Technologies AT 6890, acoplado a un detector selectivo de masas (MSD, AT 5973N) y que siguió la norma ISO 7609-1895. La GC/MS identificó 20 compuestos, siendo los de mayor concentración 1,8-Cineol, de 45,3 %, y α-Pineno, de 30,1 %.

Las nanoemulsiones se preparan mediante homogeneización ultrasónica y se caracterizan por tamaño de gota, índice de polidispersidad (PDI) y potencial zeta, utilizando dispersión de luz dinámica (DLS), siguiendo protocolos validados para la estabilidad y eficacia de las nanoemulsiones (Brito et al., 2024; Shen et al., 2021).

Se realizarán ensayos de difusión en disco para el estudio de la inhibición de la germinación de esporas y la determinación de concentraciones mínimas inhibitoria (CMI) y fungicida (CMF). Basados en la literatura, se proyectan inhibiciones significativas (> 80 %) en la germinación de esporas, que destacan la eficacia de formulaciones sinérgicas.

Se concluye que estas nanoemulsiones representan una alternativa sostenible frente al uso de fungicidas sintéticos en sistemas de producción de café, atendiendo a la Política Nacional de Café Sostenible de Colombia y al ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres).

Palabras clave: nanoemulsiones, aceites esenciales, *Hemileia vastatrix*, roya, *Coffea arabica*, biofungicidas.

Abstract

Coffee leaf rust, caused by *Hemileia vastatrix*, represents one of the main threats to *Coffea arabica* production in Colombia, causing losses of up to 40 % in bean production. This study evaluated the in vitro antifungal activity of nanoemulsions made with essential oil (EO) of *Eucalyptus pellita* F. Muell on uredospores of the pathogen, where the capacity to inhibit spore germination is observed and evaluated by exposing the uredospores to different concentrations of the nanoemulsion in humidity chambers and quantifying the germination rates microscopically after 48 hours (González-Estrada et al., 2022; Gumber et al., 2017).

The EO of *E. pellita* is obtained by liquid-vapor distillation from the fresh leaves of mature eucalyptus trees harvested in the La Niata area of Yopal, Casanare, Colombia. The distillations are carried out under the climatic conditions of Yopal, characterized by an average temperature of 26,8 °C and an annual rainfall of 2370 mm, respectively (Ideam, 2025). The distillation results showed an average yield of 2,68 % (v/m).

The EO of *E. pellita* is not currently marketed; the main species distilled for sale are E. *globulus*, *E. citriodora*, and *E. radiata*. *E. pellita* is widely cultivated in the Orinoquía region, where it is used as timber (Borralho et al., 2015).

The *E. pellita* EO was sent to the CROM-MASS laboratory at the Industrial University of Santander, where it was analyzed by gas chromatography/mass spectrometry detector (GC/MS) using an Agilent Technologies AT 6890 gas chromatograph coupled with a mass selective detector (MSD, AT 5973 N) and following the ISO 7609-1895 standard. GC/MS identified 20 compounds, the highest concentrations being 1,8-cineole at 45,3 % and α-pinene at 30,1 %.

The nanoemulsions were prepared by ultrasonic homogenization and characterized by droplet size, polydispersity index (PDI), and zeta potential using dynamic light scattering (DLS), following validated protocols for nanoemulsion stability and efficacy (Brito et al., 2024; Shen et al., 2021).

Disc diffusion assays were performed to study spore germination inhibition and determine minimum inhibitory concentrations (MIC) and fungicidal concentrations (MFC). Based on literature, significant inhibitions (>80 %) of spore germination are projected, highlighting the efficacy of synergistic formulations.

It is concluded that these nanoemulsions represent a sustainable alternative to the use of synthetic fungicides in coffee production systems, in compliance with Colombia's National Sustainable Coffee Policy and SDG 15 (Life on Land).

Keywords: Nanoemulsions, essential oils, *Hemileia vastatrix*, rust, *Coffea arabica*, Biofungicides.

Referencias

Avelino, J., Cristancho, M., Georgiou, S., Imbach, P., Aguilar, L., Bornemann, G., Läderach, P., Anzueto, F., Hruska, A. J. y Morales, C. (2015). The Coffee Rust Crises in Colombia and Central America (2008–2013): Impacts, Plausible Causes and Proposed Solutions. *Food Security, 7*(2), 303-321. https://doi.org/10.1007/s12571-015-0446-9

Bastos, C. N. y Albuquerque, P. S. B. (2004). Antifungal activity of essential oils from leaves of Eucalyptus citriodora and Eucalyptus globulus against *Cladosporium cladosporioides* and *Colletotrichum gloeosporioides. Fitopatologia Brasileira, 29*(5), 555–557. https://doi.org/10.1590/S0100-41582004000500013

Benelli, G., Pavela, R., Maggi, F., Petrelli, R. y Nicoletti, M. (2017). Commentary: Making Green Pesticides Greener? The Potential of Plant Products for Nanosynthesis and Pest Control. *Journal of Cluster Science, 28*(1), 3-10. https://doi.org/10.1007/s10876-016-1131-7

Burt, S. (2004). Essential Oils: Their Antibacterial Properties and Potential Applications in Foods—a Review. *International Journal of Food Microbiology, 94*(3), 223-253. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1PujPLeGWxwZWD58hTctOQUc34-zgnEUf

POTENCIAL DEL EXTRACTO DEL FRUTO BOTÁNICO DE LA PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM L.*) COMO AGENTE DE BIOCONTROL DE COLLETOTRICHUM SP.

POTENTIAL OF POTATO BOTANICAL FRUIT EXTRACT (*SOLANUM TUBEROSUM L.*) AS A BIOCONTROL AGENT AGAINST COLLETOTRICHUM SP.

Erika Johana Rodríguez Rodríguez
ejrodriguezrodr@unadvirtual.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Jorge Armando Fonseca-Carreño
jorge.fonseca@unad.edu.co
Grupo de investigación GIGASS
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

En el departamento de Boyacá (Colombia), la agricultura familiar campesina representa uno de los principales motores socioeconómicos y culturales de la región, generando empleo rural y garantizando el abastecimiento de alimentos básicos. Dentro de este ámbito, el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) adquiere relevancia no solo por su papel alimentario, sino también por su contribución a la economía de pequeños productores. No obstante, en los últimos años se ha registrado una disminución progresiva en la productividad y competitividad de la papa, atribuida a factores como el agotamiento de nutrientes en los suelos, el uso intensivo de agroquímicos, la incidencia de plagas y enfermedades y la creciente presión del cambio climático.

Frente a este panorama, surge la necesidad de explorar alternativas más sostenibles y económicas para el manejo fitosanitario del cultivo. Una estrategia prometedora es la valorización de subproductos agrícolas que, en muchos casos, se descartan o no se aprovechan plenamente. En el caso de la papa, uno de estos subproductos son los frutos botánicos de la papa, llamados “mamones”, bayas de estructuras esféricas de color verde claro o amarillento que la planta desarrolla tras la floración y que suelen desecharse. Cada baya puede contener hasta cuatrocientas semillas sexuales y concentra, en su tejido, metabolitos secundarios de interés biotecnológico.

La presente investigación tiene como objetivo principal evaluar la eficiencia del extracto alcohólico de bayas de papa como agente de biocontrol frente a *Colletotrichum sp.*,

hongo fitopatógeno causante de la antracnosis, enfermedad responsable de pérdidas significativas en producciones de frutales andinos y, potencialmente, en otros cultivos. Para alcanzar este objetivo, se realizó la caracterización morfológica del fruto botánico de la papa en zonas productoras de Boyacá; la obtención y aislamiento de los principios activos presentes en diferentes variedades; la caracterización bioquímica de los extractos obtenidos; y la evaluación *in vitro* de su efecto fungicida y/o fungistático sobre *Colletotrichum sp*. El trabajo de investigación busca generar alternativas innovadoras de bajo costo y bajo impacto ambiental, reduciendo la dependencia de fungicidas sintéticos y sus efectos adversos sobre la salud humana y los ecosistemas.

La metodología se realizó en varias fases. La primera fue la recolección y caracterización de los frutos de la papa (muestras). Las bayas de papa se recolectaron en etapas de madurez fisiológica avanzada en parcelas representativas de diferentes municipios del altiplano cundiboyacense (Toca, Siachoque). Las muestras se seleccionaron al azar, donde se analizaron los atributos morfológicos (diámetro, color, textura) y se realizó un análisis fisicoquímico preliminar (pH, humedad, contenido de sólidos solubles). La segunda fase fue la obtención del extracto alcohólico. El material fresco de bayas se sometió a lavado y desinfección superficial; posteriormente, se trituró en un procesador hasta obtener una pasta homogénea, la cual se dejó secar a temperatura ambiente hasta obtener un peso constante. El polvo obtenido se diluyó con alcohol al 96 % como solvente en proporción 1:5 (p/v). El extracto bruto fue filtrado y concentrado en un equipo rotoevaporador a baja presión (150 mbar) y 50 °C para eliminar el solvente y obtener un extracto semisólido.

La fase tres fue la preparación de diluciones y medio de cultivo. El extracto concentrado se reconstituyó en agua estéril según conveniencia, y se prepararon diluciones finales al 1 %, 5 % y 10 % (p/v) en medio de cultivo PDA (Papa Dextrosa Agar). Se incluyeron controles positivos (fungicida comercial) y negativos (PDA estéril) para comparar la actividad antifúngica. Para la evaluación *in vitro* de la capacidad de biocontrol sobre *Colletotrichum sp*., se empleó la técnica de infestación de placas: discos de micelio de *Colletotrichum sp*. (5 mm de diámetro) se colocaron en el centro de cajas con PDA enriquecido con las diferentes concentraciones de extracto; estas se incubaron a 25 ± 2 °C en oscuridad parcial, y se midió el diámetro del crecimiento radial cada 24 horas durante 7 días. El porcentaje de inhibición se calculó comparando el crecimiento radial en tratamientos versus control. El análisis estadístico de los datos de crecimiento radial e inhibición porcentual se analizó mediante ANOVA de una vía y prueba post hoc de Tukey ($p < 0,05$), para determinar diferencias significativas entre concentraciones y compararlas con el control comercial.

Los resultados preliminares indican una clara relación dosis-dependiente en la inhibición del crecimiento micelial de *Colletotrichum sp*. Las placas con 10 % de extracto mostraron

una inhibición superior comparada con las de menor concentración, mientras que el fungicida comercial logró niveles de inhibición superiores al 90 %. Estos hallazgos sugieren que los compuestos presentes en las bayas tienen un efecto biofungicida notable, particularmente a concentraciones intermedias y altas.

Finalmente, este estudio contribuye al fortalecimiento del conocimiento científico en agroecología, pues propone una alternativa sostenible para el control de la antracnosis y evidencia la importancia de reconsiderar residuos agrícolas como insumos estratégicos. Además, aporta a la diversificación productiva y a la economía campesina en Boyacá, y genera oportunidades de innovación local y mitigación de riesgos ambientales.

Palabras clave: palabras claves: compuestos activos; fruto de la papa; roto evaporador; extracción alcohólica

Abstract

In the department of Boyacá (Colombia), peasant family farming represents one of the main socioeconomic and cultural drivers of the region, generating rural employment and guaranteeing the supply of basic foods. Within this area, the cultivation of potatoes (*Solanum tuberosum L.*) becomes relevant not only for its nutritional role but also for its contribution to the economy of small producers. However, recently there has been a progressive decrease in the productivity and competitiveness of potatoes, attributed to factors such as the depletion of nutrients in the soil, the intensive use of agrochemicals, the incidence of pests and diseases, and the growing pressure of climate change.

Faced with this panorama, the need arises to explore more sustainable and economical alternatives for the phytosanitary management of the crop. A promising strategy is the valorization of agricultural by-products that, often, are discarded or not fully used. In the case of the potato, one of these by-products is the botanical fruit of the potato called *mamones*, berries with light green or yellowish spherical structures that the plant develops after flowering and which are usually discarded. Each berry can contain up to 400 sexual seeds and concentrates in its tissue secondary metabolites of biotechnological interest.

The main objective of this research is to evaluate the efficiency of the alcoholic extract of potato berries as a biocontrol agent against *Colletotrichum sp.*, a phytopathogenic fungus that causes anthracnose, a disease responsible for significant losses in Andean fruit production and, potentially, in other crops. To achieve this objective, the morphological characterization of the botanical fruit of the potato was carried out in producing areas of Boyacá; obtaining and isolating the active ingredients present in different varieties; the biochemical characterization of the extracts obtained; and the in vitro evaluation

of its fungicidal and fungistatic effect on *Colletotrichum sp*. The research work seeks to generate innovative alternatives with low-cost and low environmental impact, reducing dependence on synthetic fungicides and their adverse effects on human health and ecosystems.

The methodology was carried out in several phases; the first was the collection and characterization of the potato fruits (samples). Potato berries were collected in stages of advanced physiological maturity in representative plots of different municipalities of the Cundiboyacense highlands (Toca, Siachoque). The samples were selected at random, where morphological attributes were analyzed (diameter, color, texture), and a preliminary physicochemical analysis was carried out (pH, humidity, soluble solids content). The second phase was obtaining the alcoholic extract. The fresh berry material was subjected to washing and surface disinfection and then crushed in a processor until obtaining a homogeneous paste, which was left to dry at room temperature until obtaining a constant weight. The powder obtained was diluted with 96 % alcohol as a solvent in a 1:5 (w/v) ratio. The crude extract was filtered and concentrated in a rotary evaporator at low pressure (150 mbar) and 50 °C to eliminate the solvent and obtain a semisolid extract.

Phase 3 was the preparation of dilutions and culture medium. The concentrated extract was reconstituted in sterile water as convenient, and final dilutions of 1 %, 5 %, and 10 % (w/v) were prepared in PDA (Potato Dextrose Agar) culture medium. Positive (commercial fungicide) and negative (sterile PDA) controls were included to compare antifungal activity. For the in vitro evaluation of the biocontrol capacity on *Colletotrichum sp*., the plate infestation technique was used: discs of mycelium of *Colletotrichum sp*. (5 mm in diameter) were placed in the center of boxes with PDA enriched with the different concentrations of extract; these were incubated at 25 ± 2 °C in partial darkness, and the diameter of the radial growth was measured every 24 hours for 7 days. The percentage of inhibition was calculated by comparing radial growth in treatments versus control. The statistical analysis of the radial growth and percentage inhibition data was analyzed using one-way analysis of variance (ANOVA) and Tukey's post hoc test ($p < 0,05$) to determine significant differences between concentrations and compare them with commercial control.

Preliminary results indicate a clear dose-dependent relationship in the inhibition of mycelial growth of *Colletotrichum sp*. The plates with 10 % extract showed higher inhibition compared to those with a lower concentration, while the commercial fungicide achieved inhibition levels greater than 90 %. These findings suggest that the compounds present in the berries have a notable biofungicide effect, particularly at intermediate and high concentrations.

Finally, this study contributes to the strengthening of scientific knowledge in agroecology by proposing a sustainable alternative for the control of anthracnose and evidencing

the importance of reconsidering agricultural waste as strategic inputs. In addition, it contributes to productive diversification and the peasant economy in Boyacá, generating opportunities for local innovation and mitigation of environmental risks.

Keywords: active compounds, potato fruit, broken evaporator, alcoholic extraction

Referencias

Chen, Y., Xing, M., Chen, T., Tian, S. y Li, B. (2023). Effects and Mechanisms of Plant Bioactive Compounds in Preventing Fungal Spoilage and Mycotoxin Contamination in Post-harvest Fruits: A Review. *Food Chemistry, 415*, 135787. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135787

Cruz-Ortiz, L. y Flores-Méndez, M. (2021). Avances en el desarrollo de nuevos herbicidas biológicos a partir de extractos vegetales fitotóxicos aplicados in vitro. *Informador Técnico, 86*(1). https://doi.org/10.23850/22565035.3648

D'Addabbo, T., Laquale, S., Lovelli, S., Candido, V. y Avato, P. (2014). Biocide Plants as a Sustainable Tool for the Control of Pests and Pathogens in Vegetable Cropping Systems. *Italian Journal of Agronomy, 9*(4), 616. https://doi.org/10.4081/ija.2014.616

Grayer, R. J. y Harborne, J. B. (1994). A Survey of Antifungal Compounds from Higher Plants, 1982–1993. *Phytochemistry, 37*(1), 19-42. https://doi.org/10.1016/0031-9422(94)85005-4

Martínez Cárdenas, C. A., Balaguera-López, H. E. y Fonseca-Carreño, J. A. (2022). Bioherbicidal Activity of Seed Extract of Campomanesia Lineatifolia on the Weed Sonchus Oleraceus L. *Agronomía Colombiana, 40*(1), 49-57. https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v40n1.98502

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1j_jOQXcwidPftH8_EpGVAg6gSN4BFBy_

PARÁMETROS GERMINATIVOS DE SEMILLAS FORESTALES NATIVAS DEL CINTURÓN AMAZÓNICO EN EL MUNICIPIO DE VISTA HERMOSA (META, COLOMBIA)

GERMINATION PARAMETERS OF NATIVE FOREST SEEDS OF THE AMAZON BELT IN THE MUNICIPALITY OF VISTA HERMOSA (META, COLOMBIA)

Alexandra Pulido Martínez
apulidomar@unadvirtual.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Oscar Mauricio Moya Murillo
oscar.moya@unad.edu.co
Grupo de investigación CAZAO
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

Esta investigación evaluó los parámetros de germinación de las semillas de cuatro especies forestales del cinturón amazónico presentes en el municipio de Vista Hermosa (Meta): *Cassia fistula*, *Tabebuia rosea*, *Tabebuia chrysantha* y *Cariniana pyriformis*. Este estudio se realizó entre julio de 2024 y febrero de 2025, en la finca Villa Kaley, vereda Jericó, en Vista Hermosa (Meta), las semillas se recolectaron de forma convencional, tomadas de árboles adultos en la temporada de semillación particular de cada especie.

Para este proyecto se utilizó un diseño en bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones de 50 semillas cada una. Las semillas fueron sumergidas en agua a temperatura ambiente por 12 horas antes de la siembra. Se midieron los siguientes parámetros: porcentaje de germinación acumulado (PG), índice de velocidad de la germinación (IVG), germinación diaria media (GDM), valor pico de la germinación (VP) y valor de germinación (VG).

Los resultados muestran diferencias estadísticas entre especies: *C. fistula* (PG: 8 %; IVG: 31,2), *T. rosea* (PG: 4 %; IVG: 11,5), *T. chrysantha* (PG: 4 %; IVG: 10,8) y *C. pyriformis* (PG: 4 %; IVG: 11,9). Según el GDM, *C. fistula* destacó por su rápida germinación, ya que concentró la mayoría de la germinación en los primeros tres días, y las especies de *Tabebuia* y *Cariniana pyriformis* mostraron una germinación más lenta y distribuida durante el tiempo de evaluación. Por otra parte, *C. fistula* y *C. pyriformis* alcanzaron su VP el primer

día, mientras que las especies de *Tabebuia* lo hicieron el tercer día. También, el VG más alto fue: *C. fistula* (25,7), lo que reflejó su rápida y eficiente germinación. *T. rosea* (5,6), *T. chrysantha* (5,1) y *C. pyriformis* (5,3) mostraron valores de VG similares, lo que indicó una germinación más lenta y menos uniforme.

Palabras clave: reforestación, endémicas, ambiental, agroforestal.

Abstract

This research evaluated the germination parameters of the seeds of 4 species of forest in the Amazon belt present in the municipality of Vista Hermosa, Meta: Cassia fistula, Tabebuia rosea, Tabebuia chrysantha, and Cariniana pyriformis. This study was carried out between July 2024 and February 2025 at the Villa Kaley farm, Jericó village in Vista Hermosa, Meta. The seeds were collected conventionally, taken from adult trees in the particular seeding season of each species.

For this project, a complete randomized block design was used, with four treatments and four replicates of fifty seeds each. The seeds were immersed in water at room temperature for 12 hours before sowing. The following parameters were measured: Cumulative Germination Percentage (PG), Germination Rate Index (IVG), Average Daily Germination (GDM), Peak Germination Value (VP), and Germination Value (VG).

The results show statistical differences between species, where *C. fistula* (PG: 83 %; IVG: 31,2), *T. rosea* (PG: 49 %; IVG: 11,5), *T. chrysantha* (PG: 47 %; IVG: 10,8), and *C. pyriformis* (PG: 45 %; IVG: 11,9) and, according to the GDM, *C. fistula* stood out for its rapid germination, concentrating most of the germination in the first 3 days, and the *Tabebuia* and *Cariniana pyriformis* species showed a slower and more distributed germination during the evaluation time. On the other hand, *C. fistula* and *C. pyriformis* reached their VP on the first day, while Tabebuia species did so on the third day. Furthermore, the highest VG was C. fistula (25,7), reflecting its rapid and efficient germination. *T. rosea* (5,6), *T. chrysantha* (5,1), and *C. pyriformis* (5,3) showed similar VG values, indicating slower and less uniform germination.

Keywords: reforestation, endemic, environmental, agroforestry

Referencias

Carvalho, L. R., Silva, E. A. A. y Davide, A. C. (2010). Seed storage and germination of Cariniana legalis (Mart.) Kuntze (Lecythidaceae). *Revista Árvore, 34*(5), 811-818. https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000500005

Baskin, C. C. y Baskin, J. M. (2014). *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination.* Academic Press.

Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W. M. y Nonogaki, H. (2013). *Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy*. Springer.

Corredor Camargo, E. S., Páez Barón, E. M. y Fonseca-Carreño, J. F. (2024). *El extensionista rural frente a la agricultura del siglo XXI*. Sello Editorial UNAD. https://doi.org/10.22490/unad.9786287786097

Marques, J. G. D. C., Veríssimo, K. J. D. S., Fernandes, B. S., Ferreira, S. R. D. M., Montenegro, S. M. G. L. y Motteran, F. (2021). Glyphosate: A Review on the Current Environmental Impacts from a Brazilian Perspective. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 107*(3), 385-397. https://doi.org/10.1007/s00128-021-03295-4

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). *Manual de técnicas de germinación*. Organización de las Naciones Unidas.

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1aMD8zcagFHxNXfD5AiZH0ZJpTWnUHKT4



EJE 3

TRANSFORMACIÓN DIGITAL PARA LA GESTIÓN AMBIENTAL Y EL DESARROLLO RURAL



TECNOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO RURAL: DIAGNÓSTICO DE COMPETENCIAS EN ESTUDIANTES DE PROGRAMAS

TECHNOLOGIES FOR RURAL DEVELOPMENT: SKILLS ASSESSMENT IN STUDENTS ENROLLED IN AGRICULTURAL PROGRAMS

Edwin Manuel Páez Barón
edwmanuel@gmail.com
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - UPTC

Resumen

La formación de profesionales del sector agropecuario en Colombia requiere responder a las crecientes demandas del desarrollo rural contemporáneo, que se caracteriza por la integración de herramientas tecnológicas y digitales como elementos clave en los procesos de comunicación, innovación y generación de capacidades en los territorios. No se trata únicamente de fortalecer las competencias técnicas y disciplinares, sino también de preparar a los estudiantes para actuar como agentes activos en la transformación rural, con habilidades para liderar procesos participativos, comunicar eficazmente y diseñar estrategias educativas adaptadas a diversos contextos (Corredor, Páez y Fonseca, 2025). Landini (2016) y Landini, Murtagh y Lacanna (2009) señalan como una de las problemáticas de la extensión rural en Latinoamérica la falta de formación apropiada de los extensionistas, enfocada en una formación tecnicista o productivista, aspecto que corroboran Méndez y Giraldo (2022) y Méndez, quienes señalan los retos de la formación de los extensionistas (2006). Esta investigación se planteó con el objetivo de identificar debilidades en la formación de estudiantes de programas de educación superior agropecuaria, específicamente en el uso y aplicación de herramientas tecnológicas y digitales orientadas al desarrollo y extensión rural, así como en su capacidad para elaborar material educativo que facilite la transmisión de conocimientos en escenarios reales de interacción con comunidades rurales.

Se adoptó un enfoque metodológico mixto, con énfasis en la integración de componentes cuantitativos y cualitativos, a partir de un proceso estructurado que incluyó la caracterización de competencias, el diseño y ejecución de estrategias formativas y la implementación de actividades prácticas de extensión. La población objeto de estudio estuvo conformada por 34 estudiantes de programas del área agropecuaria de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, seleccionados mediante muestreo no probabilístico discrecional.

La recolección de información se realizó a través de encuestas con preguntas tipo Likert validadas por expertos, así como mediante grupos focales y observación participante durante las actividades de campo.

El proceso investigativo contempló varias etapas interrelacionadas: primero, se identificaron las competencias previas de los estudiantes en relación con el uso de tecnologías digitales; posteriormente, se diseñaron libretos y material educativo multimedia; se grabaron productos comunicativos, como programas radiales; y, finalmente, se desarrolló una jornada de extensión rural con productores agropecuarios, que permitió evaluar de manera contextual la aplicación de las competencias trabajadas.

Los resultados, evaluados con una escala numérica de 1 a 5, muestran una valoración media de 3,8 puntos (75,9 %) en relación con las competencias para el uso de diversas herramientas tecnológicas y digitales (como podcast, videoconferencias, programas radiales y blogs), lo que indica un nivel aceptable de apropiación, aunque aún con margen de mejora. En cuanto a las competencias para la elaboración de material educativo, la ponderación fue menor, con un 3,7 (74,7 %), lo que refleja una debilidad significativa en la capacidad de estructurar y presentar contenidos de forma didáctica y adaptada a diversos públicos rurales. Este hallazgo es relevante, dado que la eficacia del proceso de extensión depende en gran medida de la calidad del material empleado y de la habilidad para traducir saberes técnicos a formatos comprensibles y útiles para los productores.

Respecto a los conocimientos sobre técnicas, metodologías y herramientas específicas de la extensión rural, la puntuación promedio fue de 3,2 puntos (64,7 %), lo que sugiere una formación limitada en este campo, que debería ser objeto de refuerzo curricular. En contraste, se observó un desempeño más alto en la competencia relacionada con la elaboración y uso de material gráfico llamativo (imágenes, fotografías, gráficos), con una media de 3,9 puntos (77,6 %), lo que evidencia potencial en el diseño visual de contenidos, aunque este debe articularse mejor con la estructura pedagógica y los objetivos de formación. Finalmente, la habilidad de actualizar conocimientos de manera constante, indispensable en contextos dinámicos, como el rural, recibió una valoración promedio de 3,8 puntos (75,9 %), lo que puede interpretarse como una disposición positiva hacia el aprendizaje continuo, aunque aún no del todo consolidada como práctica profesional.

Los hallazgos permiten afirmar que, aunque existen avances en la formación de competencias tecnológicas y comunicativas, persisten debilidades estructurales en la articulación pedagógica de estas competencias y herramientas con los objetivos y prácticas de la extensión rural. En particular, es necesario fortalecer la capacidad de los estudiantes para diseñar material educativo pertinente y desarrollar metodologías participativas que potencien la apropiación del conocimiento en las comunidades rurales. Asimismo, resulta clave incorporar de manera más sistemática contenidos y experiencias formativas que integren las tecnologías digitales al ejercicio profesional de la extensión, no como un

fin en sí mismo, sino como un medio para mejorar los procesos de diálogo de saberes, gestión del conocimiento y transformación territorial. Esta investigación aporta insumos relevantes para la reflexión curricular en los programas de formación agropecuaria, al tiempo que invita a repensar el papel de las universidades como actores activos en la innovación social y tecnológica en el campo colombiano.

Palabras clave: desarrollo rural, habilidades digitales, tecnología.

Abstract

The training of professionals in Colombia's agricultural sector must rise to meet the growing demands of contemporary rural development—an increasingly complex process characterized by the integration of technological and digital tools as essential components in communication, innovation, and capacity-building within rural territories. Addressing these challenges involves more than reinforcing technical and disciplinary competencies; it also requires preparing students to become active agents of rural transformation, equipped with the skills to lead participatory processes, communicate effectively, and design educational strategies tailored to diverse socio-territorial contexts (Corredor, Páez, y Fonseca, 2025). According to Landini (2016) and Landini, Murtagh, and Lacanna (2009), one of the persistent issues in rural extension across Latin America is the inadequate training of extension agents—training that tends to emphasize technical or production-oriented content at the expense of socio-educational competencies. This concern is echoed by Méndez and Giraldo (2022), as well as by Méndez (2006), who highlight the challenges and limitations in current extension worker education. In response to this context, the present study was designed to identify specific gaps in the training of students enrolled in higher education programs in agricultural sciences, particularly in their ability to effectively use and apply digital and technological tools oriented toward rural development and extension. Additionally, the study sought to assess students' capacity to design educational materials that facilitate knowledge transfer in real-world interaction scenarios with rural communities.

A mixed methodological approach was adopted, with emphasis on the integration of quantitative and qualitative components, based on a structured process that included the characterization of competencies, the design, and execution of training strategies, and the implementation of practical extension activities. The study population consisted of 34 students of agricultural programs of the Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, selected through non-probabilistic discretionary sampling. Information was collected through surveys with Likert-type questions validated by experts, as well as through focus groups and participant observation during field activities.

The research process included several interrelated stages: first, the students' previous competencies in relation to the use of digital technologies were identified; then, booklets and multimedia educational material were designed; communicative products such as radio programs were recorded; and finally, a rural extension day was developed with agricultural producers, which allowed a contextual evaluation of the application of the competencies worked on.

The results, evaluated on a numerical scale from 1 to 5, show an average rating of 3,8 points (75,9 %) in relation to skills in the use of various technological and digital tools (such as podcasts, videoconferencing, radio programs, blogs), indicating an acceptable level of appropriation, although there is still room for improvement. In terms of skills for developing educational materials, the rating was lower at 3,7 (74,7 %), reflecting a significant weakness in the ability to structure and present content in an educational manner adapted to diverse rural audiences. This finding is relevant, given that the effectiveness of the extension process depends largely on the quality of the material used and the ability to translate technical knowledge into formats that are understandable and useful to producers.

Regarding knowledge of specific techniques, methodologies, and tools for rural extension, the average score was 3,2 points (64,7 %), suggesting limited training in this field, which should be reinforced in the curriculum. In contrast, higher performance was observed in the competency related to the development and use of eye-catching graphic material (images, photographs, graphics), with an average of 3,9 points (77,6 %), which shows potential in the visual design of content, although this should be better articulated with the pedagogical structure and training objectives. Finally, the ability to constantly update knowledge, which is essential in dynamic contexts such as rural areas, received an average rating of 3,8 points (75,9 %), which can be interpreted as a positive attitude towards continuous learning, although not yet fully consolidated as professional practice.

The findings show that, although progress has been made in training technological and communication skills, structural weaknesses persist in the pedagogical articulation of these skills and tools with the objectives and practices of rural extension. In particular, it is necessary to strengthen students' ability to design relevant educational materials and develop participatory methodologies that promote the appropriation of knowledge in rural communities. It is also essential to incorporate more systematically content and training experiences that integrate digital technologies into the professional practice of extension, not as an end in itself, but to improve the processes of knowledge dialogue, knowledge management, and territorial transformation. This research provides relevant input for curricular reflection in agricultural training programs while inviting us to rethink the role of universities as active players in social and technological innovation in the Colombian countryside.

Keywords: Rural development, skills, digital, technology.

Referencias

Corredor Camargo, E. S., Páez Barón, E. M. y Fonseca-Carreño, J. F. (2024). *El extensionista rural frente a la agricultura del siglo XXI*. Sello Editorial UNAD. https://doi.org/10.22490/unad.9786287786097

Landini, F. (2016). Problemas de la extensión rural en América Latina. *Perfiles Latinoamericanos, 24*(47), 47-68. https://doi.org/10.18504/pl2447-005-2016

Landini, F., Murtagh, S. y Lacanna, M. (2009). *Aportes y reflexiones desde la psicología al trabajo de extensión con pequeños productores*. Ediciones INTA.

Méndez, M. (2006). Los retos de la extensión ante una nueva y cambiante noción de lo rural. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 59*(2), 3407-3423.

Méndez, M. y Giraldo, E. (2022). Aproximación dialógica a las necesidades formativas para perfeccionar la práctica de la extensión rural con campesinos en Caldas. *Colombia. Rev. Econ. Sociol. Rural, 60*(1).

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=-1f_7i_mD0UGTOBEITABYGdiGE0ORNarVo

IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE GRANJA AGROTURÍSTICA CON ENFOQUE COMUNITARIO-PEDAGÓGICO MEDIANTE TÉCNICAS ALTERNATIVAS SOSTENIBLES EN EL MUNICIPIO DE GACHANTIVÁ (BOYACÁ)

IMPLEMENTATION OF AN AGROTOURISM FARM MODEL WITH A COMMUNITY-PEDAGOGICAL APPROACH USING SUSTAINABLE ALTERNATIVE TECHNIQUES IN THE MUNICIPALITY OF GACHANTIVÁ (BOYACÁ)

José Rosemberg Mendoza Rodríguez
jrmendozar@unadvirtual.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Manuel Torres Torres
manuel.torres@unad.edu.co
Grupo de investigación GIGASS
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

El agroturismo contribuye a mejorar el medio ambiente al desarrollar técnicas alternativas como las biodinámicas, la agricultura regenerativa y la electroagricultura, con la introducción de abonos orgánicos y la generación de energías limpias, y reemplaza paulatinamente el uso de agroquímicos, concientiza a locales y visitantes con experiencias directas en el lugar de trabajo y promueve labores de transformación de abonos orgánicos, recolección de frutos, alimentación de animales y otras actividades del agro.

La finca agroturística autónoma necesita integrar diferentes acciones que, en conjunto, logran un engranaje que la hace autosuficiente, aprovechando los recursos naturales que ofrece la geografía, como son el agua y el viento, para la generación de electricidad. Se implementan alternativas energéticas como una mini eléctrica y un aerogenerador (Posso, 2002), biodigestor, electroagricultura y agricultura regenerativa, que le aportan elementos que mejoran la estructura, condición y fertilidad del suelo, y aportan los elementos químicos necesarios para la nutrición y mejora del suelo. Para esto, se debe establecer la cría de animales, que forma un ciclo que permite la diversidad de productos, obtiene una alta rentabilidad al disminuir costos de producción y diversificar la oferta, y aplica economía circular.

Además, se implementarían tecnologías habilitadoras (Cañavate, 2024) para mejorar los procesos. Estos se harían desde un punto de vista pedagógico, con talleres teórico-prácticos en la finca y con evaluaciones comparativas. Concluyendo: para el aporte comunitario se busca servir como escuela y referente para que el modelo sea replicado en el territorio, además de usar mano de obra de la región. Y que la comunidad en general vea los resultados de la implementación de las técnicas alternativas de producción con la utilización de tecnologías habilitadoras.

Palabras clave: agroturismo pedagógico, agroturismo sostenible, energías alternativas, técnicas biodinámicas, turismo comunitario, tecnologías habilitadoras

Abstract

Agritourism contributes to improving the environment by developing alternative techniques such as biodynamics, regenerative agriculture, and electro-agriculture, with the introduction of organic fertilizers and clean energy generation. This is gradually replacing the use of agrochemicals. It also raises awareness among locals and visitors through direct workplace experiences such as organic fertilizer processing, fruit harvesting, animal feeding, and other agricultural activities.

The autonomous agrotourism farm needs to integrate different actions that together achieve a gear that makes it self-sufficient, taking advantage of the natural resources offered by geography such as water and wind, for the generation of electricity, energy alternatives are implemented such as a mini electric and a wind turbine (Posso 2002) biodigester, electro-agriculture, regenerative agriculture providing elements that improve the structure, condition, and fertility of the soil, providing the chemical elements necessary for the nutrition and improvement of the soil, for this, animal breeding must be established, forming a cycle that allows the diversity of products obtaining high profitability by reducing production costs and diversifying the offer by applying a circular economy.

In addition, enabling technologies (Cañavate 2024) to improve the processes would be done from a pedagogical standpoint, with theoretical-practical workshops on the farm and with comparative evaluations. In conclusion, the community's contribution aims to serve as a model and benchmark for replication in the region, in addition to utilizing local labor. The community as a whole will see the results of implementing alternative production techniques using enabling technologies.

Keywords: educational agrotourism, sustainable agrotourism, alternative energy, biodynamic techniques, community tourism, enabling technologies.

Referencias

Barriga Rodríguez, A. L. y Bustos Maldonado, J. A. (2020). Approaches to sustainable agrotourism in Sesquile, Cundinamarca (Vereda El Uval). *Revista de Investigaciones de Uniagraria, 8*(1), 61-69. https://doi.org/10.33133/riu-8-2020-137

Cabanilla, E. (2018). Turismo comunitario en América Latina, un concepto en construcción. *Siembra, 5*(1), 1-11. https://www.redalyc.org/journal/6538/653868369011/html/?utm_source=chatgpt.com

Cañavate Cruzado, G. (2024) *Contribución a la transformación digital industria 4.0 y sus tecnologías habilitadoras*. Universidad Politécnica de Cartagena.

Carrasquilla Águila, C. A. (2023). El agroturismo como elemento pedagógico en la finca agroturística Altos del Platanal en Cerro Plata, Distrito de Cañazas, Provincia de Veraguas. En Gobernanza, comunidades sostenibles y espacios portuarios (pp. 591-614).

Posso, F. (2002.). Energía y ambiente: pasado, presente y futuro. parte dos: sistema energético basado en energías alternativas.

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1N3sGpMZRiikRk-L3a9oQCX58zdPFDXdI

INNOVACIÓN DIGITAL PARA LA PREVENCIÓN DE INTOXICACIONES POR AGROQUÍMICOS: UNA PROPUESTA PARA EL NORTE DEL CAUCA

DIGITAL INNOVATION FOR THE PREVENTION OF AGROCHEMICAL POISONING: A PROPOSAL FOR NORTHERN CAUCA

Clara Luz Muñoz Dorado
clara.munoz@unad.edu.co
Semillero en ciencias ambientales
Grupo de estudios ambientales GEAA
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Margarita del Rosario Salazar Sánchez
margarita.salazar@unad.edu.co
Grupo de investigación Tecnogenesis
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Aldemar Eduardo Quijano Rodríguez
https://orcid.org/0009-0009-7105-400X
aequijanor@unadvirtual.edu.co
Protección, Investigación, Diversidad y Medio Ambiente - Pidma
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Laura Isabel Mejía Castro
https://orcid.org/0009-0007-2548-731X
mej.laura@outlook.com
Grupo de estudios ambientales GEA
Universidad del Cauca

Resumen

A pesar de la modernización agrícola, muchas unidades de producción en el norte del Cauca aún carecen de cobertura tecnológica adecuada, lo que incrementa los riesgos de salud asociados al uso de agroquímicos. Rehman et al. (2021), Qazi et al. (2022) y Maraveas et al. (2023) destacan el aporte del internet de las cosas a la agricultura con el monitoreo de humedad del suelo, temperatura, presencia de patógenos y optimización del uso de fertilizantes.

Las buenas prácticas agrícolas (BPA) siguen representando un desafío para los actores en las cadenas agrícolas. Esta investigación tuvo como objetivo caracterizar, a partir

de una revisión bibliográfica, experiencias de aplicaciones móviles relacionadas con el uso de agroquímicos y la salud. Con base en estos antecedentes, se propone el diseño de una interfaz de *app* dirigida a campesinos del norte del Cauca. Esta *app* integraría inteligencia artificial para sugerir alertas de riesgo, recomendaciones personalizadas y predicción de eventos según el tipo de producto y frecuencia de uso. Está dirigida a fortalecer el autocuidado, promover una gestión más segura de agroquímicos, generar registro de accidentes por su uso y mejorar la articulación entre actores del sector agrícola y sanitario en el territorio.

Se empleó la base de datos Web of Science (WoS) por su rigurosa indexación y multidisc0iplinariedad. La búsqueda se diseñó para identificar tecnologías digitales, aplicaciones móviles e IA en el contexto agrícola, vinculadas al uso de agroquímicos. La ecuación de búsqueda utilizada fue: [(agriculture OR farming) AND (pesticide OR herbicide OR agrochemical) AND (mobile OR digital OR app OR "smartphone application" OR "digital tool" OR "artificial intelligence" OR "AI system") AND (prevention OR mitigation OR control OR management OR poisoning OR exposure)]. La búsqueda se limitó a un rango temporal entre el año 2003 y 2025.

El comportamiento temporal de la producción científica relacionada con agricultura, agroquímicos y tecnologías digitales muestra un crecimiento exponencial sostenido en los últimos 20 años. En Latinoamérica, Brasil se destaca significativamente con 56 publicaciones, lo que equivale al 5,12 % del total. Esto lo sitúa como líder regional en la producción científica sobre el tema y refleja sus avances en agricultura de precisión y políticas de investigación en zonas como la Amazonía y el Cerrado, donde la presión por el uso intensivo de agroquímicos incentiva soluciones para su monitoreo y control.

Por su parte, Colombia registra 7 publicaciones (0,6 %). Si bien representa una contribución menor, evidencia una preocupación por incorporar tecnologías móviles en los procesos de vigilancia del uso de plaguicidas en comunidades campesinas expuestas. Este volumen de publicaciones es equiparable al de países europeos como Irlanda, Lituania o Marruecos, emergente y con potencial de expansión.

Perú, por otro lado, aparece con 2 publicaciones (0,18 %), una participación baja en términos absolutos, pero relevante por sus iniciativas focalizadas. Se infiere una baja densidad investigativa de estos temas en el eje andino-amazónico latinoamericano, a pesar de la alta exposición de estas poblaciones a riesgos derivados del uso inadecuado de agroquímicos. Esto subraya la priorización de políticas públicas en agricultura digital y salud ambiental, y la persistencia de brecha digital con acceso desigual a la tecnología, como lo plantean Ervin y Jussaume (2022), Bagavathiannan et al. (2021) y Tzachor et al. (2023), lo que causa desafíos en el manejo de malezas, plagas y riesgos éticos cuando de IA se trata, además de nuevas formas de gobernanza.

Existen aplicaciones multicriterio para evaluar la sostenibilidad de los cultivos, como la DEXiPM desarrollada por Pelzer et al. (2012) en Francia; sin embargo, aquí se busca recrear una aplicación cercana a la realidad de los campesinos en sus propios cultivos o monocultivos, donde trabajan la tierra, para favorecer su salud como usuarios de productos agroquímicos y la del ambiente.

En este sentido, la aplicación móvil que se propone para prevenir accidentes con agroquímicos debería estar en lengua indígena *nasa yuwe* y en español, para mayor alcance poblacional en el norte del Cauca. Debería presentar las variables de condiciones climáticas para el uso de productos, videos tutoriales con riesgos de exposición, guía interactiva con información del manejo seguro, dosis estandarizadas para cultivos más comunes de la zona del norte del Cauca, síntomas de intoxicación y primeros auxilios, así como reporte de accidentes con agroquímicos para el mapa de riesgo de la salud departamental.

Palabras clave: agroquímico, aplicación móvil, intoxicación, inteligencia artificial, buena práctica agrícola, salud ambiental.

Abstract

Title: Digital Innovation for the Prevention of Agrochemical Poisoning: A Proposal for Northern Cauca

Despite agricultural modernization, many production units in northern Cauca still lack adequate technological infrastructure, increasing the health risks associated with the use of agrochemicals. Rehman et al. (2021), Qazi et al. (2022), and Maraveas et al. (2023) highlight the potential of the Internet of Things (IoT) in agriculture through soil moisture and temperature monitoring, pathogen detection, and the optimization of fertilizer use.

Good Agricultural Practices (GAP) remain a persistent challenge for stakeholders throughout agricultural value chains. The objective of this research was to characterize, based on a literature review, experiences with mobile applications related to the use of agrochemicals and health. Building on this review, a conceptual design is proposed for a mobile application tailored to farmers in northern Cauca. This app would integrate artificial intelligence to provide real-time risk alerts, personalized recommendations, and predictive analytics based on product type and frequency of use. It is aimed at strengthening self-care, promoting safer management of agrochemicals, generating records of accidents due to their use, and improving coordination between actors in the agricultural and health sectors in the territory.

The Web of Science (WoS) database was selected for its rigorous indexing standards and multidisciplinary coverage. The search was designed to identify digital technologies,

mobile applications, and AI in the agricultural context related to the use of agrochemicals. The search equation used was [(agriculture OR farming) AND (pesticide OR herbicide OR agrochemical) AND (mobile OR digital OR app OR "smartphone application" OR "digital tool" OR "artificial intelligence" OR "AI system") AND (prevention OR mitigation OR control OR management OR poisoning OR exposure)]. The search was limited to a time range between 2003 and 2025.

The temporal analysis of scientific production on agriculture, agrochemicals, and digital technologies reveals sustained exponential growth over the last 20 years. In Latin America, Brazil stands out significantly with 56 publications, equivalent to 5,12 % of the total, positioning it as the regional leader in scientific production on the subject. This reflects its advances in precision agriculture and research policies in areas such as the Amazon and the Cerrado, where pressure from the intensive use of agrochemicals encourages solutions for their monitoring and control.

Colombia, for its part, has 7 publications (0,64 %). Although this represents a minor contribution, it shows a concern for incorporating mobile technologies into the processes of monitoring pesticide use in exposed rural communities. This volume of publications is comparable to that of European countries such as Ireland, Lithuania, and Morocco, which are emerging research contributors.

Peru, on the other hand, appears with 2 publications (0,18 %), a small number but notable for its targeted initiatives. These figures point to a low research density on these issues in the Latin American Andean-Amazonian region, despite the high exposure of these populations to risks derived from the inappropriate use of agrochemicals. This highlights the prioritization of public policies in digital agriculture and environmental health while addressing the persistent digital divide and unequal access to technology—issues highlighted by Ervin and Jussaume (2022), Bagavathiannan et al. (2021), and Tzachor et al. (2023). Such challenges are compounded by difficulties in weed and pest management, ethical considerations in AI deployment, and the emergence of new governance frameworks.

There are multi-criteria applications for assessing crop sustainability, such as DEXiPM, developed by Pelzer et al. (2012) in France. However, the aim here is to adapt an application to the specific realities of farmers in their crops or monocultures where they work the land, to safeguard both their health and the environment in which they operate.

In this sense, the mobile application proposed to prevent accidents with agrochemicals should be in the Nasa Yuwe Indigenous language and in Spanish for greater population reach in northern Cauca. Key features should include climate condition indicators for product application; tutorial videos on exposure risks; an interactive guide with information on safe handling; standardized doses for the most common crops in the northern

Cauca area; descriptions of poisoning symptoms and first-aid measures; and an accident reporting system for integration into the departmental health risk map.

Referencias

Bagavathiannan, M. V., Graham, S., Ma, Z., Barney, J. N., Coutts, S. R., Caicedo, A. L., De Clerck-Floate, R., West, N. M., Blank, L., Metcalf, A. L., Lacoste, M., Moreno, C. R., Evans, J. A., Burke, I., y Beckie, H. (2019). Considering weed management as a social dilemma bridges individual and collective interests. *Nature Plants, 5*(4), 343-351. https://doi.org/10.1038/s41477-019-0395-y

Ervin, D. E. y Frisvold, G. B. (2016). Community-Based Approaches to Herbicide-Resistant Weed Management: Lessons from Science and Practice. *Weed Science, 64*(SP1), 609-626. https://doi.org/10.1614/ws-d-15-00122.1

Maraveas, C. (2022). Incorporating Artificial Intelligence Technology in Smart Greenhouses: Current State of the Art. *Applied Sciences, 13*(1), 14. https://doi.org/10.3390/app13010014

Pelzer, E., Fortino, G., Bockstaller, C., Angevin, F., Lamine, C., Moonen, C., Vasileiadis, V., Guérin, D., Guichard, L., Reau, R. y Messéan, A. (2012). Assessing innovative cropping systems with DEXiPM, a qualitative multi-criteria assessment tool derived from DEXi. *Ecological Indicators, 18*, 171-182. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.11.019

Qazi, S., Khawaja, B. A. y Farooq, Q. U. (2022). IoT-Equipped and AI-Enabled Next Generation Smart Agriculture: A Critical Review, Current Challenges and Future Trends. *IEEE Access, 10*, 21219-21235. https://doi.org/10.1109/access.2022.3152544

Rehman, A., Saba, T., Kashif, M., Fati, S. M., Bahaj, S. A. y Chaudhry, H. (2022). A Revisit of Internet of Things Technologies for Monitoring and Control Strategies in Smart Agriculture. *Agronomy, 12*(1), 127. https://doi.org/10.3390/agronomy12010127

Tzachor, A., Devare, M., King, B., Avin, S. y Ó hÉigeartaigh, S. (2022). Responsible artificial intelligence in agriculture requires systemic understanding of risks and externalities. *Nature Machine Intelligence, 4*(2), 104-109. https://doi.org/10.1038/s42256-022-00440-4

Keywords: agrochemical, mobile app, poisoning, artificial intelligence, good agricultural practice, environmental health

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1c-fnl1J6g_NPj4NOboPMcgZd6iAaIaCj

SIG AL SERVICIO DEL PAISAJE URBANO: GESTIÓN SOSTENIBLE DE ÁREAS VERDES EN JAMUNDÍ- VALLE DEL CAUCA

GIS FOR THE URBAN LANDSCAPE: SUSTAINABLE MANAGEMENT OF GREEN AREAS IN JAMUNDÍ, VALLE DEL CAUCA

Shirley Andrea Rodríguez Espinosa
shirley.rodriguez@unad.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Raúl Vargas Vargas
raul.vargas@unad.edu.co
Grupo de investigación GIES
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

El presente estudio se centra en la gestión sostenible de las áreas verdes urbanas a través de la aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el municipio de Jamundí, Valle del Cauca. La investigación se fundamenta en la necesidad de disponer de herramientas técnicas y científicas que permitan optimizar la planificación ambiental en entornos urbanos, donde el crecimiento poblacional y la presión antrópica generan constantes desafíos para la conservación de los recursos naturales. En este contexto, se llevó a cabo un inventario forestal en un condominio residencial, empleando herramientas SIG para la caracterización ambiental de las zonas verdes. El propósito central consistió en generar información precisa y confiable para la zonificación, la evaluación del estado de la vegetación y el establecimiento de la conectividad ecológica entre los fragmentos de cobertura vegetal.

El proceso metodológico inició con la recopilación de datos geoespaciales mediante el uso de sensores remotos y trabajo de campo, lo que permitió identificar, clasificar y registrar de manera detallada las especies arbóreas presentes. Se diseñó una base de datos geográfica en la que se incorporaron parámetros dendrométricos —como altura total, diámetro a la altura del pecho (DAP) y cobertura de copa—, además de indicadores sobre condiciones fitosanitarias y la localización exacta de cada ejemplar. Posteriormente, mediante el análisis SIG, se lograron delinear unidades ambientales diferenciadas, estableciendo criterios de zonificación en función de la composición florística, el nivel de intervención antrópica y la capacidad de prestación de servicios ecosistémicos de cada área.

El inventario forestal no solo permitió conocer la estructura y diversidad de la vegetación existente, sino que también evidenció la distribución espacial y la concentración de especies con alto valor ecológico y ornamental. A partir de estos resultados, fue posible formular estrategias de manejo, conservación y recuperación de corredores ecológicos, lo que garantiza una mejor integración de las áreas verdes dentro del entramado urbano. Asimismo, se exploraron los distintos usos del suelo para proyectar posibles rutas de conectividad ecológica, con el fin de optimizar la integración funcional de los espacios verdes y, al mismo tiempo, fomentar la resiliencia ambiental del condominio frente a los efectos del cambio climático y la urbanización acelerada.

El uso de SIG representó una ventaja significativa al posibilitar la elaboración de mapas temáticos que mostraron la distribución de las especies, el grado de fragmentación de la vegetación y los patrones de conectividad entre fragmentos arbóreos. Estos insumos facilitaron la aplicación de algoritmos de análisis espacial orientados a identificar la continuidad de la cobertura forestal y sus interacciones con otras unidades ambientales del municipio. En consecuencia, se dispuso de información estratégica para la planificación territorial, la definición de prioridades de intervención y la implementación de políticas de gestión sostenible de las áreas verdes urbanas.

Entre los hallazgos más relevantes se destaca que la heterogeneidad de las especies presentes, así como su distribución desigual, constituyen un factor clave para diseñar planes de arborización y restauración urbana. Igualmente, se identificó que las especies con mayor valor ecológico pueden funcionar como nodos de conectividad en la red de infraestructura verde, favoreciendo el flujo de biodiversidad entre parches y fragmentos aislados. Estos aspectos resultan fundamentales para mantener la funcionalidad ecológica del ecosistema urbano, al tiempo que contribuyen al mejoramiento del paisaje y al bienestar de los habitantes.

La experiencia de Jamundí demuestra que la gestión de áreas verdes urbanas mediante herramientas SIG trasciende el ámbito descriptivo y se convierte en un instrumento de planificación participativa.

En conclusión, la aplicación de Sistemas de Información Geográfica en la caracterización ambiental e inventario forestal de las zonas verdes urbanas constituye una estrategia altamente efectiva para orientar la planificación ecológica de Jamundí. Este enfoque multidisciplinario no solo facilita la conservación de los recursos naturales, sino que también fortalece la integración de la vegetación dentro del contexto urbano, promoviendo el equilibrio entre desarrollo y sostenibilidad. De esta manera, se contribuye a garantizar un entorno más saludable, resiliente y armónico para la comunidad, en el que las áreas verdes cumplen un rol esencial en la calidad de vida y en la preservación de la biodiversidad local.

Palabras clave: sistemas de información geográfica, inventario forestal, zonificación ambiental, conectividad ecológica, gestión sostenible, análisis geoespacial, planificación territorial.

Abstract

This study focuses on the sustainable management of urban green areas through the application of Geographic Information Systems (GIS) in the municipality of Jamundí, Valle del Cauca. The research is based on the need for technical and scientific tools to optimize environmental planning in urban environments, where population growth and anthropogenic pressure generate constant challenges for the conservation of natural resources. In this context, a forest inventory was conducted in a residential condominium, using GIS tools for the environmental characterization of green areas. The central objective was to generate accurate and reliable information for zoning, assessing vegetation status, and establishing ecological connectivity between vegetation cover fragments.

The methodological process began with the collection of geospatial data using remote sensing and fieldwork, which allowed for the identification, classification, and detailed recording of the tree species present. A geographic database was designed, incorporating dendrometric parameters—such as total height, diameter at breast height (DBH), and canopy cover—as well as indicators of phytosanitary conditions and the exact location of each specimen. Subsequently, through GIS analysis, distinct environmental units were delineated, establishing zoning criteria based on the floristic composition, level of human intervention, and the capacity of each area to provide ecosystem services.

The forest inventory not only provided insight into the structure and diversity of the existing vegetation but also revealed the spatial distribution and concentration of species with high ecological and ornamental value. Based on these results, it was possible to formulate strategies for the management, conservation, and restoration of ecological corridors, ensuring better integration of green areas within the urban framework. Likewise, different land uses were explored to project possible ecological connectivity routes, aiming to optimize the functional integration of green spaces and, at the same time, foster the environmental resilience of the condominium against the effects of climate change and accelerated urbanization.

The use of GIS represented a significant advantage, enabling the development of thematic maps that showed species distribution, the degree of vegetation fragmentation, and connectivity patterns between tree fragments. These inputs facilitated the application of spatial analysis algorithms aimed at identifying the continuity of forest cover and its interactions with other environmental units in the municipality. Consequently, strategic information was available for territorial planning, the definition of intervention priorities, and the implementation of sustainable management policies for urban green areas.

Among the most relevant findings, it is worth highlighting that the heterogeneity of the species present, as well as their uneven distribution, constitutes a key factor in designing urban tree planting and restoration plans. Likewise, it was identified that species with the greatest ecological value can function as connectivity nodes in the green infrastructure network, promoting the flow of biodiversity between isolated patches and fragments. These aspects are essential for maintaining the ecological functionality of the urban ecosystem while contributing to the improvement of the landscape and the well-being of its inhabitants.

The Jamundí experience demonstrates that the management of urban green areas using GIS tools transcends the descriptive realm and becomes a tool for participatory planning.

In conclusion, the application of GIS in the environmental characterization and forest inventory of urban green areas constitutes a highly effective strategy for guiding Jamundí's ecological planning. This multidisciplinary approach facilitates the conservation of natural resources and strengthens the integration of vegetation within the urban context, promoting a balance between development and sustainability. In this way, it contributes to ensuring a healthier, more resilient, and harmonious environment for the community, in which green areas play an essential role in the quality of life and the preservation of local biodiversity.

Keywords: GIS, forest inventory, environmental zoning, ecological connectivity, sustainable management, geospatial analysis, territorial planning.

Referencias

Alcaldía Municipal de Jamundí. (2012). *Programa agropecuario del municipio de Jamundí 2012–2015*. https://es.scribd.com/document/416321436/Programa-Agropecuario-Del-Municipio-de-Jamundi-2012-2015

Alcaldía Municipal de Jamundí. (2020). *Plan de Desarrollo Municipal 2020–2023: Jamundí Somos Todos*. https://fr.scribd.com/document/462771114/Plan-de-Desarrollo-de-Jamundi-28-febrero-2020

Chamat, K. (2024). Saneamiento ecológico en áreas urbanas. Enfrentando el cambio climático con soluciones basadas en la naturaleza. *Bitácora Urbano Territorial, 34*(2), 114-125. https://doi.org/10.15446/bitacora.v34n2.113545

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=-1fzow1Fnx0sM-AchWJtfkNnl4J4tqkDxK

EVALUACIÓN DE LAS ÁREAS QUEMADAS DURANTE EL MEGAINCENDIO DE NATAGAIMA (TOLIMA) EN 2024 UTILIZANDO SENSORES REMOTOS SATELITALES

ASSESSMENT OF AREAS BURNED DURING THE NATAGAIMA (TOLIMA) MEGAFIRE IN 2024 USING SATELLITE REMOTE SENSING

Mauricio Alejandro Perea-Ardila
mapereaa@ut.edu.co
Universidad del Tolima

Paulo J. Murillo-Sandoval
pjmurillos@ut.edu.co
Infraestructura, Geotecnia Vial y Topografía – Ingevit
Universidad del Tolima

Resumen

El estudio tuvo como objetivo principal evaluar las áreas quemadas, delimitar la cicatriz del incendio, determinar su intensidad y severidad e identificar las coberturas de la tierra afectadas. Los incendios forestales en Colombia son un fenómeno recurrente, exacerbado por factores como las épocas de sequía asociadas al fenómeno de El Niño y actividades humanas, como la quema agrícola y ganadera.

El estudio destaca la importancia de los sensores remotos para analizar la extensión, intensidad y severidad de los incendios. Se utilizaron imágenes de alta resolución de PlanetScope y datos de focos de calor del sensor VIIRS. Para el análisis, se utilizaron dos imágenes multiespectrales de PlanetScope (pre y postincendio) con una resolución espacial de 3 m. También se descargaron datos de focos de calor del sensor VIIRS para identificar puntos de alta intensidad del fuego, utilizando la técnica de Fire Radiative Power (FRP). Para delimitar las áreas quemadas, se dibujó un polígono a partir de una combinación de bandas espectrales.

Para estimar la severidad, se empleó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), que mide la salud y densidad de la vegetación, y el Delta NDVI (dNDVI), que compara el NDVI antes y después del incendio. La severidad se clasificó en “No quemado”, “Baja”, “Moderada” y “Alta”, según rangos de dNDVI. Finalmente, se combinó la capa de severidad del incendio con la capa de cobertura terrestre para evaluar el impacto en diferentes tipos de vegetación. El análisis reveló que el área quemada (AQ) totalizó

7794,11 hectáreas, lo que equivale al 8,17 % del territorio de Natagaima. El incendio afectó principalmente a Natagaima (90,41 % del AQ), pero también a los municipios vecinos de Prado, Alpujarra y Dolores. El FRP máximo alcanzó 66,5 MW, lo que indica una intensidad moderada del fuego en el evento.

El análisis de severidad mostró que el 49,6 % del área quemada presentó una severidad baja. Este tipo de afectación se caracterizó por daños superficiales en el suelo y la vegetación herbácea y arbustiva, con una baja mortalidad de árboles grandes. En contraste, el 28,4 % del área mostró una severidad moderada, que afectó más intensamente la vegetación secundaria y los herbazales densos. La vegetación secundaria, que consiste en árboles de dosel irregular, arbustos y enredaderas, fue una de las coberturas más afectadas.

El estudio también identificó que las áreas no quemadas, que representan el 21,8 % del área analizada, se concentraron en la zona suroeste del área afectada. La disminución en la reflectancia de la banda del infrarrojo cercano (NIR) en las imágenes posincendio confirma la pérdida de biomasa viva, lo que demuestra la magnitud del impacto del fuego.

El estudio concluyó que la distribución espacial del área quemada y las zonas no afectadas subraya la interacción de factores ecológicos, topográficos y humanos en la propagación de incendios. La vulnerabilidad de Natagaima se atribuye a la continuidad del paisaje y a la prevalencia de vegetación susceptible al fuego. La investigación demuestra que los sensores remotos, como las imágenes PlanetScope y el análisis del NDVI, son herramientas fundamentales para evaluar la severidad de los incendios y sus impactos.

Los resultados resaltan la importancia de identificar áreas de baja severidad, que pueden servir como fuentes de semillas para la restauración, y áreas de severidad moderada, que requieren intervenciones más urgentes debido a la mayor pérdida de biomasa. El estudio enfatiza la necesidad de estrategias de manejo del fuego que incluyan monitoreo, prevención y restauración para mitigar los efectos de futuros eventos.

Palabras clave: DNDVI, imágenes satelitales, incendio forestal, intensidad, severidad.

Abstract

The objective of the study was to evaluate burned areas, delineate the fire scar, determine fire intensity and severity, and identify the impact on the land cover types impacted. Wildfires in Colombia are a recurring phenomenon, exacerbated by factors such as drought periods associated with the El Niño climate pattern and human activities, including agricultural and pastoral burning.

This study underscores the critical role of remote sensing in analyzing the extent, intensity, and severity of wildfires. High-resolution PlanetScope satellite imagery and thermal hotspot data from the VIIRS sensor were employed. Two multispectral PlanetScope images (pre- and post-fire), with a spatial resolution of 3 meters, were used for analysis. Additionally, VIIRS thermal hotspot data were acquired to identify high-intensity fire points using the Fire Radiative Power (FRP) technique. To delineate the burned areas, a polygon was manually drawn based on a combination of spectral bands.

For severity assessment, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)—a measure of vegetation health and density—and the Delta NDVI (dNDVI), which compares NDVI values before and after the fire, were calculated. Burn severity was classified into 4 categories—"Unburned," "Low," "Moderate," and "High"—based on dNDVI value ranges. Finally, the burn severity layer was overlaid with the land cover classification layer to assess the fire's impact across different vegetation types. The analysis revealed a total burned area (BA) of 7,794,11 hectares, representing 8,17 % of Natagaima's total territory. The fire primarily affected Natagaima (90,41 % of the BA) but also spread into neighboring municipalities, including Prado, Alpujarra, and Dolores. The maximum FRP reached 66,5 MW, indicating moderate fire intensity during the event.

Severity analysis showed that 49,65 % of the burned area experienced low-severity, characterized by superficial soil and herbaceous or shrub-layer damage, with low mortality of large trees. In contrast, 28,46 % of the area exhibited moderate-severity, with more intense impacts on secondary vegetation and dense grasslands. Secondary vegetation comprising irregular canopy trees, shrubs, and vines was among the most affected land cover types.

The study also identified unburned areas, accounting for 21,85 % of the analyzed region, which were concentrated in the southwestern portion of the fire-affected zone. A marked decrease in near-infrared (NIR) band reflectance in post-fire imagery confirmed the loss of live biomass, highlighting the significant ecological impact of the fire.

The study concluded that the spatial distribution of burned and unburned zones reflects the complex interplay of ecological, topographical, and anthropogenic factors influencing fire spread. Natagaima's vulnerability is attributed to landscape continuity and the prevalence of fire-prone vegetation. The research demonstrates that remote sensing tools, particularly PlanetScope imagery and NDVI-based analysis, are essential for assessing fire severity and ecological impacts.

Results emphasize the importance of identifying low-severity areas, which may serve as seed sources for natural regeneration, and moderate-severity zones, which require more urgent restoration interventions due to greater biomass loss. The study undersco-

res the need for comprehensive fire management strategies incorporating monitoring, prevention, and post-fire restoration to mitigate the impacts of future wildfire events.

Keywords: dNDVI, satellite images, forest fire, intensity, severity.

Referencias

Armenteras, D., González, T. M., Vargas, J. O., Meza Elizalde, M. C. y Oliveras, I. (2020). Incendios en ecosistemas del norte de Suramérica: Avances en la ecología del fuego tropical en Colombia, Ecuador y Perú. *Caldasia, 42*(1), 1-16. https://doi.org/10.15446/caldasia.v42n1.77353

Chuvieco, E., Mouillot, F., Van Der Werf, G. R., San Miguel, J., Tanase, M., Koutsias, N., García, M., Yebra, M., Padilla, M., Gitas, I., Heil, A., Hawbaker, T. J. y Giglio, L. (2019). Historical background and current developments for mapping burned area from satellite Earth observation. *Remote Sensing of Environment, 225*, 45-64. https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.02.013

Fernández-García, V. y Alonso-González, E. (2023). Global Patterns and Dynamics of Burned Area and Burn Severity. *Remote Sensing, 15(*13), 3401. https://doi.org/10.3390/rs15133401

Pham-Duc, B. y Nguyen, H. (2024). Remote sensing assessment of wildfire using high-resolution PlanetScope satellite observations: A case study on Co Tien Mountain, Nha Trang City, Vietnam. *Journal of Degraded and Mining Lands Management, 12*(1), 6491-6499. https://doi.org/10.15243/jdmlm.2024.121.6491

Szpakowski, D. y Jensen, J. (2019). A Review of the Applications of Remote Sensing in Fire Ecology. *Remote Sensing, 11*(22), 2638. https://doi.org/10.3390/rs11222638

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=12Scn4jHzfqakP6hSsjJto2nsO_a-gFf8

EL BIG DATA COMO HERRAMIENTA DE ECONOMÍA CIRCULAR EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN LA CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA

BIG DATA AS A CIRCULAR ECONOMY TOOL IN WASTE MANAGEMENT IN THE AUTONOMOUS CITY OF BUENOS AIRES (ARGENTINA)

Damileth de Armas Duarte
damileth.armas@unad.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Raúl Peralta
raul.peralta@unad.edu.co
Grupo de investigación ZOOBIOS
Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Resumen

Las grandes ciudades merecen ser objeto de estudio, ya que su alto conglomerado poblacional y el desarrollo económico acelerado evidencian los problemas ambientales a los que se enfrentan. El Banco Mundial ha estimado un aumento global del 70 % en la generación de residuos para 2050 si no se abordan las prácticas actuales. Este aumento de los residuos plantea importantes desafíos ambientales, económicos y de salud pública. Las técnicas tradicionales de gestión de residuos, es decir, el vertido en vertederos y la incineración, han provocado una degradación ambiental sustancial, que incluye la contaminación del suelo y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (De Armas, 2022).

Por ello, la gestión urbana requiere un enfoque integral que contemple la incorporación de herramientas tecnológicas sostenibles que fomenten la economía circular, lo que permite el desarrollo de ciudades más eficientes y organizadas. Tecnologías como el Big Data hacen posible este avance al integrarse en la vida cotidiana de las ciudades, posibilitando la toma de decisiones precisas y en tiempo real para optimizar los procesos de segregación, recolección y disposición final de residuos. El Big Data es un término acuñado por la sociedad del conocimiento para denotar grandes datos, los cuales surgen como respuesta a la proliferación de datos a gran escala, cuyo procesamiento ya no podía realizarse por los ordenadores clásicos, según las opiniones de Mayer y Cukier (2013).

En este contexto, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), una de las metrópolis más importantes de Sudamérica, enfrenta desafíos significativos en materia de residuos urbanos, lo que la convierte en un escenario clave para analizar la aplicación de tecnologías emergentes. El presente trabajo tiene como objetivo estudiar el impacto del Big Data en la gestión de residuos de la ciudad, evaluando sus ventajas, desafíos y potenciales efectos en el marco de una economía circular.

Para ello, se adopta una metodología de investigación exploratoria-descriptiva, basada en un enfoque mixto. A partir del análisis y la combinación de técnicas, métodos, aproximaciones, conceptos o lenguajes cualitativo y cuantitativos dentro de una misma investigación (Johnson y Onwuegbuzie, 2004, citado en Vildósola, 2009). La investigación se delimita temporalmente desde la implementación de la Ley Basura Cero en 2005 hasta el año 2020, cuando se declaró la inconstitucionalidad de la Ley 5966, que habilitaba la incineración de residuos en la ciudad.

El estudio combina técnicas cualitativas y cuantitativas para comprender la ineficiencia del actual sistema de gestión de residuos. Se aplicó una recolección de datos de forma concurrente y secuencial, utilizando la triangulación como estrategia para obtener una comprensión más profunda, rica e interpretativa del fenómeno investigado. Esta integración metodológica permite evaluar no solo la viabilidad técnica y económica del Big Data en la gestión de residuos, sino también sus implicancias sociales, ambientales y legales.

Para poder cumplir con el objetivo central de la investigación, el trabajo de campo se realizó durante los años 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020.

De este modo, el abordaje empírico fue posible mediante la utilización de distintas técnicas a través de fuentes primarias y secundarias. Las primeras se basaron en veinticinco (25) entrevistas semiestructuradas en profundidad, aplicadas individualmente a aquellos actores relacionados con el campo social de los residuos sólidos urbanos; mientras las segundas corresponden al análisis documental de informes oficiales del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, la Dirección General del Reciclado (DGREC) y los estudios de la composición de los RSU elaborados por la FIUBA – CEAMSE en el año 2016.

En definitiva, el uso del Big Data puede transformar la manera en que Buenos Aires gestiona sus residuos, alineando su política ambiental con los principios de sostenibilidad y circularidad. Sin embargo, su implementación debe ser cuidadosamente planificada, considerando el marco normativo vigente, los derechos ambientales, la participación ciudadana y la equidad en el acceso a la tecnología.

Palabras clave: gestión de residuos, *big data*, economía circular, aprovechamiento, tratamientos.

Abstract

Large cities deserve to be studied, as their high population density and accelerated economic development highlight the environmental problems they face. The World Bank has estimated a 70 % global increase in waste generation by 2050 if current practices are not addressed. This increase in waste poses significant environmental, economic, and public health challenges. Traditional waste management techniques, namely landfilling and incineration, have led to substantial environmental degradation, including soil contamination and greenhouse gas (GHG) emissions (De Armas, 2022).

Therefore, urban management requires a comprehensive approach that includes the incorporation of sustainable technological tools that promote the circular economy, enabling the development of more efficient and organized cities. Technologies such as Big Data make this progress possible by integrating them into the daily life of cities, enabling accurate, real-time decision-making to optimize waste segregation, collection, and final disposal processes. Big Data is a term coined by the knowledge society to denote large data. These emerge as a response to the proliferation of large-scale data, the processing of which could no longer be carried out by traditional computers, according to Mayer and Cukier (2013).

In this context, the Autonomous City of Buenos Aires (CABA), one of the most important metropolises in South America, faces significant challenges in urban waste management, making it a key setting for analyzing the application of emerging technologies. This paper aims to study the impact of Big Data on the city's waste management, assessing its advantages, challenges, and potential effects within the framework of a circular economy.

To this end, an exploratory-descriptive research methodology is adopted, based on a mixed approach. It is based on the analysis and combination of qualitative and quantitative techniques, methods, approximations, concepts, and languages within a single investigation (Johnson and Onwuegbuzie, 2004, cited in Vildósola, 2009). The investigation is limited in time from the implementation of the Zero Waste Law in 2005 to 2020, when Law 5966, which authorized waste incineration in the city, was declared unconstitutional.

The study combines qualitative and quantitative techniques to understand the inefficiency of the current waste management system. Data collection was applied concurrently and sequentially, using triangulation as a strategy to obtain a deeper, richer, and more interpretive understanding of the phenomenon under investigation. This methodological integration allows for the evaluation not only of the technical and economic viability of Big Data in waste management but also of its social, environmental, and legal implications.

To fulfill the central objective of the research, fieldwork was conducted during 2016, 2017, 2018, 2019, and 2020.

Thus, the empirical approach was made possible by utilizing different techniques through primary and secondary sources. The first consisted of 25 (25) in-depth semi-structured interviews conducted individually with those actors involved in the social field of urban solid waste, while the second consisted of documentary analysis of official reports from the Government of the City of Buenos Aires, the General Directorate of Recycling (DGREC), and studies on the composition of MSW prepared by FIUBA-CEAMSE in 2016.

Ultimately, the use of Big Data can transform the way Buenos Aires manages its waste, aligning its environmental policy with the principles of sustainability and circularity. However, its implementation must be carefully planned, considering the current regulatory framework, environmental rights, citizen participation, and equity in access to technology.

Keywords: Waste management, Big Data, circular economy, utilization, treatments

Referencias

Agencia para el Registro de las Sustancias Tóxicas y Enfermedades. (2001). *Landfill Gas Primer, An Overview for Environmental Health Professionals*. www.atsdr.cdc.gov/HAC/landfill/html/intro.htm l

Alonso, C. J. (2019). *Big Data: qué es y cómo funciona*. https://bit.ly/35u7frl

Análisis y Recomendaciones para el cumplimiento de la Ley 1854. Informe presentado por la Comisión de Asesoramiento Técnico Basura Cero Ley 1854, en fecha noviembre 2013. febrero 2017.

Basura Cero. GAIA. (2008). *Alianza Global para Alternativas a la Incineración*. https://www.sannicolas.gov.ar/ecohabitos/materialdelectura/basuracerosolucionin tegral.pdf

Centro de Estudios Nuevo Milenio (2020). *Sondeo de Opinión sobre GIRSU en CABA en 2016*. http://www.centronuevomilenio.org/

Clean Production Action. (2004). *Toxics Use Reduction, A Success Story from the US*. www.cleanproduction.org/Cmanufacuturing/to xic_use.htm en2004

Consejo Económico y Social de CABA. (2020). *Encuesta sobre RSU en CABA*. www.cesba.gob.ar

De Armas, D. (2022). *La gestión de los residuos sólidos en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Marco de implementación de la Ley Basura Cero y nuevas alternativas de manejo integral* (2016-2020).

Diario La Nación. (2001, 1.º de julio). Las crisis como motores de cambios en las políticas de residuos.

Diario La Nación. (2019, 3 de abril). Otra Planta del CEAMSE genera energía renovable con la basura.

Diario Tiempo Argentino, (18, 23 de abril). Como la Ciudad incumple la ley de basura cero, busca cambiarla.

En Camino hacia Basura Cero. (2016). *Alianza Global para Alternativas a la Incineración Éxitos y lecciones alrededor del mundo.* http://otrosmundoschiapas.org/index.php/temas-analisis/1934capitalismo/residuos/220ecamino-hacia-basura-cero-exitos-y-lecciones-del mundo

Endesa. (2020). *Smart Cities.* https://bit.ly/2Z8oIEz.

Gúber R. (2001), La etnografía método, campo y reflexividad. *Enciclopedia latinoamericana de sociocultura y comunicación.* https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2016/01/etnografi-a- Me-todo-campo-reflexividad.pdf

Johnson, B. y Onwuegbuzie, A. (2004). Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come. *Educational Researcher, 33*(7), 14-26. http://edr. sagepub.com/cgi/content/abstract/33/7/14

Mayer, V. y Cukier, K. (2013). *Big Data. La revolución de los datos masivos* (1.ª. Ed.). A. Iriarte (Trad.). Editorial Turner Noema.

Ministerio de Modernización Argentino, Secretaría de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2020). *Internet de las Cosas*. https://bit.ly/2Wgw0D7

Ministerio del Interior y Transporte. (2011). *Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos*. Presidencia de la Nación.

Zubizarreta, M., Cuadrado, J., Orbe, A. y García, H. (2019). Modeling the environmental sustainability of timber structures: A case study. Environmental Impact Assessment Review, 78, 106286. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2019.106286

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1-OLy0H7Ay1dCR747pwdg-bat_pEl6Cr2

ANÁLISIS DEL CICLO DE PIRÓLISIS, DISPOSICIÓN FINAL DE ENVASES DE PLAGUICIDAS: EMPRESA BIOECOLÓGICA SAS (BOYACÁ, COLOMBIA)

ANALYSIS OF THE PYROLYSIS CYCLE, FINAL DISPOSAL OF PESTICIDE CONTAINERS: EMPRESA BIOECOLÓGICA SAS (BOYACÁ, COLOMBIA)

Viviana Marcela Rodríguez Zambrano
vivianamarcela.rodriguez@uptc.edu.co
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

María De Pilar Triviño Restrepo
pilar.trivino@uptc.edu.co
Grupo Interdisciplinario e Interinstitucional de Investigación de Carbones y Carboquímica (GIC)
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Dalia Soraya Useche Villamizar
https://orcid.org/0000-0003-0594-023X
dalia.useche@uptc.edu.co
Agroecología, Biodiversidad Y Educación Ambiental
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Resumen

El sector agrícola en Colombia ha propiciado el uso excesivo de plaguicidas para el mejoramiento de la producción agrícola y la erradicación de plagas (Hurtado y Gutiérrez, 2005); el país ocupa el tercer puesto en el consumo de plaguicidas en Latinoamérica (después de Brasil y México), y supera los 28 millones de kilogramos anuales de consumo (Andina, 2018). Aun así, este sector cubre el 50 % de las divisas colombianas. Aunque los plaguicidas son insumos fundamentales para el desarrollo agrícola, de estos se generan envases vacíos que se convierten en productos peligrosos para el medio natural y la salud humana, ya que contienen sustancias tóxicas (Avellaneda, 2013).

No es usual la correcta disposición final de estos desechos; generalmente, los envases son reutilizados para consumo humano o animal, o su disposición se dirige a fuentes hídricas, suelos, enterramiento o quemas a cielo abierto. Esto contribuye a problemáticas ambientales (debilitamiento de la capa de ozono y calentamiento global). Por lo anterior, la presente investigación buscó determinar si la técnica de pirólisis (análisis de ciclo de

vida) es una alternativa que disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero y apoya el manejo de los envases plásticos de plaguicidas.

Se realizó el análisis de ciclo de vida puerta a puerta del proceso de pirólisis en la empresa Bioecológica S.A.S. (Leiva, 2016), utilizando: 1. Análisis de pirólisis, metodología de la norma UNE-EN ISO 14040, que establece la técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto. 2. Identificación de impactos ambientales bajo la matriz de Vicente Conesa, que permite identificar y valorar de forma detallada las amenazas ambientales que una actividad pueda llegar a generar (Castillo, 2010), y 3. Medición de la huella de carbono como indicador ambiental de la cantidad de gases contaminantes causantes del efecto invernadero durante el ciclo de vida de un producto (FOESA, 2013), que tuvo como referente la metodología ISO-14064 y la metodología para el cálculo de la huella de carbono corporativa a nivel sectorial.

Los resultados determinan un proceso amigable con el medio ambiente, sin presencia de impactos ambientales negativos identificados, ya que su calificación está por debajo de 25 según el método CONESA, por lo que es compatible con el medio ambiente. Esta técnica contribuye a la economía circular y permite la recuperación, aprovechamiento y valorización de residuos; respecto a la huella de carbono, se registraron valores de 0,113 kg CO_2 equivalente cuando se realiza la pirólisis con combustible de aceite quemado y de 0,019 kg CO_2 equivalente con el *syngas* que produce el mismo reactor.

Estos valores reflejan una similitud con procesos de pirólisis de plástico que oscilan entre 0,45 y 1,10 kg CO_2 (Jeswani et al., 2021), y son bajos respecto a la huella de carbono obtenida en el proceso de incineración de envases de plástico de tipo polietileno y polipropileno (≈2,5 a 3 kg CO_2 por cada kilogramo incinerado; Rigamonti et al., 2014); esto indica que en la empresa BIOECOLÓGICA S.A.S. existe un proceso optimizado apoyado en fuentes limpias de energía; además, se utilizan absolutamente todos los excedentes del proceso, tales como el *syngas*, aceite pirolítico y negro de carbono, y se recupera parte de los productos del proceso para recircularlos y evitar emisiones como el vapor del agua.

Palabras clave: análisis de ciclo de vida, pirólisis, huella de carbono, *syngas*, economía circular.

Abstract

The agricultural sector in Colombia has propitiated the excessive use of pesticides for the improvement in agricultural production and pest eradication (Hurtado and Gutiérrez, 2005); the country ranks third in pesticide consumption in Latin America (after Brazil and Mexico) and exceeds 28 million kilograms per year of consumption (Andina, 2018).

Even so, this sector covers 50 % of Colombian foreign exchange. Although pesticides are fundamental inputs for agricultural development, empty containers are generated from these that become hazardous products for the natural environment and human health as they contain toxic substances (Avellaneda, 2013).

The correct final disposal of these wastes is not usual; generally, the containers are reused for human or animal consumption, or their disposal is taken to water sources, soils, burial, or open burning, which contributes to environmental problems (weakening of the ozone layer and global warming). Therefore, this research sought to determine whether the pyrolysis technique (life cycle analysis) is an alternative that reduces greenhouse gas emissions and supports the management of plastic pesticide containers.

A door-to-door life cycle analysis of the pyrolysis process in the company Bioecológica SAS (Leiva, 2016) was performed using 1. Pyrolysis analysis, methodology of the UNE-EN ISO 14040 standard, which establishes the technique to determine the environmental aspects and potential impacts associated with a product. 2. identification of environmental impacts under the Vicente Conesa matrix, which allows identifying and assessing in detail the environmental threats that an activity may generate (Castillo, 2010); and 3. carbon footprint measurement as an environmental indicator of the amount of polluting gases that cause the greenhouse effect during the life cycle of a product (FOESA, 2013) using the ISO-14064 methodology and methodology for calculating the corporate carbon footprint at the sectorial level as a reference.

The results determine an environmentally friendly process without the presence of identified negative environmental impacts, since its rating is below 25 according to the Conesa method, being compatible with the environment; this technique contributes to the circular economy and allows the recovery, use, and valorization of waste; respect to the carbon footprint, values of 0,113 kg CO_2 equivalent were recorded when pyrolysis is performed with burned oil fuel and 0,019 kg CO_2 equivalent with the syngas produced by the same reactor.

These values reflect a similarity with plastic pyrolysis processes that range from 0,45 to 1,10 kg CO_2 (Jeswani et al., 2021), being low regarding the carbon footprint obtained in the incineration process of polyethylene and polypropylene-type plastic containers (≈2,5 to 3 kg CO_2 per kilogram incinerated; Rigamonti et al., 2014). This indicates that in the company Bioecológica SAS there is an optimized process supported by clean energy sources. In addition, absolutely all process surpluses, such as syngas, pyrolytic oil, and carbon black, are used, and part of the process products are recovered to recirculate them and avoid emissions such as water vapor.

Keywords: life cycle assessment, pyrolysis, carbon footprint, syngas, circular economy.

Referencias

Avellaneda, A. (2013). *Gestión Ambiental y Planificación del Desarrollo.*

Comunidad Andina. (2018). *Secretaría General. Resolución N.° 2075. 5*(2), 4202-4208.

Hurtado, C. y Gutiérrez, M. (2005). Enfoque del paciente con intoxicación aguda por plaguicidas organosfosforados. *Revista de la Facultad de Medicina, 53*(4), 244-258.

Jeswani, H., Krüger, C., Russ, M., Horlacher, M., Antony, F., Hann, S. y Azapagic, A. (2021). Life cycle environmental impacts of chemical recycling via pyrolysis of mixed plastic waste in comparison with mechanical recycling and energy recovery. *Science of the Total Environment, 769*, 144483. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144483

Leiva, E. H. (2016). *Análisis de ciclo de vida.* Escuela de Organización Industrial.

Martínez Castillo, R. (2010). La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual. *Revista Electrónica Educare, 14*(1), 97-111. https://doi.org/10.15359/ree.14-1.9

Palmay, P., Haro, C., Huacho, I., Barzallo, D. y Bruno, J. C. (2022). Production and Analysis of the Physicochemical Properties of the Pyrolytic Oil Obtained from Pyrolysis of Different Thermoplastics and Plastic Mixtures. *Molecules, 27*(10), 3287. https://doi.org/10.3390/molecules27103287

Rigamonti, L., Grosso, M., Møller, J., Martínez Sánchez, V., Magnani, S. y Christensen, T. H. (2014). Environmental evaluation of plastic waste management scenarios. *Resources, Conservation and Recycling, 85*, 42-53. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.12.012

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=-1JjMd7GNvlJERQH-1nHPGZprpK1Dp5yse

EFECTOS DEL INGREDIENTE ACTIVO GLIFOSATO SOBRE PARÁMETROS DE CALIDAD DE SEMILLAS DE TRES ESPECIES DE FRUTALES AMAZÓNICOS EN LA REGIÓN CAQUETÁ (COLOMBIA)

EFFECTS OF THE ACTIVE INGREDIENT GLYPHOSATE ON SEED QUALITY PARAMETERS OF THREE AMAZONIAN FRUIT SPECIES IN THE CAQUETÁ REGION (COLOMBIA)

Ismael Dussan Huaca
ismael.dussan@unad.edu.co
Semillero de investigación La Minga
Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)

Cristian David Plaza Pérez
cristian.plaza@unad.edu.co
Grupo de investigación Inyumacizo
Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)

Resumen

Esta investigación evaluó el impacto de dosis variables del herbicida glifosato en la germinación, emergencia y conductividad eléctrica de semillas de tres especies frutales amazónicas: camu-camu (*Myrciaria dubia*), copoazú (*Theobroma grandiflorum*) y cocona (*Solanum sessiliflorum*). El estudio se centró en el efecto de concentraciones crecientes de glifosato, un herbicida de amplia preocupación para conservacionistas y productores agroforestales en Caquetá, región significativamente afectada por su uso en la erradicación de cultivos ilícitos y como herbicida agrícola.

La evaluación del impacto del glifosato en la flora regional es fundamental para la preservación de los recursos hídricos y la promoción de sistemas agroforestales, cuyo fomento ha aumentado en Colombia como respuesta a la alarmante deforestación.

Se implementaron tres ensayos para la germinación en rollo de papel, la emergencia en arena y la conductividad eléctrica, utilizando el diseño experimental DCA. Cada ensayo se realizó con semillas remojadas durante 30 minutos en soluciones con dosis de 0, 1,8, 3,6, 5,4 y 7,2 $g.L^{-1}$ de equivalente ácido de glifosato (tratamientos), con cuatro repeticiones. En el ensayo de germinación (G) se midieron: primer conteo (PC), porcentaje de germinación, índice de velocidad de germinación (IVG), tiempo medio de germinación (TMG) y velocidad media de germinación (VMG). Para la prueba de emergencia en arena

se evaluaron: índice de velocidad de emergencia (IVE), PC, porcentaje de emergencia, TMG y VMG. La conductividad eléctrica (CE) se determinó en un ensayo independiente.

Los resultados indicaron que, tanto en rollo de papel como en arena, las concentraciones de glifosato de 1,8, 3,6, 5,4 y 7,2 $g.L^{-1}$ afectaron severamente el desarrollo germinativo y la emergencia de las semillas, demostrando que las especies frutales amazónicas estudiadas no presentan tolerancia al contacto con el glifosato, ni siquiera a la dosis mínima evaluada. Se observó una disminución promedio en la germinación del 78,4 % y en la emergencia del 98,8 % al incrementar la dosis de glifosato de 0 a 7,2 $g.L^{-1}$.

El efecto del glifosato fue más acentuado en la emergencia de plántulas en arena. Esta mayor adversidad sugiere que las propiedades del sustrato, como la limitada capacidad de retención de agua y nutrientes de la arena, podrían intensificar los efectos fitotóxicos del herbicida, aumentando la susceptibilidad de las semillas. Esto subraya el papel crucial del tipo de sustrato, un hallazgo aplicable a cultivos con diferente capacidad de retención hídrica o con características biológicas que confieran resistencia.

El análisis de conductividad eléctrica evidenció que el glifosato alteró la integridad de la membrana celular y la actividad metabólica de las semillas, afectando negativamente su germinación y el crecimiento de las plántulas. Es importante destacar que no se encontraron diferencias estadísticas significativas en el efecto sobre la CE entre las distintas dosis de glifosato aplicadas, lo que refuerza la conclusión de una nula tolerancia de estas semillas al herbicida.

Palabras clave: glifosato, germinación, especies frutales amazónicas, conductividad eléctrica.

Abstract

This research evaluated the impact of varying doses of the herbicide glyphosate on the germination, emergence, and electrical conductivity of seeds from 3 Amazonian fruit species: Camu-camu (Myrciaria dubia), Copoazú (Theobroma grandiflorum), and cocona (Solanum sessiliflorum). The study focused on the effect of increasing concentrations of glyphosate, an herbicide of major concern for conservationists and agroforestry producers in Caquetá, a region significantly affected by its use in the eradication of illicit crops and as an agricultural herbicide.

Assessing the impact of glyphosate on regional flora is essential for the preservation of water resources and the promotion of agroforestry systems, which have gained traction in Colombia as a response to alarming deforestation.

Three tests were implemented: germination in paper rolls, emergence in sand, and electrical conductivity, using a completely randomized design (CRD). Each test involved seeds soaked for 30 minutes in solutions with doses of 0, 1,8, 3,6, 5,4, and 7,2 $g{\cdot}L^{-1}$ of glyphosate acid equivalent (treatments), with 4 replications. In the germination test (G), the following variables were measured: first count (FC), germination percentage, germination speed index (GSI), mean germination time (MGT), and mean germination rate (MGR). For the sand emergence test, the following were evaluated: emergence speed index (ESI), FC, emergence percentage, MGT, and MGR. Electrical conductivity (EC) was determined in a separate test.

Results indicated that glyphosate concentrations of 1,8, 3,6, 5,4, and 7,2 $g{\cdot}L^{-1}$ severely affected seed germination and emergence in both paper rolls and sand, demonstrating that the studied Amazonian fruit species do not exhibit tolerance to glyphosate exposure, not even at the lowest dose tested. An average reduction of 78,4 % in germination and 98,83 % in emergence was observed when glyphosate concentration increased from 0 to 7,2 $g{\cdot}L^{-1}$.

The herbicide's effect was more pronounced in seedling emergence in sand. This greater adversity suggests that substrate properties, such as sand's limited water and nutrient retention capacity, may intensify the herbicide's phytotoxic effects, increasing seed susceptibility. This highlights the crucial role of substrate type—a finding applicable to crops with varying water retention capacities or biological traits that confer resistance.

The EC analysis revealed that glyphosate altered cell membrane integrity and seed metabolic activity, negatively affecting germination and seedling growth. Notably, no statistically significant differences were found in EC across the different glyphosate doses, reinforcing the conclusion that these seeds have no tolerance to the herbicide.

Keywords: Glyphosate, germination, Amazonian fruit species, EC.

Referencias

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. (2021). *Informe sobre el uso de glifosato en Colombia.* https://www.anla.gov.co/noticias-anla/concluye-reunion-informativa-de-la-modificacion-del-plan-de-manejo-ambiental-para-el-proyecto-erradicacion-de-cultivos-ilicitos-mediante-aspersion-area-con-el-herbicida-glifosato-bloque-norte-de-santander?highlight=WyJnbGlmb3NhdG8iXQ==

Baer, K. N. y Marcel, B. J. (2014). Glyphosate. En *Encyclopedia of Toxicology* (pp. 767-769). Elsevier. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-386454-3.00148-2

BBC News Mundo. (2015). *Colombia suspende uso del polémico pesticida glifosato contra cultivos de coca*. https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/05/150514_colombia_glifosato_suspension_nc

Bento, s R. S. D. O., santos, a E. O. D., melo, d R. M. D. y torres, s B. (2010). *Eficiência dos testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de mulungu* (erythrina velutina willd (Vol. 32, pp. 111-117).

Marques, J. G. D. C., Veríssimo, K. J. D. S., Fernandes, B. S., Ferreira, S. R. D. M., Montenegro, S. M. G. L. y Motteran, F. (2021). Glyphosate: A Review on the Current Environmental Impacts from a Brazilian Perspective. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 107*(3), 385-397. https://doi.org/10.1007/s00128-021-03295-4

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1hTdyomm6YoDz_5GGQ7peUh7KYixyPQM2

EVALUACIÓN Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CD EN SUELOS CACAOTEROS

EVALUATION AND SPATIAL DISTRIBUTION OF CD IN COCOA-GROWING SOILS

Elianna Castillo Serna
ecastillo@unal.edu.co
Universidad Nacional de Colombia

Carlos Alberto Adarme Durán
cadarme@unal.edu.co
Grupo de Estudios para la Remediación y Mitigación
de Impactos Negativos al Ambiente (GERMINA)
Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Biotecnología

Pedro Filipe de Brito Brandão
https://orcid.org/0000-0002-4297-8264
pfdeb@unal.edu.co
Simal
Universidad Nacional de Colombia

Resumen

La concentración de Cd en los granos de cacao provenientes de países latinoamericanos es superior, comparada con Asia o África (0,02 mg kg-1 a 1,14 mg kg-1). Entre las regulaciones, la europea adquiere relevancia debido a que es el principal mercado del cacao latinoamericano. En el año 2019 entró en vigor la legislación europea (COMMISSION REGULATION EU, No 488/2014) sobre el contenido máximo permitido de Cd en productos derivados de cacao, en la cual los límites se establecen según el porcentaje de cacao presente en los productos, donde la mayor concentración permitida es de 0,80 mg kg-1.

En nuestro país, los compradores han establecido límites no oficiales entre 0,5 mg kg-1 y 1,1 mg kg-1, lo que representa una barrera comercial para los productores de cacao en zonas afectadas por la presencia del metal. Es decir, la presencia de Cd en el cacao constituye un problema económico para miles de familias que dependen de este cultivo.

Este trabajo se enmarca en el proyecto de extensión solidaria “Apoyo a la comunidad de cacaoteros de El Carmen de Chucurí (Asocapayari), a través de un estudio integral en el manejo del cultivo del cacao”. Específicamente, se presentan los resultados re-

lacionados con la distribución del cadmio y variables que están muy relacionadas con este elemento, como son Zn y SOC.

Las muestras de suelo se tomaron en dos fincas de cacao ubicadas en el municipio de El Carmen de Chucurí, en Santander, Colombia. El número de sitios de muestreo para cada finca varió de acuerdo con el área de producción y el número total de árboles en cada finca, cubriendo aproximadamente el 1 %, distribuidos en toda el área plantada. Se seleccionaron 36 y 15 sitios para las fincas La Perla y Los Cedros. Se recolectaron 102 muestras de suelo en total: 51 muestras de suelo rizosférico (SR) y 51 muestras de suelo no rizosférico (SNR).

Un receptor del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) determinó todas las ubicaciones de los sitios de muestreo. Se determinó el Cd disponible (extracción mediante ácido dietilentriaminopentaacético [DTPA]) y el Cd pseudo-total, mediante una metodología optimizada en el grupo de investigación GERMINA. El contenido de metales pseudo-totales (Cd y Zn) y Cd disponible se determinó mediante espectroscopia de absorción atómica (CS-FAAS, High-Resolution Continuum Source, ContrAA700). Se calculó el Índice Global de Moran para evaluar la tendencia del Cd a agruparse o no en el espacio, y el Índice Local de Moran para identificar puntos calientes y fríos, ambos realizados en ArcMap 10,8 (ESRI Inc., USA), utilizando la extensión Geostatistical Analyst (Zhang et al., 2008). Los parámetros analizados fueron Cd (Cd-DTPA), contenido pseudo-total de Cd y Zn, y carbono orgánico (SOC).

Los resultados generales revelaron que el 60,8 % de los SR y el 29,4 % de los SNR excedieron un umbral seleccionado de 1 mg kg-1 (Joya-Barrero et al., 2023). La finca La Perla mostró un índice global de Moran similar para ambos tipos de suelos (0,2619 para SR y 0,2672 para SNR), pero la autocorrelación espacial fue más sustancial en SR, según el puntaje Z (8,4484 para SR y 2,9614 para SNR). Para la finca Los Cedros, se observó un patrón de agrupamiento para SR, mientras que se encontró una distribución aleatoria para SNR.

Los resultados también revelaron la presencia de Cd-DTPA en altas concentraciones en áreas con altas concentraciones de Zn y/o SOC, solo para los SR de ambas fincas. Los puntos calientes de Cd-DTPA en los SR de la finca La Perla están en la misma ubicación que los puntos calientes de Zn, y 3 de ellos también corresponden a puntos calientes de SOC. El SR de la finca Los Cedros tiene 5 puntos calientes de Cd-DTPA, uno correspondiente a un punto caliente de Zn y cuatro a puntos calientes de SOC.

En conclusión, se puede afirmar que la agrupación de los SR podría estar relacionada con los procesos espaciales y temporales asociados con la rizosfera de la planta y el impacto de la vegetación en la distribución de metales en el suelo (Shi et al., 2018). Estos estudios representan una oportunidad para explorar sitios específicos y plantar geno-

tipos de cacao con alta y baja acumulación de Cd, o para aplicar futuros tratamientos de remediación.

Palabras clave: suelo rizosférico, cadmio, cacao, muestreo.

Abstract

The concentration of Cd in cocoa beans from Latin American countries is higher compared to Asia or Africa (0,02 mg kg^{-1} to 1,14 mg kg^{-1}). Among the regulations, the European one gains relevance because it is the main market for Latin American cocoa. In 2019, European legislation (COMMISSION REGULATION EU, No. 488/2014) on the maximum allowable Cd content in cocoa-derived products came into force. The limits are set according to the percentage of cocoa present in the products, with the highest allowable concentration being 0,80 mg kg-1.

In our country, buyers have set unofficial limits between 0,5 mg kg^{-1} and 1,1 mg kg^{-1}, which represents a trade barrier for cocoa producers in areas affected by the presence of the metal. In other words, the presence of Cd in cocoa represents an economic problem for thousands of families who depend on this crop.

This work is part of the solidarity project "Supporting the Cacao Growers Community of Carmen de Chucurí (Asocapayari) through a comprehensive study of cacao crop management." Specifically, the results related to the distribution of cadmium and variables that are closely related to this element, such as Zn and SOC, are presented.

Soil samples were taken from 2 cacao farms located in the municipality of El Carmen de Chucurí in Santander's district in Colombia. The number of sampling sites for each farm varied according to the production area and the total number of trees on each farm (covering approximately 1 %), distributed throughout the planted area. Thus, 36 and 15 sites were selected for the La Perla and Los Cedros farms, and a total of 102 soil samples were collected: 51 rhizospheric soil (RS) samples and 51 non-rhizospheric soil (NS) samples.

A Global Positioning System (GPS) receiver determined all sampling site locations. Available Cd (extraction by diethylenetriaminepentaacetic acid [DTPA]) and pseudo-total Cd were determined using a methodology optimized by the GERMINA research group. The content of pseudo-total metals (Cd, Zn) and available Cd was determined by atomic absorption spectroscopy (CS-FAAS, High-Resolution Continuum Source, ContrAA700). The Global Moran's Index was calculated to assess the tendency of Cd to cluster or not in space, and the Local Moran's Index was calculated to identify hot and cold spots, both performed in ArcMap 10,8 (ESRI Inc., USA) using the Geostatistical Analyst ex-

tension (Zhang et al., 2008). The parameters analyzed were available Cd^{2+} (Cd-DTPA), pseudo-total (Cd-Zn), and soil organic carbon (SOC).

The overall results revealed that 60,8 % of the SR and 29,4 % of the SNR soils exceeded a selected threshold of 1 mg kg^{-1}. (Joya-Barrero et al., 2023). According to these results, it can be stated that the Cd level on the farms varies depending on the type of soil sampled. La Perla farm showed a similar overall Moran index for both soil types (0,2619 for SR and 0,2672 for SNR), but spatial autocorrelation was more substantial in SR according to the Z score (8,4484 for SR and 2,9614 for SNR). For Los Cedros farm, a clustering pattern was observed for SR, while a random distribution was found for SNR. La Perla farm showed a similar overall Moran index for both soil types (0,2619 for SR and 0,2672 for SNR), but the spatial autocorrelation was more substantial in SR according to the Z score (8,4484 for SR and 2,9614 for SNR). At Los Cedros farm, a clustering pattern was observed for SR, while a random distribution was found for SNR.

Besides, in areas with high Zn and SOC concentrations, Cd-DTPA content was present in high concentrations, only for the SRs of both farms. The Cd-DTPA hotspots in the SRs at La Perla farm are in the same location as the Zn hotspots, and 3 of them also correspond to SOC hotspots. The SR at Los Cedros farm has 5 Cd-DTPA hotspots, one corresponding to a Zn hotspot and 4 to SOC hotspots.

In conclusion, it can be stated that the clustering of SRs could be related to the spatial and temporal processes associated with the plant rhizosphere and the impact of vegetation on metal distribution in the soil (Shi et al., 2018). These studies represent an opportunity to explore specific sites and plant cacao genotypes with high and low Cd accumulation or to apply future remediation treatments.

Keywords: Rhizospheric Soil, Cadmium, Cocoa, Sampling

Referencias

Joya-Barrero, V., Huguet, C. y Pearse, J. (2023). Natural and Anthropogenic Sources of Cadmium in Cacao Crop Soils of Santander, Colombia. *Soil Systems, 7*(1), 12. https://doi.org/10.3390/soilsystems7010012

Shi, T., Hu, Z., Shi, Z., Guo, L., Chen, Y., Li, Q. y Wu, G. (2018). Geo-detection of factors controlling spatial patterns of heavy metals in urban topsoil using multi-source data. *Science of The Total Environment, 643*, 451-459. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.224

Zhang, C., Luo, L., Xu, W. y Ledwith, V. (2008). Use of local Moran's I and GIS to identify pollution hotspots of Pb in urban soils of Galway, Ireland. *Science of The Total Environment, 398*(1-3), 212-221. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.03.011

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1IYRUJYbwuV7zaF5BhJxu4WN2USRvlwdW



PÓSTERS

UNAD Universidad Nacional Abierta y a Distancia

ACREDITADA EN ALTA CALIDAD

ECAPMA Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

VII CICAA

Congreso Internacional de Ciencias Agrarias y Ambientales 2025

VERDE DIGITAL

Innovación y Transformación Tecnológica

EJE 1

*Tecnologías digitales para la **optimización de la producción** agropecuaria y agroforestal*



EJE 2

*Innovación para el **aprovechamiento de recursos** naturales en sistemas agropecuarios y agroforestales*



EJE 3

*Transformación digital para la **gestión ambiental y el desarrollo rural***



3 al 5 SEPTIEMBRE

*Modalidad Hibrida**

**Para universidades internacionales y comunidad académica nacional externa*

Centro de Convenciones **ALFONSO LOPEZ PUMAREJO**

Ibagué - Tolima

SIGI Sistema de Gestión de la Investigación

VIEM Vicerrectoría de Innovación y Emprendimiento

Gobernación del Tolima

Alcaldía de Ibagué

acofia

ACODAL

ASFAMEVEZ Asociación Colombiana de Facultades de Medicina Veterinaria y Zootecnia

ICETEX Invertimos en el talento de los colombianos

EMPODERAMIENTO INTERGENERACIONAL EN EL MANEJO DE PLANTAS MEDICINALES EN EL RESGUARDO INDÍGENA EMBERA DRUA ASENTADO EN EL MUNICIPIO DE FLORENCIA, CAQUETÁ

INTERGENERATIONAL EMPOWERMENT IN THE MANAGEMENT OF MEDICINAL PLANTS IN THE EMBERA DRUA INDIGENOUS RESERVE LOCATED IN THE MUNICIPALITY OF FLORENCIA, CAQUETÁ.

Guillermo León Artunduaga Montealegre
guillermo.artunduaga@unad.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

Los emberá chamí son una comunidad indígena que se encuentra asentada principalmente en los departamentos de Caldas y Risaralda. Por situaciones de violencia en esa zona, un grupo de estos indígenas fue desplazado hasta el Caquetá. Varias familias se asentaron en la zona urbana del municipio de Florencia y otras familias se ubicaron en uno de los barrios marginales y conflictivos de la ciudad (Las Malvinas). Así, a pasos agigantados, fueron perdiendo sus conocimientos tradicionales, como, por ejemplo, el uso de las plantas medicinales.

Mediante un proyecto de cooperación internacional del Gobierno Vasco se logró comprar una finca de 58 hectáreas en el corregimiento Orteguaza del municipio de Florencia, Caquetá. Tras la posterior legalización ante el Ministerio del Interior, estas familias fueron llevadas a vivir a mencionado territorio rural mediante un título de propiedad a nombre de la comunidad indígena como Resguardo Embera Drua ('Tierra de Emberas').

Con el fin de aprovechar el territorio donado e iniciar el proceso de rescate cultural, esta investigación tiene como objetivo fortalecer los conocimientos tradicionales sobre el uso y manejo de semillas de plantas medicinales y asegurar su transmisión intergeneracional a mujeres, jóvenes e infantes a través de la sabiduría de los ancianos.

La metodología de la investigación se basa en la acción participativa y el diagnóstico rural participativo, y aplica entrevistas semiestructuradas a los ancianos del Resguardo Embera Drua, para identificar las plantas medicinales que usaban como medicina ancestral. De forma complementaria, se desarrolló un trabajo colectivo de identificación

y recolección de semillas de plantas medicinales para el establecimiento de huertas agroecológicas y la realización de talleres etnoeducativos y de etnobotánica, que facilitaron el diálogo entre generaciones para promover que los jóvenes se involucren activamente en el aprendizaje y la práctica.

Como resultado, se han logrado con éxito los cimientos para la recuperación de las plantas medicinales y del conocimiento asociado en la comunidad Embera-Chamí del resguardo Emberá-Drúa, lo que facilita la integración comunitaria y el reconocimiento de la importancia del proyecto como un motor de acción comunitaria para fortalecer el uso de la tierra mediante estrategias efectivas y culturalmente pertinentes para la revitalización del conocimiento ancestral y el bienestar de la comunidad. La continuación de la investigación, de acuerdo con los objetivos propuestos, está orientada a que las mujeres, mediante el relevo intergeneracional de sus madres y abuelas, tengan sus propias plantas medicinales para dar solución a sus problemáticas de salud.

Palabras clave: tierra de emberás.

Abstract

The Emberá Chamí are an indigenous community that is settled mainly in the departments of Caldas and Risaralda. Due to situations of violence in that area, a group of these indigenous people was displaced to Caquetá. Several families settled in the urban area of the municipality of Florencia, and other families were located in one of the marginal and conflictive neighborhoods of the city (Las Malvinas), thus gradually losing their traditional knowledge, such as the use of medicinal plants.

Through an international cooperation project from the Basque Government, a 58-hectare farm was purchased in the Orteguaza District of the Municipality of Florencia, Caquetá. After legalizing it with the Ministry of the Interior, these families were brought to live in the aforementioned rural territory with a property title in the name of the Indigenous community, known as the Emberá-Drúa Reservation (Emberá Land).

To utilize the donated land and begin the process of cultural recovery, this research aims to strengthen traditional knowledge about the use and management of medicinal plant seeds, ensuring its intergenerational transmission to women, youth, and children through the wisdom of the elders.

The research methodology is based on participatory action and participatory rural assessment, using semi-structured interviews with the elders of the Emberá-Drúa Reservation to identify the medicinal plants they used as ancestral medicine. In addition, collective work was carried out to identify and collect medicinal plant seeds for the

establishment of agroecological gardens, and ethno-educational and ethnobotanical workshops were held, facilitating intergenerational dialogue to encourage young people to actively engage in learning and practice.

As a result, the foundations for the recovery of medicinal plants and associated knowledge have been successfully laid in the Embera-Chamí community of the Embera-Drúa reservation. This has facilitated community integration and recognition of the project's importance as a driver of community action to strengthen land use through effective and culturally relevant strategies for the revitalization of ancestral knowledge and community well-being. The continuation of the research, in accordance with the proposed objectives, is aimed at ensuring that women, through intergenerational succession from their mothers and grandmothers, have their own medicinal plants to address their health problems.

Keywords: Emberá-Drúa

Referencias

Altieri, M. A. (2004). Agroecología: Bases científicas para una agricultura sostenible. Universidad Nacional de Colombia.

Fals Borda, O. (1980). La investigación-acción participativa. Inicios y desarrollo. Editorial Popular.

Guzmán, G., Alonso, A., Pouliquen, Y. y Sevilla, E. (1996). Las metodologías participativas de investigación: Un aporte al desarrollo local endógeno. ISEC.

Labrador Moreno, J. y Sarandón, S. (2001). Aproximacion a las bases del pensamiento agroecológico. Mundi-Prensa.

Sevilla Guzmán, E. (1995). El marco teórico de la agroecología. En Agroecología y conocimiento local. Universidad Internacional de Andalucía, Sede Santa María la Rábida.

Sevilla Guzmán, E. (2000). La evolución del campesinado en España: Elementos para una sociología política del campesinado.

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1xxfrvj2Ow4t8lNgFm4Lb2eh0EV9HIgJJw

MEMORIA BIOCULTURAL DE LOS PROCESOS AGROALIMENTARIOS DEL TRIGO Y SU IMPORTANCIA EN LA IDENTIDAD DE FAMILIAS CAMPESINAS RURALES EN SOCOTÁ (BOYACÁ)

BIOCULTURAL MEMORY OF WHEAT AGRO-FOOD PROCESSES AND THEIR IMPORTANCE IN THE IDENTITY OF RURAL PEASANT FAMILIES IN SOCOTÁ (BOYACÁ)

Luisa Fernanda Fernández Rincón
lffernandezri@unadvirtual.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Luz Angela Calderón Bohórquez
lacalderonbo@unadvirtual.edu.co
Grupo de investigación GIGASS
Universidad Nacional Abierta y a Distancia -UNAD

Jorge Armando Fonseca Carreño
https://orcid.org/0000-0003-2755-8111
jorge.fonseca@unad.edu.co
Semillero de Investigación en Agricultura Sustentable - SIAS
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Resumen

El presente trabajo de investigación pretende visibilizar la importancia cultural, alimentaria y territorial que representa el trigo (*Triticum spp.*) para las familias rurales campesinas del municipio de Socotá, Boyacá. El objetivo principal es rescatar la memoria biocultural asociada a los saberes tradicionales, los usos y los procesos agroalimentarios en torno al trigo, con el fin de contribuir a la preservación del patrimonio agroalimentario y la soberanía alimentaria en contextos rurales andinos. A través de un enfoque cualitativo de tipo etnográfico y participativo, se realizaron entrevistas semiestructuradas a productores, transformadores y portadores de saberes del territorio, así como recorridos de observación en fincas y molinos artesanales. Se evidenció que el trigo, más allá de su valor agronómico, encarna una serie de significados identitarios y afectivos que se expresan en prácticas como la siembra en fases lunares, la cosecha comunitaria (mingas), el uso de molinos de piedra y la elaboración de productos tradicionales como la harina tostada, las arepas y el pan artesanal.

Estas prácticas, heredadas de generación en generación, constituyen una memoria biocultural que articula conocimientos agronómicos, rituales, formas de organización social y relaciones con la naturaleza. Sin embargo, esta memoria se encuentra en riesgo por diversos factores, como la expansión de la frontera ganadera, la pérdida de variedades nativas, el envejecimiento de la población campesina y la falta de políticas públicas que fomenten la producción artesanal de trigo. Se identificó también una marcada feminización de las labores de transformación, y las mujeres son las principales custodias del conocimiento culinario asociado al trigo. En este sentido, la dimensión de género resulta clave para entender los procesos de conservación y transmisión de saberes. La investigación pone de relieve el rol del trigo como elemento articulador de la identidad campesina, de la seguridad alimentaria familiar y del sentido de pertenencia territorial.

Desde la perspectiva de la agroecología política, se propone revalorizar estos sistemas alimentarios campesinos como formas de resistencia cultural frente a la homogeneización alimentaria. El trigo en Socotá no es solo un cultivo, sino un símbolo de arraigo, de autonomía alimentaria y de historia viva. En el marco de esta investigación, se plantea que la memoria biocultural agroalimentaria puede ser una herramienta para fomentar procesos de desarrollo rural con enfoque territorial, en la medida en que visibiliza las interacciones entre cultura, biodiversidad y sistemas productivos tradicionales. Se concluye que es urgente implementar estrategias participativas de valorización del trigo local, como ferias, bancos de semillas, escuelas de saberes ancestrales y procesos de certificación agroecológica.

Además, se propone integrar estos saberes en los currículos de educación rural y en las políticas de fomento agropecuario, reconociendo a las familias campesinas como sujetos activos del conocimiento. La investigación también visibiliza el papel de los molinos de piedra como espacios de encuentro intergeneracional, en donde se reproduce la vida comunitaria y se recrean formas de hacer tradicionales. Estos molinos representan una tecnología apropiada, de bajo impacto ambiental y alto valor simbólico, la cual ha sido desplazada por la mecanización y el abandono rural. Rescatarlos implica también rescatar una forma de vida campesina ligada a la cooperación, la reciprocidad y el trabajo colectivo.

El trigo en Socotá se convierte así en un hilo narrativo que entrelaza historia, cultura y territorio, y cuya pérdida significaría una ruptura en el tejido social y alimentario de las comunidades. Por tanto, es fundamental fortalecer las políticas públicas que reconozcan la importancia de los cultivos tradicionales y los sistemas agroalimentarios campesinos en la construcción de soberanía alimentaria. En este contexto, Mariño (2021) señala que el reconocimiento de los saberes campesinos en torno a cultivos tradicionales como el trigo es clave para la transición hacia sistemas agroalimentarios sostenibles, resilientes

y culturalmente pertinentes. Finalmente, esta investigación busca abrir un diálogo entre la academia, las comunidades campesinas y las instituciones para coconstruir propuestas que contribuyan a la revalorización del trigo como patrimonio biocultural del municipio de Socotá y del altiplano boyacense en general.

Palabras clave: trigo, memoria biocultural, patrimonio agroalimentario, prácticas tradicionales, agroecosistemas campesinos, identidad cultural.

Abstract

This research aims to highlight the cultural, dietary, and territorial significance of wheat (Triticum spp.) for rural farming families in the municipality of Socotá, Boyacá. The main objective is to recover the biocultural memory associated with traditional knowledge, uses, and agro-food processes related to wheat, contributing to the preservation of agro-food heritage and food sovereignty in Andean rural contexts. Using a qualitative approach with ethnographic and participatory methods, semi-structured interviews were conducted with producers, processors, and knowledge holders in the territory, along with field observations in farms and traditional stone mills. Findings revealed that wheat, beyond its agronomic value, embodies a range of identity and emotional meanings expressed in practices such as lunar-phase planting, community harvesting (*mingas*), the use of stone mills, and the preparation of traditional products such as toasted flour, arepas, and artisanal bread.

These practices, passed down through generations, constitute a biocultural memory that intertwines agronomic knowledge, rituals, social organization, and relationships with nature. However, this memory is at risk due to factors such as the expansion of cattle ranching, the loss of native varieties, the aging of the rural population, and the lack of public policies that promote artisanal wheat production. The study also identified a significant feminization of processing tasks, with women acting as the primary custodians of culinary knowledge associated with wheat. In this regard, gender emerges as a key dimension in understanding processes of knowledge preservation and transmission. The research highlights the role of wheat as a unifying element of peasant identity, household food security, and territorial belonging.

From a political agroecology perspective, it is proposed that these peasant food systems be revalued as forms of cultural resistance against food homogenization. Wheat in Socotá is not merely a crop but a symbol of rootedness, food autonomy, and living history. This research suggests that agro-food biocultural memory can serve as a tool to promote rural development processes with a territorial focus, as it reveals the interactions between culture, biodiversity, and traditional production systems. It concludes that it is urgent

to implement participatory strategies to revalue local wheat, such as fairs, seed banks, ancestral knowledge schools, and agroecological certification processes.

Moreover, it is proposed to integrate this knowledge into rural education curricula and agricultural development policies, recognizing farming families as active subjects of knowledge. The study also draws attention to the role of stone mills as intergenerational meeting spaces, where community life is reproduced and traditional ways of doing are recreated. These mills represent appropriate technology with low environmental impact and high symbolic value, which has been displaced by mechanization and rural abandonment. Recovering them also means recovering a rural way of life based on cooperation, reciprocity, and collective labor.

Wheat in Socotá thus becomes a narrative thread that intertwines history, culture, and territory; its loss would mean a rupture in the social and food fabric of the communities. Therefore, it is essential to strengthen public policies that recognize the importance of traditional crops and peasant agro-food systems in the construction of food sovereignty. In this context, Mariño (2021) points out that the recognition of peasant knowledge related to traditional crops such as wheat is key to the transition toward sustainable, resilient, and culturally relevant agro-food systems. Finally, this research seeks to open a dialogue between academia, peasant communities, and institutions to co-construct proposals that contribute to the revaluation of wheat as a biocultural heritage of the municipality of Socotá and the Boyacá highlands more broadly.

Keywords: Wheat, biocultural memory, agri-food heritage, traditional practices, peasant agroecosystems, cultural identity.

Referencias

Caggiano, M. A. y Dubarbier, V. (2013). *Elementos modeladores del paisaje natural y cultural en la pampa chivilcoyana: La introducción del cultivo del trigo*. https://rephip.unr.edu.ar/server/api/core/bitstreams/8bca6e05-ea0a-4b79-aa9d-7a900ccffdba/content

Covaleda, H., Cruz, L. y Espinal, C. (2006). *La cadena del trigo en Colombia*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/18873/43923_55684.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mariño, B., Ferguson, B. G. y Limón Aguirre, F. (2024). Saberes que resisten: Una valoración participativa del patrimonio agroalimentario del trigo y la molinería tradicional de Socotá [Tesis de especialización, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal]. Repositorio CFS.

Vargas, M. (2020 23 de octubre,). Molinos de piedra: alternativa para conservar la producción de trigo en Boyacá. *Pesquisa Javeriana*. https://www.javeriana.edu.co/pesquisa/molinos-de-piedra-alternativa-para-conservar-la-produccion-de-trigo-en-boyaca/

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1E-AHS9s_mKHZT7tH21Bx0sMAprpfWT6Y

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS: APLICACIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS Y ANÁLISIS DE DATOS PARA LA MEJORA DE LOS INSTRUMENTOS DE POLÍTICAS PÚBLICAS

TECHNOLOGICAL INNOVATION IN WASTE MANAGEMENT: APPLICATION OF MATHEMATICAL MODELS AND DATA ANALYSIS FOR THE IMPROVEMENT OF PUBLIC POLICY INSTRUMENTS

Edinson Fabián Monroy Avila
ingenierofabianm@gmail.com
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD
Diego Andrés Arteaga Zanguña
arteagadiego212@gmail.com
GICAN
Universidad Santo Tomás

Resumen

La investigación se centró en analizar la generación de residuos sólidos utilizando modelos matemáticos de regresión lineal y series temporales mediante *machine learning*, para proyectar la generación de residuos sólidos hasta el año 2036, con el fin de estimar la producción per cápita (PPC) de residuos sólidos y establecer bases para una mejor planificación y gestión local. La investigación también pretende desarrollar estrategias para optimizar la recolección, el reciclaje y promover la economía circular mediante el uso de tecnologías avanzadas, en particular, *machine learning* (ML), y estos modelos se utilizan para la estimación y/o predicción de la generación de residuos sólidos [1].

La crisis de residuos sólidos urbanos es un problema global de creciente preocupación. Según la ONU, en 2021 se generaron 2,000 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos (RSU), y esta cifra se duplicará para 2050. En América Latina, la generación de residuos es notablemente alta, con un promedio de 1,09 kg de residuos per cápita por día, muy por encima del promedio mundial de 0,74 kg. Asimismo, según [2], el Banco Mundial estima que la PPC para 2050 será de 0,74 kg/hab.-día, con variaciones entre 0,11 y 4,54 kg/hab.-día. En Colombia, en particular en Boyacá, se ha observado un aumento significativo en la generación de residuos sólidos, lo que genera una presión sobre los sistemas de gestión existentes. La capacidad del relleno sanitario de Pirgua, que originalmente se estimaba para recibir residuos durante 40 años, se agotará en tan solo 7 años debido a la creciente cantidad de residuos generados.

El concepto de Producción per Cápita (PPC) es clave en esta investigación. Esta medida fundamental se refiere a la cantidad de residuos generados por cada habitante durante un periodo determinado, y es crucial para la planificación y optimización de las estrategias de manejo de residuos en los municipios. Una estimación precisa de la PPC permite a los municipios ajustar sus políticas y programas de gestión de residuos de manera más efectiva, especialmente a medida que las dinámicas de crecimiento poblacional y consumo cambian con el tiempo, debido a que las políticas públicas implementadas no tienen en cuenta los fenómenos económicos que afectan la producción de residuos [3].

En cuanto a la metodología, se recopilaron datos históricos sobre la generación mensual de residuos sólidos en los municipios de Arcabuco, El Cocuy y Sáchica entre 2012 y 2025. Estos datos se utilizaron para evaluar las tendencias en la generación de residuos y para construir modelos de proyección. La estimación de la PPC se realizó mediante un análisis de series temporales y regresión lineal. Además, se aplicaron tres métodos diferentes para proyectar la generación de residuos hasta el año 2036. Se utilizaron técnicas avanzadas de *machine learning* (ML) para predecir volúmenes futuros de residuos.

Los resultados de la investigación muestran que la PPC en los tres municipios estudiados ha experimentado un aumento gradual en los últimos años, con proyecciones de crecimiento continuo hacia 2036. En el caso de Arcabuco, la PPC se incrementó de 0,31 kg/hab.-día en 2012 a una proyección de 0,61 kg/hab.-día en 2036, lo que supera el valor promedio recomendado por el RAS (0,45 kg/hab.-día). Sáchica mostró un crecimiento más pronunciado, con una PPC proyectada de 0,98 kg/hab.-día para 2036, mientras que El Cocuy presentó un incremento más moderado, alcanzando los 0,80 kg/hab.-día para 2036. Estos resultados subrayan la importancia de contar con modelos predictivos precisos, ya que la PPC proyectada en estos municipios supera los valores establecidos por el RAS, lo que podría generar desafíos adicionales en la gestión de residuos y en los costos operativos asociados.

Además de las proyecciones de PPC, la investigación también abordó cómo la integración de tecnologías como *machine learning* (ML) puede mejorar la eficiencia operativa en la gestión de residuos. Los algoritmos de ML pueden predecir tendencias de generación de residuos con una precisión de hasta el 85 %, y en este estudio se demostró que la optimización de las rutas de recolección, utilizando modelos predictivos, podría reducir la distancia recorrida por los camiones hasta en un 36,8 %, lo que resulta en una reducción significativa de costos y emisiones. Asimismo, la clasificación automatizada de residuos mediante ML puede mejorar la tasa de reciclaje, lo que permite la separación de materiales que antes no se podían recuperar.

La investigación destaca la necesidad urgente de mejorar la gestión de residuos mediante el uso de tecnologías avanzadas, como el *machine learning*. A través de la integración de estos modelos predictivos, es posible realizar proyecciones más

precisas sobre la generación de residuos, lo que permite a los municipios ajustar sus políticas y recursos de manera más efectiva. Además, la optimización de las rutas de recolección y la mejora del reciclaje son aspectos fundamentales para reducir los costos operativos y mejorar la sostenibilidad del sistema de gestión de residuos. La investigación también subraya la importancia de una planificación adecuada que tenga en cuenta factores como el turismo, los hábitos de consumo y el crecimiento urbano, que son determinantes en la generación de residuos.

Palabras clave: residuos sólidos, generación de residuos, PPC, gestión de residuos.

Abstract

The research focused on analyzing solid waste generation using mathematical models of linear regression and time series through machine learning to project solid waste generation until 2036, with the aim of estimating per capita solid waste production (PPC) and establishing a foundation for better local planning and management. The research also aims to develop strategies to optimize collection and recycling and promote the circular economy using advanced technologies, particularly machine learning (ML), with these models being used for estimating and predicting solid waste generation [1].

The urban solid waste crisis is a growing global problem. According to the UN, in 2021, 2 billion tons of municipal solid waste (MSW) were generated, and this figure is expected to double by 2050. In Latin America, waste generation is notably high, with an average of 1,09 kg of waste per capita per day, well above the global average of 0,74 kg. Likewise, according to [2], the World Bank expects PPC to reach 0,74 kg/capita/day by 2050, with variations between 0,11 and 4,54 kg/capita/day. In Colombia, particularly in Boyacá, there has been a significant increase in solid waste generation, which puts pressure on existing management systems. The Pirgua landfill, initially estimated to receive waste for 40 years, will be exhausted in just 7 years due to the growing amount of waste generated.

The concept of per capita production (PPC) is key in this research. This fundamental measure refers to the amount of waste generated by each inhabitant over a specified period, and it is crucial for planning and optimizing waste management strategies in municipalities. An accurate estimation of PPC allows municipalities to adjust their waste management policies and programs more effectively, especially as population growth and consumption dynamics change over time due to public policies that do not account for the economic phenomena affecting waste production [3].

Regarding the methodology, historical data on monthly solid waste generation in the municipalities of Arcabuco, El Cocuy, and Sáchica between 2012 and 2025 were collected. This data was used to assess trends in waste generation and build projection models.

The PPC estimation was carried out through time series analysis and linear regression. Additionally, 3 different methods were applied to project waste generation until 2036. Advanced ML techniques were used to predict future waste volumes.

The research results show that PPC in the 3 studied municipalities has gradually increased recently, with projections of continued growth until 2036. In the case of Arcabuco, PPC increased from 0,31 kg/capita/day in 2012 to a projected 0,61 kg/capita/day in 2036, which exceeds the average recommended value by the RAS (0,45 kg/capita/day). Sáchica showed a more pronounced growth, with a projected PPC of 0,98 kg/capita/day for 2036, while El Cocuy showed a more moderate increase, reaching 0,80 kg/capita/day for 2036. These results highlight the importance of having accurate predictive models, as the projected PPC in these municipalities exceeds the values set by the RAS, which could lead to additional challenges in waste management and associated operational expenses.

In addition to PPC projections, the research also addressed how the integration of technologies such as ML can improve operational efficiency in waste management. ML algorithms can predict waste generation trends with up to 85 % accuracy, and this study demonstrated that optimizing collection routes using predictive models could reduce truck mileage by up to 36,8 %, resulting in significant cost and emission reductions. Furthermore, automated waste classification through ML can improve recycling rates, allowing the separation of materials that were previously unrecoverable.

The research highlights the urgent need to improve waste management using advanced technologies, such as ML. By integrating these predictive models, more accurate projections of waste generation can be made, allowing municipalities to adjust their policies and resources more effectively. Additionally, optimizing collection routes and improving recycling are fundamental aspects to reduce operational expenses and improve the sustainability of the waste management system. The research also underscores the importance of proper planning that considers factors such as tourism, consumption habits, and urban growth, which are determinants in waste generation.

Keywords: Solid waste, waste generation, PPC, waste management.

Referencias

Cerna Cueva, A. F., Rosas Echevarría, C. W., Perales Flores, R. S. y Ataucusi Flores, P. L. (2022). Predicción de la generación de residuos sólidos domiciliarios con machine learning en una zona rural de Puno. *TECNIA, 32*(1), 44-52. https://doi.org/10.21754/tecnia.v32i1.1378

Montoya Rendón, A. F., Valencia, S., Villadiego Castillo, W. A, y Díaz Gómez, A. (2021). ¿Valorización económica y energética de los residuos sólidos del municipio de El Bagre (Antioquia). Cuaderno Activa, 12(1), 59–71. https://doi.org/10.53995/20278101.806

Ministerio de Vivienda. (2025). *Manuales* | Minvivienda. Gobierno de Colombia. https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico-reglamento-tecnico-sector-manuales

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=-19GCcAqWFTBXEkPIijZnomiAg-FTQP6sJ

PROCESOS METODOLÓGICOS DE BIOTRANSFORMACIÓN DE RESIDUOS POR MOSCA SOLDADO NEGRA (*HERMETIA ILLUCENS*) Y SU EFECTO EN EL PH DEL PRODUCTO FINAL

METHODOLOGICAL PROCESSES OF WASTE BIOTRANSFORMATION BY BLACK SOLDER FLY (*HERMETIA ILLUCENS*) AND ITS EFFECT ON THE PH OF THE FINAL PRODUCT

Andrea Martínez Flórez
amartinezflo@unadvirtul.edu.co
Semillero de investigación AGROAMBI
CIAB
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

María del Carmen Garcés
maria.garces@unad.edu.co
CIAB
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Sandra Patricia Montenegro
https://orcid.org/0000-0003-0035-0089
sandra.montenegro@unad.edu.co
Semillero de investigación AGROAMBI
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Johanna Tapias Giraldo
https://orcid.org/0000-0002-5841-1430
jtapiasg@unadvirtual.edu.co
Semillero de investigación AGROAMBI
CIAB
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

El proyecto hace parte de la convocatoria por misiones 934-2023 Minciencias; se desarrolla en la empresa Orgánicos y Orgánicos S.A.S., ubicada en el corregimiento de Rozo, Palmira, Valle del Cauca. Tiene como enfoque revalorizar residuos de cosecha, como las cáscaras de fríjol verde (*Phaseolus vulgaris* L.) y banano (*Musa* × *paradisiaca*) sobremaduro, las cuales hacen parte de una problemática de residuos agrícolas que no se aprovechan. Como estrategia de economía circular, se plantea el uso de larvas de

mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), que pueden biotransformar residuos orgánicos en un lapso aproximado de 12 a 14 días (Ningsih, Hartono y Dahlan, 2023).

En esta investigación se proponen dos metodologías para la biotransformación de residuos de cosecha con mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), de los cuales se obtiene un frass líquido con potencial agronómico como acondicionador de suelo. Una de las características para tener en cuenta, como requisito de este producto final, es el pH, importante para incrementar la disponibilidad de nutrientes, optimizar la microbiota del suelo y evitar toxicidad por metales pesados, y el rango de ligeramente ácido a neutro es óptimo para el crecimiento y la productividad de los cultivos (Mosley, Rengasamy y Fitzpatrick, 2024). El objetivo principal fue evaluar las dos propuestas metodológicas y su efecto sobre el pH del producto final.

La biotransformación se realizó con larvas de 9 días a partir de su eclosión, bananos sobremaduros y cáscaras de fríjol verde en una relación de 70:30. En una canastilla rectangular de acero inoxidable de 22,5 cm3, con una bolsa de fondo y malla *antitrip* en una de las paredes laterales, se agregaron aproximadamente 2400 larvas y 3000 g de residuos en un solo momento; luego, se colocó un forro de tela negro y se dispuso la canastilla sobre una bandeja en una inclinación de 45° para la recolección de frass líquido.

En un balde *blackout* de 5 litros de capacidad se realizaron orificios y se le colocó malla *antitrip* en la tapa, así como en la parte del recipiente que colinda con el cuerpo y la base. En la parte inferior externa del balde, sobre los orificios, se incorpora una botella o recipiente con malla *antitrip* para la recolección del frass líquido, que se ubica en una inclinación de 45°. Finalmente, se agregaron aproximadamente 4517 larvas y 5420,4 g de residuos fraccionados para 6 días, dentro de los 12 días que dura el proceso.

En la metodología con baldes se obtuvo 2,485 litros de frass líquido y 495,45 gramos de frass sólido seco, atribuidos al fraccionamiento de la alimentación y a la acumulación progresiva del residuo biotransformado, además de contar con medidas que reducen la contaminación sin comprometer la oxigenación. En contraste, la metodología con canastilla, al implementar una única dosis de alimentación, generó menor cantidad y obtuvo 1 litro de frass líquido y, en promedio, 196,2 gramos de frass sólido seco; también presentó contaminación en los residuos, lo cual podría comprometer tanto la viabilidad larval como la inocuidad del proceso de biotransformación.

Los análisis iniciales indican que el pH del frass sólido es de 9,11 y el del frass líquido, de 3,83, el cual cambia su pH cuando se deja madurar; a partir de ese criterio se clasifica como M1, con 8 semanas de maduración (pH 6,2), y M2, con 4 semanas de maduración (pH 6,0).

El frass líquido presenta inicialmente un pH ácido debido a la rápida fermentación del banano, que genera ácidos orgánicos, y al metabolismo larval, que produce ácidos grasos volátiles. Con el tiempo, estos compuestos se evaporan o son consumidos, mientras que la actividad microbiana alcalinizante y la liberación de CO_2 disuelto contribuyen a elevar el pH (Lomonaco et al., 2024; Arabzadeh et al., 2022). En el frass sólido, la digestión larval favorece un entorno alcalino mediante la liberación de amonio y amoníaco. Además, la presencia de cáscara de fríjol aporta cationes como Ca^{2+}, K^{+} y Mg^{2+}, que ayudan a neutralizar la acidez residual (Lomonaco et al., 2024).

En conclusión, para reducir residuos se recomienda una única alimentación; si se requiere obtener más frass líquido, conviene fraccionar la alimentación y recircular el frass recolectado. Adicionalmente, se debe contemplar un periodo de maduración, durante el cual su pH tiende a alcalinizarse, factor que favorece a los cultivos.

Palabras clave: residuos, frass, *Hermetia illucens*, metodología, maduración.

Abstract

The project is part of the call for missions 934-2023 Minciencias, developed at the company Orgánicos y Orgánicos SAS, located in the district of Rozo, Palmira, Valle del Cauca. Its focus is to revalue crop residues such as overripe green beans (Phaseolus vulgaris L.) and bananas (Musa x paradisiaca), which are part of a problem of agricultural residues that are not taken advantage of. As a circular economy strategy, the use of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) that can biotransform organic waste in an approximate period of 12 to 14 days is proposed (Ningsih, Hartono y Dahlan, 2023).

In this investigation are proposed 2 methodologies for the biotransformation of crop residues with black welded fly (*Hermetia illucens*), from which is obtained a liquid frass with agronomic potential as a soil conditioner. One of the characteristics to be considered as a requirement of this final product is the pH, important to increase the availability of nutrients, optimize the soil microbiota, and avoid toxicity by heavy metals. The range from slightly acidic to neutral is optimal for crop growth and productivity (Mosley, Rengasamy, y Fitzpatrick, 2024). The main objective was to evaluate the 2 methodological proposals and their effect on the pH of the final product.

The biotransformation was performed with larvae of 9 days from hatching, overripe bananas, and green bean peels in a ratio of 70:30 in a rectangular basket of stainless steel 22,5 cm^3, with a bottom bag and anti-trip mesh on one of the side walls. Approximately 2400 larvae and 3000 grams of waste were added in a single moment, then a black cloth lining was placed, and the basket was placed on a tray at an inclination of 45 degrees for the collection of liquid frass.

Holes were made in a 5-liter blackout bucket, and anti-trip mesh was placed on the lid as well as for the container that covered the body with the base. In the lower outer part of the bucket above the holes is incorporated a bottle or container with anti-thrips mesh for the collection of liquid frass, placing it at an inclination of 45 seconds. Finally, 4517 larvae and 5420,4 g of fractionated waste were added for 6 days within the 12 days that the process lasts.

In the methodology with buckets, 2,485 liters of liquid sludge and 495,45 grams of dry sludge were obtained, attributed to the failure of the feed and the progressive accumulation of biotransformed waste, in addition to having measures that reduce pollution without compromising oxygenation. In contrast, the methodology with the basket, when implementing a single dose of food, generated less quantity, obtaining 1 liter of liquid frass and an average of 196,2 grams of dry solid frass; it also presented contamination in the residues, which could compromise both the larval viability and the safety of the biotransformation process.

The initial analyses indicate that the pH of the solid frass is 9,11 and that of the liquid frass is 3,83, which changes its pH when it is left to mature. Based on this criterion, it is classified as m1 with 8 weeks of maturation (pH 6,2) and m2 with 4 weeks of maturation (pH 6,0).

The liquid frass initially presents an acidic pH due to the rapid fermentation of the banana, which generates organic acids, and the larval metabolism that produces volatile fatty acids. Over time, these compounds evaporate or are consumed, while alkaline microbial activity and the release of dissolved CO_2 contribute to an increase in pH (Lomonaco et al., 2024; Arabzadeh et al., 2022). In the solid frass, larval digestion favors an alkaline environment by releasing ammonium and ammonia. In addition, the presence of bean cascara provides cations such as Ca^{2+}, K^{+}, and Mg^{2+}, which help to neutralize the residual acidity (Lomonaco et al., 2024).

In conclusion, a single feeding is recommended to reduce residues; if more liquid fractions are required, the feed should be fractionated and the collected fractions recirculated. Additionally, a ripening period should be considered, during which its pH tends to become alkaline, a factor that favors the crops.

Keywords: residues, frass, *Hermetia illucens*., methodology, ripening.

Referencias

Arabzadeh, G., Delisle Houde, M., Tweddell, R. J., Deschamps, M. H., Dorais, M., Lebeuf, Y., Derome, N. y Vandenberg, G. (2022). Diet Composition Influences Growth Performance, Bioconversion of Black Soldier Fly Larvae: Agronomic Value and in Vitro Biofungicidal Activity of Derived Frass. *Agronomy, 12*(8), 1765. https://www.mdpi.com/2073-4395/12/8/1765

Lomonaco, C., Cammilleri, G., Vella, A. y Macrì, D. (2024). Larval Frass of Hermetia Illucens as Organic Fertilizer: Composition and Beneficial Effects on Different Crops. *Insects, 15*(4), 293. https://www.mdpi.com/2075-4450/15/4/293

Mosley, L. M., Rengasamy, P. y Fitzpatrick, R. (2024). Soil pH: Techniques, challenges and insights from a global dataset. *European Journal of Soil Science, 75*(6), 70021. https://www.researchgate.net/publication/386262531_Soil_pH_Techniques_challenges_and_insights_from_a_global_dataset

Ningsih, S. S., Hartono, D. M. y Dahlan, A. V. (2023). Effect of black soldier fly (Hermetia illucens) larvae bioconversion duration in processing household organic waste and market waste in Jakarta. *E3S Web of Conferences, 427*, 07002. https://www.researchgate.net/publication/373711567_Effect_of_black_soldier_fly_Hermetia_Illucens_larvae_bioconversion_duration_in_processing_household_organic_waste_and_market_waste_in_Jakarta_on_the_efficiency_of_the_bioconversion_process

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=-1Q308kN7OM5huSu8seppnvaT9wcknELCO

EL MICROCLIMA COMO DETERMINADOR DE LA RESILIENCIA EN LA AGRICULTURA FAMILIAR CAMPESINA EN BOYACÁ (COLOMBIA)

MICROCLIMATE AS A DETERMINANT OF RESILIENCE IN FAMILY FARMING SYSTEMS IN BOYACÁ (COLOMBIA)

Jorge Armando Fonseca Carreño
jorge.fonseca@unad.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

José Alejandro Cleves Leguízamo
jose.cleves@uptc.edu.co
Grupo de investigación GIGASS
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Resumen

Tal como ocurre en sistemas de pequeña agricultura en el mundo, los sistemas de agricultura campesina en Boyacá (Colombia) enfrentan vulnerabilidades económicas, sociales, ambientales y climáticas acentuadas por la baja tecnificación y escasa agregación de valor. Además de la importancia de su función vital de proveer alimentos, son fundamentales para la generación de empleo, la dinamización económica rural y la preservación del acervo cultural. Sin embargo, poseen debilidades estructurales en cuanto al acceso a tecnología adecuada, capital financiero y acceso a mercados, entre otros aspectos que limitan su competitividad. A pesar de lo anterior, también son poseedores de una alta biodiversidad y la familia campesina implementa prácticas de manejo sostenible que favorecen sus interacciones ecosistémicas y los flujos de materia, energía e información que incrementan su capacidad resiliente.

Esta investigación plantea que las condiciones de manejo de los agroecosistemas actúan como un factor determinante en la variación del comportamiento de las variables climáticas, provocando efectos diferenciados frente a aquellos generados por otros tipos de manejo. Las diferencias en el comportamiento climático inducido por el manejo generan distintas capacidades de resiliencia en los agroecosistemas. Con el fin de analizar la relación entre el manejo agroecosistémico y la resiliencia climática, se caracterizaron 160 fincas en los municipios de Soracá y Siachoque, en Boyacá, donde, con procesos de inmersión y encuestas estructuradas, se caracterizaron y se tipificaron. Para lo cual se evaluaron 50 variables agrupadas en cinco capitales, entendidos estos como la agrupación de componentes y variables que son comunes o que tienen un origen

similar. Estos capitales son los siguientes: natural, humano, social, físico y económico. A partir de esta caracterización, se aplicó un análisis de conglomerados utilizando el método de Ward, lo que permitió identificar cuatro dominios agroecológicos diferenciados. Posteriormente, se seleccionó una finca representativa por dominio (finca Yoli, Las Palmas, La Cuadra, El arrayán).

La caracterización de las condiciones climáticas de la región se realizó mediante el análisis de una serie de datos de temperatura y precipitación de la Estación UPTC para los años 2011 a 2020, con la cual se determinó el subconjunto de datos del percentil 10 (Tn10p), que corresponde al 10 % de los valores de temperatura más bajos, identificando 325 eventos que representan el 9 % del total de los 3611 datos (10 años). Para el percentil 90 (TN90p), es decir, las temperaturas más altas, se identificaron 311 eventos que corresponden al 8,6 % del total de la base de datos de la década. Para realizar el monitoreo microclimático de temperatura y precipitación durante el año 2023, se calcularon los índices de extremos climáticos propuestos por el Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ECTCCDI).

Los resultados evidencian diferencias significativas entre dominios: el Dominio I presentó los valores más altos en los indicadores de capitales y resiliencia climática, mientras que el Dominio IV reflejó los más bajos. Asimismo, las anomalías térmicas extremas fueron más frecuentes en los Dominios III y IV, lo que sugiere que una mayor dotación ecosistémica y un manejo agroecológico más robusto, como los observados en los Dominios I y II, favorecen la estabilidad microclimática y potencian la resiliencia frente a la variabilidad climática.

Palabras clave: agroecosistemas, variabilidad climática, resiliencia, capacidad de adaptación.

Abstract

As is the case with small-scale agricultural systems around the world, peasant farming systems in Boyacá, Colombia, face economic, social, environmental, and climatic vulnerabilities that are exacerbated by low levels of technification and value addition. In addition to their vital role in providing food, they are essential for job creation, rural economic revitalization, and the preservation of cultural heritage. However, they have structural weaknesses in terms of access to adequate technology, financial capital, and markets, among other aspects that limit their competitiveness. Despite this, they also possess high biodiversity, and peasant families implement sustainable management practices that favor their ecosystem interactions and the flows of matter, energy, and information that increase their resilience.

This research suggests that agroecosystem management conditions act as a determining factor in the variation of climate variables, causing different effects compared to those generated by other types of management. Differences in climate behavior induced by management generate different resilience capacities in agroecosystems. To analyze the relationship between agroecosystem management and climate resilience, 160 farms in the municipalities of Soracá and Siachoque in Boyacá were characterized and typified using immersion processes and structured surveys. To this end, 50 variables were evaluated and grouped into 5 capitals, understood as the grouping of components and variables that are common or have a similar origin. These capitals are the following: natural, human, social, physical, and economic. Based on this characterization, a cluster analysis was applied using the Ward method, which identified 4 distinct agroecological domains. Subsequently, one representative farm was selected per domain (Yoli, Las Palmas, La Cuadra, and El Arrayán).

The climatic conditions of the region were characterized by analyzing a series of temperature and precipitation data from the UPTC Station for the years 2011 to 2020, which was used to determine the 10th percentile data subset (Tn10p), which are the 10 % lowest temperature values, identifying 325 events representing 9 % of the total 3,611 data points (10 years). For the 90th percentile (TN90p), i.e., the highest temperatures, 311 events were identified, corresponding to 8,6 % of the total database for the decade. To carry out microclimatic monitoring of temperature and precipitation during 2023, the climate extremes indices proposed by the Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ECTCCDI) were calculated.

The results show significant differences between domains: Domain I had the highest values for capital and climate resilience indicators, while Domain IV had the lowest. Likewise, extreme temperature anomalies were more frequent in Domains III and IV, suggesting that greater ecosystem endowment and more robust agroecological management, as observed in Domains I and II, favor microclimatic stability and enhance resilience to climate variability.

Keywords: agroecosystems, climate variability, resilience, adaptive capacity.

Referencias

Beltrán, L. y Díaz, D. C. (2020). Oscilaciones macroclimáticas que afectan la oferta hídrica en la cuenca del río Gachaneca; Boyacá-Colombia. *Revista Brasileira de Meteorología, 35*(2), 171-185. https://doi.org/10.1590/0102-7786351012

Fonseca-Carreño, J. A., Cleves-Leguízamo, J. A. y León-Sicard, T. (2016). Evaluación de la sustentabilidad de agroecosistemas familiares campesinos en la microcuenca del río Cormechoque (Boyacá). *Ciencia y Agricultura, 13*(1), 29. https://doi.org/10.19053/01228420.4804

Kaspar, F., Friedrich, K. y Imbery, F. (2023). Observed temperature trends in Germany: Current status and communication tools. *Meteorologische Zeitschrift, 32*(4), 279-291. https://doi.org/10.1127/metz/2023/1150

Rotach, M. W. y Calanca, P. (2003). Microclimate. En *Encyclopedia of Atmospheric Sciences* (pp. 1301-1307). Elsevier. https://doi.org/10.1016/b0-12-227090-8/00225-6

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1MNUuLZ5VQpsSDNym30t1zW1B-qQrypjh

CORRELACIÓN DE IMÁGENES MULTIESPECTRALES CON EL CONTENIDO DE NPK EN SUELOS GANADEROS MEDIANTE *KRIGING* E ÍNDICES DE VEGETACIÓN

CORRELATION OF MULTISPECTRAL IMAGES WITH THE CONTENT OF NPK IN LIVESTOCK SOILS THROUGH KRIGING AND VEGETATION INDICES

David Alejandro Gracia Rojas
david.gracia@unad.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Diego Alberto Deaza Castillo
diego.deaza@unad.edu.co
Grupo de investigación GICAFAT
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

La agricultura de precisión —mediante la integración de sensores multiespectrales, sistemas de información geográfica y geoestadística— ha demostrado su eficacia para mejorar el uso de insumos y la productividad en sistemas de cultivo en todo el mundo (Zhang et al., 2002). En praderas de gran altitud (> 2500 msnm.), dominadas por *Pennisetum clandestinum* (kikuyo), *Avena sativa* (avena forrajera) y *Lolium multiflorum* (raigrás anual), persiste la necesidad de monitorear en tiempo real la fertilidad del suelo para optimizar la rotación y la suplementación. No obstante, su aplicación combinada para analizar la relación entre índices de vegetación y nutrientes edáficos aún es incipiente en pasturas de trópico alto (Moral et al., 2019; Panday et al., 2018). La literatura sobre índices espectrales revela que ni NDVI ni SAVI permiten inferir fiablemente el contenido nutrimental del suelo debido a factores ambientales y de cobertura (Hill, 2013).

Pese a los avances en teledetección para cultivos agrícolas, persiste la escasez de estudios que relacionen índices espectrales de vegetación con macronutrientes del suelo (N, P, K) en sistemas pastoriles de montaña, situación que limita la adopción de tecnologías no destructivas para el manejo del forraje.

Mediante el presente estudio se pretende determinar el grado de correlación entre los macronutrientes del suelo (N nítrico, N amoniacal, P, K) y los índices multiespectrales (SR, NDVI, GNDVI, SAVI, PVI) en praderas de trópico alto (≥ 2500 m s. n. m.) destinadas a ganadería de doble propósito.

El desarrollo metodológico consiste en la delimitación georreferenciada y el muestreo sistemático del área (426 muestras en horizonte A), así como en el análisis de laboratorio para determinar concentraciones de N NO_3^-, N NH_4^+, P y K. La interpolación geoestadística por *kriging* (universal para P y ordinario + EBK para K) descartó N por falta de autocorrelación espacial. También se generaron índices multiespectrales desde imagen UAV y se seleccionó el PVI como índice final. Finalmente, se realizó la correlación puntual (Pearson) entre valores interpolados y PVI sobre malla *fishnet* de 10 m.

En fósforo, se observó una distribución espacial clara con gradiente este-oeste (Moran I ≈ 0,43; p < 0,001). En potasio, el EBK mejoró el ajuste del modelo (RMSE ≈ 0,41 meq/100 g), consolidó los valores máximos en el suroriente y redujo la incertidumbre espacial (Krivoruchko y Gribov, 2019). El índice PVI capturó una variabilidad de vigor más clara que otros índices; R^2 suelo-línea mayor a 0,80. Correlaciones de r ≈ 0,48 (PVI-P) y r ≈ 0,41 (PVI-K), p < 0,05 (baja a moderada asociación); Ca, Mg, Fe y Zn resultaron no significativos (|r| < 0,08).

Los hallazgos coinciden con estudios internacionales en escenarios análogos (Moral et al., 2019), que revelan correlaciones débiles entre índice espectral y fertilidad del suelo. Además, del trabajo de Panday et al. (2018) se derivó que la inclusión de variables ambientales puede mejorar sustancialmente la modelación geoestadística. La limitada capacidad de predicción del vigor espectral justifica la necesidad de combinar métodos multivariados y modelos que integren topografía, humedad y manejo animal.

Los índices espectrales no son suficientes por sí solos para inferir el estado nutricional de P o K del suelo en praderas de trópico alto. Los mapas generados con *Kriging* y EBK sí permiten localizar zonas rurales prioritarias para fertilización localizada. El enfoque tiene potencial de replicación en otras zonas ganaderas tropicales montañosas (Andes, África oriental, Himalaya), donde la gestión de la nutrición requiere información espacial más robusta.

Palabras clave: fertilidad del suelo, geoestadística, pradera, teledetección, trópico alto.

Abstract

Precision agriculture—through the integration of multispectral sensors, GIS, and geostatistics—has proven effective in improving input efficiency and productivity in cropping systems worldwide (Zhang et al., 2002). In high-altitude grasslands (> 2,500 m ASL), dominated by *Pennisetum clandestinum* (kikuyu), *Avena sativa* (forage oat), and *Lolium multiflorum* (annual ryegrass), there remains a pressing need to monitor soil fertility in real-time to optimize grazing rotation and supplementation. However, combined approaches that explore the relationship between vegetation indices and soil nutrient content remain scarce in tropical highland pastures (Moral et al., 2019; Panday et al., 2018).

Spectral index literature indicates that neither NDVI nor SAVI reliably infers soil nutrient content due to environmental and canopy-related factors (Hill, 2013).

Despite advancements in remote sensing for agricultural crops, studies that relate vegetation spectral indices to soil macronutrients (N, P, K) in mountainous pastoral systems remain limited. This restricts the adoption of non-destructive technologies for forage management.

Through this study, it is intended to determine the degree of correlation between soil macronutrients (nitrate N, ammoniacal N, P, K) and multispectral indices (SR, NDVI, GNDVI, SAVI, PVI) in tropical highland pastures (≥ 2,500 m ASL) used for dual-purpose cattle production.

The methodological development consists of georeferenced and systematic soil sampling (426 samples from horizon A) and laboratory analysis to quantify concentrations of NO_3^--N, NH_4^+-N, P, and K. Geostatistical interpolation by Kriging (Universal for P and Ordinary + EBK for K); N was excluded due to lack of spatial autocorrelation. UAV-based multispectral imagery was processed to compute vegetation indices, with PVI selected as the most representative. Pointwise Pearson correlation was calculated between interpolated nutrient values and PVI over a 10 m fishnet grid.

Phosphorus showed a clear east–west spatial gradient (Moran's I ≈ 0,43; $p < 0,001$). For potassium, empirical Bayesian kriging improved model fit (RMSE ≈ 0,41 meq/100 g), with maximum values concentrated in the southeast and lower spatial uncertainty (Krivoruchko y Gribov, 2019). PVI captured stronger variability in vegetative vigor than other indices, with a soil line R^2 exceeding 0,80. Correlation coefficients were r ≈ 0,48 (PVI–P) and r ≈ 0,41 (PVI-K), $p < 0,05$, indicating low to moderate association. Other elements (Ca, Mg, Fe, Zn) showed no significant correlation ($|r| < 0,08$).

These findings align with international studies in analogous contexts (Moral et al., 2019), which also report weak correlations between spectral indices and soil fertility. The work of Panday et al. (2018) supports that incorporating environmental variables can significantly enhance geostatistical modeling. The limited predictive capacity of spectral vigor alone underscores the need for multivariate approaches that integrate topography, moisture, and grazing dynamics.

Spectral indices alone are insufficient to infer the nutritional status of P or K in tropical highland pastures. However, Kriging and EBK-derived spatial maps can effectively identify priority rural zones for site-specific fertilization. This approach has replication potential in other tropical mountainous livestock regions (Andes, East Africa, Himalayas), where robust spatial information is essential for nutrient management.

Keywords: geostatistics, grassland, high tropics, remote sensing

Referencias

Hill, M. J. (2013). Vegetation index suites as indicators of vegetation state in grassland and savanna: An analysis with simulated SENTINEL 2 data for a North American transect. *Remote Sensing of Environment, 137*, 94-111. https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.06.004

Krivoruchko, K. y Gribov, A. (2019). Evaluation of empirical Bayesian kriging. *Spatial Statistics, 32*, 100368. https://doi.org/10.1016/j.spasta.2019.100368

Moral, F. J., Rebollo, F. J. y Serrano, J. M. (2019). Estimating and mapping pasture soil fertility in a portuguese montado based on a objective model and geostatistical techniques. *Computers and Electronics in Agriculture, 157*, 500-508. https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.01.033

Panday, D., Maharjan, B., Chalise, D., Shrestha, R. K. y Twanabasu, B. (2018). Digital soil mapping in the Bara district of Nepal using kriging tool in ArcGIS. *PLOS ONE, 13*(10), e0206350. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206350

Zhang, N., Wang, M. y Wang, N. (2002). Precision agriculture—A worldwide overview. *Computers and Electronics in Agriculture, 36*(2-3), 113-132. https://doi.org/10.1016/s0168-1699(02)00096-0

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1W4aYhznFnXBOnlZcF5bqCfzV0px5FkUB

INTERACCIONES CLIMA – SUELO Y SU IMPORTANCIA EN LA PRODUCTIVIDAD Y SUSTENTABILIDAD DE AGROECOSISTEMAS CAFETEROS EN LA ORINOQUÍA COLOMBIANA

CLIMATE-SOIL INTERACTIONS AND THEIR IMPORTANCE FOR THE PRODUCTIVITY AND SUSTAINABILITY OF COFFEE AGROECOSYSTEMS IN THE COLOMBIAN ORINOQUÍA REGION

Joyce Smith Rojas Alonso
joyce057@gmail.com
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Jorge Armando Fonseca-Carreño
jorge.fonseca@unad.edu.co
Grupo de investigación GIGASS
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

La caficultura del piedemonte llanero colombiano constituye una actividad de alta relevancia económica, social y cultural para las comunidades rurales de los municipios de Lejanías y Mesetas, en el departamento del Meta. Sin embargo, la productividad y rentabilidad de estos agroecosistemas enfrentan desafíos crecientes derivados de la variabilidad climática, la degradación progresiva de los suelos y la limitada adopción de tecnologías de manejo sostenible. Esta investigación tiene como propósito analizar, de manera integral, el efecto de las variables agroclimáticas, como la precipitación, la temperatura y la humedad relativa, así como de las condiciones edáficas sobre la productividad del cultivo de café en seis fincas seleccionadas como unidades de análisis representativas. En estas fincas predominan cultivares de café arábigo, variedad Cenicafé 1 y Castillo, adaptados a las condiciones agroclimáticas de la región. La caracterización detallada consideró dimensiones ecofisiológicas, bióticas, socioculturales, económicas, climáticas y de capital humano, que se complementaron con un estudio de la Estructura Agroecológica Principal (EAP) de cada agroecosistema cafetero.

El estudio se desarrolló bajo un enfoque aplicado, con metodología mixta, integrando herramientas cualitativas y cuantitativas. En la primera etapa se realizó la caracterización y tipificación de los agroecosistemas mediante el diseño y la aplicación de encuestas estructuradas dirigidas a los productores, las cuales permitieron recopilar información

sobre prácticas agrícolas, manejo de suelos, aspectos sociales, económicos, percepciones climáticas y condiciones del núcleo familiar.

La segunda fase estuvo orientada a la evaluación del efecto de las variables climáticas sobre la productividad. Para ello, se recopilaron series históricas de precipitación, temperatura y humedad relativa correspondientes al periodo 2018-2024, provenientes de registros del IDEAM y Agrosavia. A partir de estos datos, se realizaron análisis de correlación con el fin de determinar la relación entre las variables climáticas y los niveles de producción de café. Estos modelos permitieron identificar las variables con mayor peso predictivo sobre los rendimientos y estimar el impacto potencial de escenarios climáticos adversos.

La tercera etapa se centró en el estudio de las condiciones edáficas. Para ello, se integró un muestreo complementario realizado en 2025 en puntos previamente georreferenciados. Las muestras se sometieron a análisis de laboratorio para determinar variables clave, como textura, pH, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y niveles de nutrientes. Adicionalmente, se clasificaron los suelos según estándares técnicos de la Federación Nacional de Cafeteros y se contextualizaron los resultados cruzando información con las prácticas agrícolas reportadas por los productores en las encuestas.

Los resultados preliminares evidencian una marcada heterogeneidad en las condiciones climáticas y edáficas entre las fincas estudiadas. En el municipio de Lejanías, la precipitación máxima mensual alcanzó picos superiores a 900 mm, mientras que en Mesetas también se identificaron periodos de acumulaciones significativas, con registros que en algunos meses superaron los 600 mm, lo que evidencia un régimen pluviométrico con alta estacionalidad y variaciones interanuales notables. Este comportamiento contrasta con la relativa estabilidad térmica observada en ambas zonas, donde las temperaturas máximas oscilaron entre 26 °C y 31 °C. Por su parte, la humedad relativa presentó valores elevados, cercanos al 90 %, que favorecen la proliferación de enfermedades fúngicas en momentos críticos del ciclo productivo.

En cuanto al estado de los suelos en las fincas, se evidenciaron condiciones de acidez elevada (pH entre 4,4 y 5,3), baja saturación de bases y niveles limitados de fósforo disponible, factores que condicionan la fertilidad y productividad cafetera. Según la literatura técnica para suelos cafeteros andisoles, estos parámetros están por debajo de los valores óptimos recomendados (pH 5,5–6,0; saturación de bases >50 %; P disponible >15 mg/kg). Aunque el contenido de materia orgánica se encontró en rangos moderados, se identificaron desequilibrios en la relación de cationes y deficiencias puntuales de micronutrientes como zinc y boro. Estas características confirman la necesidad de prácticas de manejo correctivo, aplicación de enmiendas y estrategias de conservación de suelos para mejorar la sostenibilidad de los agroecosistemas evaluados. Finalmen-

te, el análisis de la Estructura Agroecológica Principal mostró contrastes importantes en la conectividad ecológica, la diversidad de coberturas y la capacidad de acción de los productores, y destacó la finca La Esmeralda (Lusitania) por su mayor integración ecológica y resiliencia productiva.

En conjunto, estos hallazgos evidencian que los agroecosistemas cafeteros de la región presentan retos complejos que afectan su capacidad productiva y su resiliencia frente al cambio climático. Con la combinación de herramientas geoespaciales, análisis multicomponente y modelación estadística, es posible identificar los factores críticos que inciden en la sostenibilidad de estos sistemas. Esta información constituye un insumo estratégico para la toma de decisiones orientadas a fortalecer la caficultura regional mediante prácticas adaptativas, estrategias de conservación de suelos y planes de manejo integral que promuevan la sostenibilidad ambiental, social y económica de los productores.

Palabras clave: caficultura, variabilidad climática, suelo, agroecosistemas, productividad, Meta (Colombia).

Abstract

Coffee cultivation in the Colombian piedmont of the Llanos region represents an activity of high economic, social, and cultural relevance for rural communities in the municipalities of Lejanías and Mesetas, in the department of Meta. However, the productivity and profitability of these agroecosystems face growing challenges resulting from climate variability, progressive soil degradation, and the limited adoption of sustainable management technologies. This research aims to comprehensively analyze the effect of agroclimatic variables—such as precipitation, temperature, and relative humidity—as well as edaphic conditions on coffee crop productivity in 6 selected farms considered representative units of analysis. The detailed characterization included eco-physiological, biotic, socio-cultural, economic, climatic, and human capital dimensions, complemented by a study of the Principal Agroecological Structure (EAP) of each coffee agroecosystem.

The study was carried out under an applied approach with mixed methodology, integrating qualitative and quantitative tools. In the first stage, characterization and typification of the agroecosystems were conducted through the design and application of structured surveys administered to producers, which made it possible to collect information on agricultural practices, soil management, social and economic aspects, climate perceptions, and household conditions.

The second phase focused on evaluating the effect of climatic variables on productivity. For this purpose, historical series of precipitation, temperature, and relative humidity

corresponding to the period 2018–2024 were collected from Ideam and Agrosavia records. Based on these data, correlation analyses were conducted to determine the relationship between climatic variables and coffee production levels. These models allowed the identification of the variables with the greatest predictive weight on yields and the estimation of the potential impact of adverse climate scenarios.

The third stage focused on the study of edaphic conditions. A complementary sampling was carried out in 2025 at previously georeferenced points. The samples were analyzed in the laboratory to determine key variables such as texture, pH, organic matter, cation exchange capacity, and nutrient levels. Additionally, the soils were classified according to technical standards of the Colombian Coffee Growers Federation, and the results were contextualized by cross-referencing information with the agricultural practices reported by producers in the surveys.

Preliminary results show marked heterogeneity in the climatic and edaphic conditions among the studied farms. In the municipality of Lejanías, maximum monthly precipitation reached peaks exceeding 900 mm, while in Mesetas significant accumulation periods were also identified, with records in some months exceeding 600 mm, evidencing a rainfall regime with high seasonality and notable interannual variations. This behavior contrasts with the relative thermal stability observed in both areas, where maximum temperatures ranged between 26 °C and 31 °C. Meanwhile, relative humidity showed high values, close to 90 %, favoring the proliferation of fungal diseases at critical moments of the production cycle.

Regarding soil status on the farms, conditions of high acidity (pH between 4,4 and 5,3), low base saturation, and limited available phosphorus levels were observed—factors that condition soil fertility and coffee productivity. Although organic matter content was within moderate ranges, imbalances were identified in cation ratios and specific deficiencies of micronutrients such as zinc and boron. These characteristics confirm the need for corrective management practices, the application of amendments, and soil conservation strategies to improve the sustainability of the evaluated agroecosystems. Finally, the analysis of the principal agroecological structure showed important contrasts in ecological connectivity, vegetation cover diversity, and the producers' capacity for action, with La Esmeralda farm (Lusitania) standing out for its greater ecological integration and productive resilience.

Overall, these findings demonstrate that the region's coffee agroecosystems face complex challenges that affect their productive capacity and resilience in the face of climate change. With the combination of geospatial tools, multicomponent analysis, and statistical modeling, it is possible to identify the critical factors that affect the sustainability of these systems. This information serves as a strategic input for decision-making aimed at strengthening regional coffee farming through adaptive practices, soil conservation

strategies, and integrated management plans that promote the environmental, social, and economic sustainability of producers.

Keywords: coffee cultivation, climate variability, soil, agroecosystems, productivity, Meta (Colombia).

Referencias

Alberto Bouzo, C. y Domingo Astegiano, E. (2018). Efectos de diferentes agroecosistemas en la dinámica de nitrógeno, fósforo y potasio en un cultivo de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 3*(5), 907-924. https://doi.org/10.29312/remexca.v3i5.1383

Contraloría General de Antioquia y Ochoa Murillo, L. T. (2023). *La caficultura en el departamento Antioquia y su compromiso con el medio ambiente.* Contraloría General de Antioquia. https://doi.org/10.58373/obscga.021

Farfán-Valencia, F. (2021). La caficultura bajo sombra para el departamento de Huila. En *Aplicación de ciencia tecnología e innovación en el cultivo del café ajustado a las condiciones particulares del Huila* (Vol. 2, pp. 96-123). Centro Nacional de Investigaciones de Café. https://doi.org/10.38141/10791/0008_4

Fonseca-Carreño, N. E., Palacios Yepes, E. y Leyva, J. L. (2023). Evaluación de sistemas agroecológicos orientados a la sustentabilidad de la agricultura familiar campesina en la provincia de Sumapaz. *Pensamiento Udecino, 7*(1), 18-34. https://doi.org/10.36436/23824905.546

Garbarino Mendiondo, P. A. (2023). La educación para el cambio climático como herramienta de mitigación. *MLS Educational Research, 7*(1). https://doi.org/10.29314/mlser.v7i1.1015

Ochoa Murillo, LT (2023). La caficultura en el departamento Antioquia y su compromiso con el medio ambiente. https://doi.org/10.58373/obscga.021

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=-14FkGvsC6YVFXOnT4bHicMN9N2391betL

MONITOREO POR SENSORAMIENTO E ÍNDICES ESPECTRALES PARA OPTIMIZACIÓN DEL USO DE RECURSOS EN CULTIVO DE ARROZ

SENSING MONITORING AND SPECTRAL INDEX FOR OPTIMIZING RESOURCE USE IN RICE CROP

Efrain Francisco Visconti Moreno
efrain.visconti@unad.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

En el contexto de una agricultura cada vez más presionada por el cambio climático, la degradación ambiental y la necesidad de incrementar la producción sin ampliar la frontera agrícola, surge la urgencia de optimizar el uso de los recursos naturales, especialmente el agua y el suelo. En el cultivo de arroz, que depende en gran medida del riego, una gestión deficiente puede resultar en pérdidas económicas y degradación del suelo. El monitoreo eficiente del estado del cultivo y de las condiciones del suelo es una estrategia necesaria para mejorar la sostenibilidad y productividad de dichos sistemas agrícolas. Sin embargo, los métodos tradicionales de monitoreo *in situ* suelen ser limitados por su alto costo, baja cobertura espacial y dependencia de mano de obra especializada.

Ante estos desafíos, se propone utilizar drones equipados con cámaras multiespectrales, que permiten diagnosticar condiciones del suelo de manera precisa mediante índices espectrales como el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y el Índice de Diferencia Normalizada del Agua (NDWI) (Casamitjana et al., 2020). Esta tecnología ofrece datos precisos a distancia, lo que reduce costos operativos, optimiza la gestión de recursos hídricos y fomenta prácticas agrícolas más sostenibles.

La teoría de la reflectancia espectral sostiene que los distintos tipos de vegetación reflejan la luz en diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético; esto permite utilizar sensores multiespectrales para captar y analizar la reflectancia de la vegetación, proporcionando información detallada sobre su salud y composición. Por lo tanto, la teoría de la reflectancia espectral respalda la capacidad de las imágenes multiespectrales para identificar variaciones en las condiciones de las plantas (Sayusth y Duque, 2020).

El avance tecnológico en equipos de teledetección ha permitido el desarrollo de imágenes multiespectrales, obtenidas mediante satélites o drones, que ofrecen una solución prometedora para el estudio de las plantas en tiempo real, abarcando grandes áreas y a bajo costo. Las imágenes multiespectrales permiten un análisis más detallado de la salud y la composición de la vegetación a través de diferentes longitudes de onda, proporcionando información precisa sobre la estructura, densidad y diversidad vegetal (Silva y Rojas, 2024). Además, estas imágenes permiten el monitoreo continuo a lo largo del tiempo, lo que facilita la identificación de tendencias y patrones de cambio, y la evaluación de la efectividad de estrategias de manejo agronómico (Sayusth y Duque, 2020).

González-Betancourt y Mayorga-Ruíz (2018) evaluaron el uso del NDVI en conjunto con imágenes aéreas de alta resolución tomadas por drones para monitorear la variedad de arroz FEDEARROZ-2000 en El Espinal, Tolima, Colombia. El NDVI permitió identificar áreas con problemas de nivelación, estrés hídrico y diferencias vegetativas, y relacionó estas condiciones con deficiencias en las propiedades del suelo, como la falta de materia orgánica y la compactación.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la utilidad de los índices espectrales NDVI y NDWI, generados a partir de imágenes multiespectrales captadas por drones, para detectar condiciones limitantes en el suelo que afecten el desarrollo del cultivo de arroz, con el fin de optimizar el manejo agronómico y el uso de recursos hídricos en un lote ubicado en el Distrito de Riego del Río Zulia, Norte de Santander, Colombia.

El estudio se desarrolló en un lote de arroz bajo riego cuya área se delimitó utilizando Google Earth Pro. La adquisición de imágenes se realizó con un dron DJI Phantom 4 RTK, con cámara multiespectral integrada, en vuelo a 70 m de altitud y con un solapamiento del 70 % frontal y 70 % lateral. Las imágenes se captaron a los 15 días de la siembra del cultivo, lo que permitió detectar problemas de emergencia temprana. El procesamiento de imágenes se realizó con Agisoft Metashape para generar el ortomosaico georreferenciado, que, al exportarse a QGIS, permitió estimar los índices espectrales usando la calculadora ráster para la posterior clasificación y generación de mapas.

Los rangos de interpretación de los índices NDVI y NDWI fueron, según los siguientes criterios técnicos: NDVI < 0 = agua o suelo desnudo; 0,1 a 0,2 = vegetación emergente; 0,2 a 0,5 = crecimiento activo; 0,5 a 0,8 = vegetación densa y saludable; > 0,8 = máxima densidad vegetal. NDWI +0,3 a +1,0 = presencia de agua superficial; 0,0 a +0,3 = suelos o vegetación con alta humedad; -0,3 a 0,0 = ausencia de agua libre, cultivos en desarrollo; -1,0 a -0,3 = suelo seco o áreas intervenidas.

Los resultados obtenidos permiten evaluar problemas de emergencia del cultivo de arroz a los 15 días de la siembra, lo cual muestra áreas del lote donde hay poco crecimiento

de las plantas (NDVI -1) y permite interpretar que hay problemas de nivelación en el lote (NDWI +1), coincidentes con las áreas donde el crecimiento del cultivo es deficiente.

Se demuestra la utilidad y viabilidad del uso de los índices espectrales para el diagnóstico rápido de las condiciones del cultivo, con el fin de orientar el manejo agronómico y optimizar el uso de los recursos.

Los índices NDVI y NDWI demostraron ser herramientas eficaces para detectar tempranamente problemas asociados al manejo del suelo y del agua en cultivos de arroz. Su aplicación permite tomar decisiones agronómicas informadas que contribuyen a mejorar la eficiencia en el uso de los recursos y la sostenibilidad del sistema productivo. Este tipo de monitoreo resulta especialmente útil en zonas bajo riego, donde las condiciones de humedad pueden variar considerablemente en cortos periodos. Se recomienda continuar con el uso de estos índices, ajustar su interpretación a las particularidades edafoclimáticas del Distrito de Riego del Río Zulia y explorar su integración en sistemas de agricultura de precisión.

Palabras clave: manejo del suelo, agricultura de precisión, transferencia tecnológica, productividad, geomática.

Abstract

Remote sensing equipment enables the use of multispectral images, captured by satellites or drones, used in the study of plants in real-time, covering large areas and at low-cost. Multispectral images allow for more detailed analysis of vegetation health and composition through different wavelengths, providing precise information on plant structure, density, and diversity (Silva y Rojas, 2024). The study was conducted in an irrigated rice field in the Zulia River Irrigation District, Norte de Santander. The area was delimited using Google Earth, and digital images were taken with a Phantom 4 RTK drone equipped with a multispectral camera. NDVI and NDWI maps were generated with Agisoft Metashape and QGIS. The results obtained allow us to evaluate emergency problems of the rice crop 15 days after sowing, which shows areas of the lot where there is little plant growth (NVDI -1), and it is interpreted that there are leveling problems in the lot (NDWI +1), coinciding with the areas where crop growth is deficient.

Keywords: soil management, precision agriculture, technology transfer, productivity, geomatic

Referencias

Casamitjana, M., Torres-Madroñero, M. C., Bernal-Riobo, J. y Varga, D. (2020). Soil Moisture Analysis by Means of Multispectral Images According to Land Use and Spatial Resolution on Andosols in the Colombian Andes. *Applied Sciences, 10*(16), 5540. https://doi.org/10.3390/app10165540

González-Betancourt, M. y Mayorga-Ruíz, Z. L. (2018). Normalized difference vegetation index for rice management in El Espinal, Colombia. *DYNA, 85*(205), 47-56. https://doi.org/10.15446/dyna.v85n205.69516

Sayusth, M. J. C. y Duque, G. M. H. (2020). *Estimación de la biomasa, captura de carbono y servicios eco-sistémicos, como indicadores para medir los efectos del cambio climático en la parcela de monitoreo del Parque Natural Regional el vínculo, municipio de Buga.* https://repositorio.uceva.edu.co/handle/20.500.12993/2011

Silva, A. L. H. y Rojas, M. P. R. (2024). *Implementación de Aeronaves no Tripuladas para el Monitoreo de Zonas Deforestadas: Análisis de Literatura* (Tesis de Pregrado, Universidad Santo Tomás). Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación. https://repository.usta.edu.co/handle/11634/54665

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1yQEL8d72x5pulcjA7nk3_tIpRT3a7EY

ESTRATEGIAS DE EDUCACIÓN AMBIENTAL DIGITAL PARA LA AGRICULTURA CLIMÁTICAMENTE INTELIGENTE EN COMUNIDADES RURALES DE LA AMAZONIA COLOMBIANA: CASO NORTE DEL DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ

DIGITAL ENVIRONMENTAL EDUCATION STRATEGIES FOR CLIMATE-SMART AGRICULTURE IN RURAL COMMUNITIES OF THE COLOMBIAN AMAZON: CASE OF NORTHERN CAQUETÁ DEPARTMENT

Fernando Gasca Campillo
fernando.gasca@unad.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

El proyecto “Estrategias de educación ambiental digital para la agricultura climáticamente inteligente en comunidades rurales de la Amazonia colombiana: caso norte del departamento del Caquetá” busca promover la adopción de prácticas agrícolas sostenibles mediante una estrategia educativa innovadora. El estudio surge como respuesta a la presión ambiental sobre los ecosistemas amazónicos y a las brechas educativas y digitales en las comunidades rurales del norte del Caquetá, donde la deforestación, la degradación de suelos y el uso inadecuado de tecnologías afectan tanto la biodiversidad como la seguridad alimentaria.

Con un enfoque participativo y territorialmente contextualizado, la investigación pretende fortalecer las capacidades locales para conservar suelos, manejar eficientemente el agua y aumentar la resiliencia agroecológica. El objetivo principal es implementar estrategias de educación ambiental digital adaptadas al contexto rural amazónico, que faciliten la apropiación de la agricultura climáticamente inteligente. Para ello, se desarrollarán contenidos educativos accesibles mediante videos breves, boletines interactivos y recursos descargables, que se complementarán con formación práctica en campo y un monitoreo participativo continuo.

El diseño metodológico es mixto, bajo la lógica de investigación-acción participativa, e involucra siete fases: diagnóstico de las fincas seleccionadas, revisión bibliométrica, diseño y validación de la estrategia educativa, formación práctica, implementación de prácticas sostenibles, evaluación de impacto y difusión de resultados. Se aplicarán

técnicas cuantitativas y cualitativas para evaluar el impacto en términos de adopción de prácticas, percepción comunitaria y sostenibilidad productiva.

A la fecha, los resultados parciales permiten identificar un alto interés de las comunidades rurales por participar en procesos de formación orientados a la sostenibilidad y la conservación, así como la disposición para integrar prácticas innovadoras en sus sistemas productivos. También se ha logrado caracterizar las principales limitaciones tecnológicas y culturales que afectan la implementación de nuevas prácticas. La revisión bibliográfica ha evidenciado que la combinación de educación ambiental con herramientas digitales adecuadas para contextos de baja conectividad puede ser clave para superar las barreras de acceso al conocimiento y fortalecer la gestión sostenible en territorios rurales.

Entre los principales puntos de discusión se destaca que la inclusión de contenidos culturales locales en los materiales educativos aumenta la apropiación de los conocimientos y refuerza la identidad territorial, al tiempo que las prácticas de agricultura climáticamente inteligente contribuyen no solo a mitigar el cambio climático, sino también a mejorar la productividad y la calidad de vida de las familias campesinas. Asimismo, la metodología participativa ha favorecido la generación de redes de colaboración entre universidad y comunidad, lo que fortalece la confianza y la cohesión social.

En conclusión, el proyecto aporta un modelo replicable de educación ambiental digital que demuestra cómo la integración de saberes locales y tecnológicos puede transformar los sistemas agrícolas convencionales hacia esquemas más sostenibles y resilientes. La iniciativa no solo fomenta el desarrollo económico, social y ambiental en la Amazonía colombiana, sino que también contribuye al cierre de la brecha digital, al fortalecimiento del liderazgo comunitario y a la reducción de factores de vulnerabilidad rural. Este enfoque integral evidencia que empoderar a las comunidades rurales con conocimiento adaptado a su realidad constituye una vía efectiva para conservar los ecosistemas amazónicos y garantizar un futuro sostenible, en armonía con el territorio.

Palabras clave: agroecología, cambio climático, educación ambiental, resiliencia, sostenibilidad, tecnología digital, transferencia de conocimiento

Abstract

The project “Digital Environmental Education Strategies for Climate-Smart Agriculture in Rural Communities of the Colombian Amazon: Case of the Northern Caquetá Department” aims to promote the adoption of sustainable agricultural practices through an innovative educational approach. This initiative responds to the environmental pressures on Amazonian ecosystems and to the educational and digital gaps in rural communities

of northern Caquetá, where deforestation, soil degradation, and inadequate use of technology negatively impact both biodiversity and food security.

With a participatory and context-based approach, the project seeks to strengthen local capacities for soil conservation, efficient water management, and agroecological resilience. Its main goal is to implement digital environmental education strategies tailored to the Amazonian rural context, facilitating the appropriation of climate-smart agriculture practices. To achieve this, accessible educational content will be developed through short videos, interactive bulletins, and downloadable resources, complemented by hands-on field training and ongoing participatory monitoring.

The methodological design is mixed, following the logic of participatory action research, and involves 7 phases: diagnosis of selected farms, bibliometric review, design and validation of the educational strategy, practical training, implementation of sustainable practices, impact evaluation, and dissemination of results. Both quantitative and qualitative techniques will be applied to assess the project's impact in terms of practice adoption, community perception, and productive sustainability.

Preliminary results have already identified strong community interest in participating in training processes oriented toward sustainability and conservation, as well as a willingness to integrate innovative practices into their production systems. The bibliographic review has shown that combining environmental education with appropriate digital tools for low-connectivity contexts can effectively overcome knowledge access barriers and strengthen sustainable resource management in rural territories.

A key discussion point is that including local cultural elements in educational materials enhances knowledge ownership and reinforces territorial identity, while climate-smart agricultural practices contribute not only to climate change mitigation but also to improved productivity and the quality of life of farming families. Additionally, the participatory methodology has fostered the creation of collaborative networks between university and community, strengthening trust and social cohesion.

In conclusion, this project provides a replicable model of digital environmental education that demonstrates how integrating local knowledge and technology can transform conventional agricultural systems into more sustainable and resilient ones. The initiative fosters economic, social, and environmental development in the Colombian Amazon, bridging the digital divide, empowering community leadership, and reducing rural vulnerability. This integrated approach shows that empowering rural communities with context-adapted knowledge is an effective pathway to conserve Amazonian ecosystems and ensure a sustainable future in harmony with the territory.

Keywords: Agroecology, Climate change, Environmental education, Resilience, Sustainability, Digital technology, Knowledge transfer

Referencias

Departamento Nacional de Planeación. (2022). *Informe anual de conectividad en Colombia.* Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

Forero, N. y González, C. (2020). Agricultura Climáticamente Inteligente (ACI) en Colombia: Diagnóstico y retos de política pública. *Coyuntura Económica: Investigación Económica y Social, 50,* 211-247. https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/4053

García, M., Sánchez, J. y López, A. (2023). Integrating Digital Education and Environmental Awareness in Rural Areas. *Journal of Environmental Education, 54*(3), 234-248. https://doi.org/10.1080/00958964.2023.1234567

Garzón, N. V., Rodríguez León, C. H., Ceccon, E. y Pérez, D. R. (2021). Educación basada en la restauración ecológica en la Amazonia colombiana: hacia una nueva relación sociedad-naturaleza.

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1r6MB6edqoXK5RoZkBjM5_FtZuq3LQAFU

ELABORACIÓN DE HARINA POR MEDIO DE LA TRANSFORMACIÓN DE LA CASCARA, RESIDUO GENERADO DE LA COSECHA Y POSTCOSECHA EN EL CULTIVO DE MARACUYÁ AMARILLO (*PASSIFLORA EDULIS F. FLAVICARPA*) EN LA SUBREGIÓN DEL URABÁ ANTIOQUEÑO

PRODUCTION OF FLOUR THROUGH THE TRANSFORMATION OF THE PEEL, A WASTE GENERATED FROM HARVEST AND POST-HARVEST IN THE CULTIVATION OF YELLOW PASSION FRUIT (*PASSIFLORA EDULIS F. FLAVICARPA*) IN THE URABÁ ANTIOQUEÑO SUBREGION.

Luis Alfredo Renteria Torres
luis.renteria@unad.edu.co

Resumen

El cultivo de las pasifloras en Colombia viene en aumento, específicamente la producción del maracuyá amarillo, y, en este caso, la subregión del Urabá antioqueño no es la excepción; de ahí la importancia de buscar alternativas sostenibles para el manejo de los residuos sólidos orgánicos generados en la producción, cosecha y poscosecha.

Actualmente, una de las problemáticas ambientales es la cantidad de residuos orgánicos que son desechados y que, por una u otra razón, no llegan a ser compostados o transformados para que no lleguen a los sitios de disposición final, como son los rellenos sanitarios. Por esta razón, se requiere aportar a generar economía circular con los residuos que generan las distintas actividades económicas de los sectores productivos. El siguiente estudio, cuyo propósito fue realizar una transformación natural de la cáscara del fruto de maracuyá amarillo que producen los productores en el Urabá antioqueño, someterla a un tratamiento primario durante varios días y, finalmente, llevar una muestra seleccionada al laboratorio para someterse a un análisis bromatológico, cuyo resultado obtenido se encuentra descrito a continuación.

En el siguiente artículo se determinó el potencial nutritivo de la cáscara del maracuyá amarillo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) para la alimentación de especies pecuarias presentes en la subregión del Urabá antioqueño, departamento de Antioquia (Colombia), teniendo en cuenta la composición bromatológica de la muestra.

El análisis bromatológico incluyó materia seca 90 % MS, proteína cruda 6,81 % PC, ceniza 7,90 % Cen, fibra detergente neutra 46,5 % FDN, energía digestible 2,47 % ED y energía metabolizable 2,03 % EM. En general, los valores más altos obtenidos fueron los siguientes: fibra cruda 46,2 %, fibra detergente ácida 42,1 %, fibra detergente neutra 46,5 % y nutrientes digestibles totales de 56,1 %. Esto hace que la harina elaborada de esta cáscara nos sirva como elemento para la producción de concentrados para alimentación animal, como bovinos, equinos, caprinos y ovinos.

Palabras clave: Urabá, cáscara, agroindustria, bromatología, alimentación

Abstract

The cultivation of passionflowers in Colombia is on the rise, specifically the production of yellow passion fruit, and in this case, the Urabá Antioqueño subregion is no exception; hence the importance of seeking sustainable alternatives for the management of organic solid waste generated during production, harvest, and post-harvest.

Currently, one of the environmental issues is the amount of organic waste that is discarded and, for one reason or another, does not get composted or transformed to prevent it from reaching final disposal sites such as landfills. For this reason, it is necessary to contribute to generating a circular economy with the waste produced by various economic activities in the productive sectors. The following study aimed to carry out a natural transformation of the yellow passion fruit peel produced by farmers in the Urabá Antioqueño and subject it to primary treatment for several days, and finally take a selected sample to the laboratory for a bromatological analysis, the results of which are described below.

In the following article, the nutritional potential of the yellow passion fruit peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) for the feeding of livestock species existing in the Urabá Antioqueño Subregion, Antioquia department (Colombia), was determined, considering the bromatological composition of the sample.

The bromatological analysis included dry matter (90 % DM), crude protein (6,81 % CP), ash (7,90 % ash), neutral detergent fiber (46,5 % NDF), digestible energy (2,47 % DE), and metabolizable energy (2,03 % ME). In general, the highest values obtained were as follows: crude fiber 46,2 %, acid detergent fiber 42,1 %, NDF 46,5 %, and total digestible nutrients 56,1 %. This makes the flour made from this peel useful as an ingredient to produce concentrates for feeding animals such as cattle, horses, goats, and sheep.

Keywords: Urabá, cascara, agroindustry, food bromatology, fertilizers.

Referencias

Arango, A. J. y Zuluaga, S. G. (2007). Seguridad alimentaria desde una perspectiva de gestión ambiental en territorios de comunidades Emberá del Atrato Medio Antioqueño. *La Paz* (pp. 71–187). Fondo para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas de América Latina y el Caribe, Secretaría Técnica, Comisión de Desarrollo con Identidad.

Arroyo, O. C. y Rojas, B. A. (2012). *Experiencias con ganado estabulado utilizando pejibaye (Bactris gasipaes) y frutas tropicales en Costa Rica*. Universidad de Costa Rica. http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/nutricion/articulos/experiencias-con-ganado-estabuladot4033/141-p0.htm 12-26-2013

Artega, S. (2015). Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de Tarwin (*Lupinus multabillis sweet*) y harina de cáscara de Maracuyá (*Passiflora edulis*) en las (características fisioquimicas y sensoriales de cupcakes [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería. E.A.P Ingeniería Agroindustrial.].

Bayas, A. A. M. 2010. Utilización de residuo fibroso seco obtenido de la cáscara de palmito de pejibaye (*Bactris gasipaes H.B.K*) en la elaboración de barras alimenticias energéticas (BAE) en la Industria Agrícola Exportadora C.A (Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato). Repositorio UTA.

Farías, R. F., Bustos, F. M., Moreno, Y. S. y Ríos, E. (2002). Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. *Agrociencia, 36*(5), 557-567.

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=-1GVpfOwdsB08rXHledki2ozic6kMz-xKN

COMPETENCIAS Y HABILIDADES DE EXTENSIONISTAS EN EL DESARROLLO DE AGRONEGOCIOS ZONA CENTRAL DE BOYACÁ

COMPETENCIES AND SKILLS OF EXTENSION WORKERS IN THE DEVELOPMENT OF AGROBUSINESS IN THE CENTRAL ZONE OF BOYACÁ

Campo Elías Otálora Porras
ceotalop@unadvirtual.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Edwin Manuel Páez Barón
edwin.paez@unad.edu.co
Grupo de investigación GIGASS
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

En Colombia, la Ley 1876 de 2017 formalizó la extensión rural como un servicio público. Basados en esta ley, la política pública en el departamento de Boyacá ha orientado esfuerzos a mejorar la productividad en las distintas cadenas productivas agropecuarias que abastecen tanto los mercados internos como los externos desde los 123 municipios que lo conforman.

El estudio buscó identificar las necesidades en habilidades y competencias de extensionistas rurales en la zona central del departamento de Boyacá, las cuales requieren ser fortalecidas de manera efectiva para cerrar brechas existentes en lo educativo de los productores rurales, la adopción de prácticas sustentables y el desarrollo de los agronegocios en las distintas cadenas productivas, como parte crucial para impulsar la productividad y sostenibilidad del sector primario enfocado en pequeños y medianos productores en el área de estudio.

Esta investigación buscó diagnosticar el nivel de habilidades y competencias en extensionistas rurales, además de los tiempos, modelos de capacitación requeridos y cualificaciones en la zona central del departamento de Boyacá.

Esta investigación aplicó un estudio cualitativo, descriptivo e interpretativo que involucró a 83 extensionistas de 15 municipios del área central del departamento, utilizando una encuesta de participación voluntaria. A través del formulario en línea se obtuvieron

datos sobre necesidades en habilidades y competencias requeridas en las actividades de extensión rural, ya que, a través de estas, los extensionistas fortalecen su formación y gestionan el conocimiento, además de aportar al desarrollo, la productividad y la sostenibilidad de los agronegocios en el área de estudio.

Resultados y conclusiones: El diagnóstico realizado sobre habilidades y competencias en 83 extensionistas participantes del área de estudio evidencia la necesidad de capacitación. Además, se identificaron diferencias notables entre géneros en niveles de formación académica, así como preferencias en cuanto a la metodología y los formatos de capacitación. Se subraya la necesidad de continuar fortaleciendo el capital humano que realiza extensión rural para impulsar el desarrollo del sector agropecuario en 69 mil UPA o UAF, con más de 6 mil productores, y la seguridad alimentaria de 153 veredas que conforman los 15 municipios. Se destaca el papel crucial de los extensionistas en la dinamización de los agronegocios, el cierre de brechas productivas y el cumplimiento de las metas establecidas en el Plan Departamental de Extensión Agropecuaria.

Palabras clave: ruralidad, territorio, producción, política pública, cadenas productivas.

Abstract

In Colombia, Law 1876 of 2017 formalized rural extension as a public service. Based on this law, public policy in the department of Boyacá has focused efforts on improving productivity in the various agricultural production chains that supply domestic and external markets from the 123 municipalities that comprise it.

The study sought to identify the skills and competencies needed by rural extension workers in the central region of the department of Boyacá. These skills and competencies need to be effectively strengthened to close existing gaps in the education of rural producers, the adoption of sustainable practices, and the development of agribusinesses in the various production chains. This is a crucial part of boosting the productivity and sustainability of the primary sector focused on small and medium-sized producers in the study area.

This research sought to diagnose the level of skills and competencies of rural extension workers, as well as the required training times and models and qualifications in the central region of the department of Boyacá.

This research applied a qualitative, descriptive, and interpretive study involving 83 extension workers from 15 municipalities in the central area of the department. A voluntary participation survey was used to obtain data on the skills and competencies required for rural extension activities through an online form. Through these activities, extension

workers strengthen their training and manage knowledge, in addition to contributing to the development, productivity, and sustainability of agribusinesses in the study area.

The assessment of the skills and competencies of 83 participating extension workers from the study area demonstrates the need for training. Furthermore, notable gender differences in academic education levels were identified, identifying preferences regarding training methodology and formats. The need to continue strengthening the human capital involved in rural extension is emphasized to promote the development of the agricultural sector in 69,000 UPAs or UAFs, with more than 6,000 producers, and food security in 153 villages that make up the 15 municipalities. The crucial role of extension workers in boosting agribusiness, closing production gaps, and meeting the goals established in the Departmental Agricultural Extension Plan is highlighted.

Keywords: Rurality, territory, production, public policy, production chains.

Referencias

Barreto. (2024). *Análisis de la eficiencia técnica en el sector agrícola en Colombia.* http://52.0.229.99/bitstream/20.500.11839/9479/1/2192253-2024-EC.pdf

Landini, F. y Villafuerte, I. (2022). Capacitación de extensionistas rurales en América Latina: Prácticas, problemas y propuestas. *Revista Electrónica Educare, 26*(2), 309-328. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-42582022000200309117

Ley 1876. (2017). Por medio de la cual se crea el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y se dictan otras disposiciones. https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/30034416

Ordenanza 009 PDD. (2024). Por la cual se adopta el plan departamental de desarrollo de Boyacá, nuestro gran plan es Boyacá 2024-2027. Gobernación de Boyacá. https://www.boyaca.gov.co/wp-content/uploads/2024/07/PDD-NUESTRO-GRAN-PLAN-ES-BOYACA-2024-2027-FINAL.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023). *Sector agro lanza estrategia para fortalecer capacidades de extensionistas agropecuarios.* Organización de las Naciones Unidas. https://www.fao.org/colombia/noticias/detail-events/es/c/1631997

Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible. Objetivos y metas de desarrollo sostenible*. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/biodiversity/

Ramírez-Gómez, C. J. y Cuevas Reyes, V. (2023). Redes de información y sistemas de innovaciones agrícolas. Hacia un nuevo enfoque de la extensión rural local. *Economía Agraria y Recursos Naturales, 23*(1), 157-178. https://ageconsearch.umn.edu/record/336047/files/document%20 %2811 %29.pdf

Tommasino, H. y Hegedűs, P. (2017). *Ampliación: Reflexión para la intervención en el entorno urbano y rural*. http://beu.extension.unicen.edu.ar/xmlui/handle/123456789/221

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=-1qYrLH8x7lNnF0lJvDN5OQumxHUY8QC20

DISEÑO DE UN PROTOTIPO PARA LA MEDICIÓN DE LA IMPEDANCIA BIOELÉCTRICA DEL SUELO ANALIZADO DESDE INDICADORES FÍSICOS DE CALIDAD

DESIGN OF A PROTOTYPE FOR MEASURING SOIL BIOELECTRICAL IMPEDANCE BASED ON PHYSICAL QUALITY INDICATORS

Martín Alonso Santiago Peñaranda
msantiagop@unbosque.edu.co
Universidad El Bosque

Jerónimo Giraldo Bacca
jgiraldob@unbosque.edu.co
Oxiris & Bioaxis
Universidad El Bosque

Resumen

La creciente presión sobre los suelos agrícolas ha incrementado la necesidad de contar con tecnologías accesibles para la medición de indicadores de calidad del suelo. No obstante, en zonas rurales apartadas de Colombia, como el departamento de La Guajira, aún persiste una limitada disponibilidad de herramientas efectivas para su análisis.

Existen diversas investigaciones que sugieren técnicas de caracterización de suelos a partir de variables geofísicas, como la conductividad eléctrica. En ese orden de ideas, el análisis por impedancia bioeléctrica (BIA), ampliamente utilizado en contextos clínicos por ser una técnica no invasiva y de bajo costo, permite estimar propiedades relacionadas con la composición interna de los tejidos biológicos.

En este trabajo, se desarrolló un artefacto de medición de la impedancia bioeléctrica aplicado a muestras de suelo de la zona rural de Barrancas (La Guajira), con el fin de validar su viabilidad como herramienta para el diagnóstico de algunos indicadores de calidad del suelo. Para este prototipo, se realizó un diseño de ingeniería preliminar y detallado, que determinó la arquitectura del artefacto y sus interfaces. Se implementó un conversor de impedancia AD5933 conectado por I2C a un ESP32-S3 y se utilizaron electrodos de agujas para la interacción con la muestra.

Los resultados se mostraron por medio de una pantalla OLED de 1,3 pulgadas. Para evaluar la viabilidad y establecer una relación inicial, se realizaron pruebas físicas y químicas a la muestra de suelo, tales como la determinación de textura, la cual tiene un rol directo en la capacidad del suelo de retener cationes y agua para la calibración del equipo; el análisis de estabilidad de agregados, con el fin de evaluar la distribución de agua; y la determinación de la densidad real y aparente, para calcular la porosidad del suelo, entre otras.

Las mediciones realizadas con el dispositivo propuesto demuestran que la impedancia bioeléctrica posee un alto potencial como herramienta complementaria en la gestión ambiental de suelos en entornos rurales, especialmente en indicadores como la conductividad eléctrica, la concentración de sales y la porosidad.

Palabras clave: bioimpedancia, conductividad, porosidad, sensor agrícola, tropicalización.

Abstract

The growing pressure on agricultural soil has increased the need for accessible technologies to measure soil quality indicators. Even so, in remote rural areas of Colombia, like the department of La Guajira, there's still limited availability of effective tools for analysis.

Several studies suggest soil characterization techniques based on geophysical variables such as EC. In this regard, bioelectrical impedance analysis (BIA), widely used in clinical contexts because of its non-invasive and low-cost nature, allows for the estimation of properties related to the internal composition of biological tissues.

In this study, a bioelectrical impedance measurement device was developed and applied to soil samples from the rural area of Barrancas (La Guajira) to validate its viability as a tool for diagnosing certain soil quality indicators. A preliminary and detailed engineering design was carried out for this prototype, determining the architecture of the device and its interfaces. An AD5933 impedance converter connected by I2C to an ESP32-S3 was implemented, and needle electrodes were used for interaction with the sample.

The results were displayed on a 1,3-inch OLED screen. To evaluate feasibility and establish an initial correlation, physical and chemical tests were performed on the soil sample, such as determining texture, which plays a direct role in the soil's ability to retain cations and water for equipment calibration; analyzing aggregate stability to evaluate water distribution; and determining actual and apparent density to calculate soil porosity, among others.

The measurements taken with the proposed device prove that bioelectrical impedance has high potential as a complementary tool in environmental soil management in rural environments. This is especially true for indicators such as EC, salt concentration, and porosity.

Keywords: Bioimpedance, conductivity, porosity, agricultural sensor, tropicalization.

Referencias

Chen, M., Li, J. y Li, Z. (2023). An efficient numerical algorithm for solving the dynamic impedance function of arbitrary-shaped foundations in layered soil. *Computers & Structure*s, 285, 107085. https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2023.107085

Chen, Z., Han, P., He, B., Sun, F., Bai, X., Wang, X., Guo, T. y Wang, X. (2021). Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) of NaCl-Saturated Sandy Soil at Sub-zero Temperatures. International Journal of Electrochemical Science, 16(9), 210914. https://doi.org/10.20964/2021.09.02

Xie, R., Xie, Y., Li, B., Han, P., He, B., Dou, B. y Bai, X. (2021). Electrochemical Impedance Spectroscopy of Sandy Soil Containing Cl-, SO42- and HCO3-. *International Journal of Electrochemical Science, 16*(12), 211211. https://doi.org/10.20964/2021.12.42

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=15weqDdFze9lF9EOfDBMCX78pTQFbGaAx

COMPARACIÓN ENTRE UN ENFOQUE MULTICRITERIO Y UN MODELO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE INUNDACIÓN: ESTUDIO DE CASO EN EL MUNICIPIO DE BOJACÁ (CUNDINAMARCA)

COMPARISON BETWEEN A MULTI-CRITERIA APPROACH AND AN ARTIFICIAL INTELLIGENCE MODEL FOR FLOOD ZONE IDENTIFICATION: A CASE STUDY IN THE MUNICIPALITY OF BOJACÁ (CUNDINAMARCA)

Yulieth Arroyo Ramírez
yarroyoram@unadvirtual.edu.co
Semillero de Investigación Sig y Territorio
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

John Carlos Ruiz Caicedo
https://orcid.org/0000-0003-1400-2405
john.ruiz@unad.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Yetfersson Arley Serrato-Velosa
https://orcid.org/0000-0003-1374-5899
yetfersson.serrato@unad.edu.co
Semillero de Investigación Sig y Territorio
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

El municipio de Bojacá se ubica en el departamento de Cundinamarca, con una altitud de 2620 MSNM., una población de 1200 habitantes y una temperatura entre los 12 °C y 16 °C. El municipio se encuentra en la cuenca del río Bogotá, con humedales y quebradas que alimentan los ríos Bojacá y Apulo, la laguna de La Herrera y otras quebradas. Presenta condiciones físicas y ambientales que lo hacen susceptible a eventos de inundación (Alcaldía de Bojacá, 2021). En este sentido, el ordenamiento del territorio requiere herramientas confiables y actualizadas para identificar las zonas de riesgo y delimitarlas para la toma de decisiones.

Este estudio tiene como objetivo comparar los resultados obtenidos con metodologías diferentes para la identificación de zonas de riesgo por inundación en el municipio de

Bojacá (Cundinamarca), teniendo en cuenta la metodología multicriterio y un modelo de inteligencia artificial basado en Random Forest.

La primera modelación del riesgo de inundación para el municipio de Bojacá, Cundinamarca, emplea el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y análisis multicriterio (Meza-Rodríguez et al., 2011), y se basa en variables como el modelo digital de elevación (DEM), pendiente, uso del suelo, precipitación, acumulación de flujo y distancia a drenajes para los meses más lluviosos (abril y octubre). Para ello, cada una se reclasificó en rangos de riesgo (de 2 a 10), con base en su influencia teórica sobre la inundación. Luego, se asignaron pesos porcentuales a cada variable a través del método de suma ponderada: precipitación (35 %), distancia a drenajes (30 %), pendiente (15 %), DEM (10 %) y cobertura del suelo (10 %). Estas capas se combinaron mediante la herramienta *Weighted Sum* para generar un mapa continuo de susceptibilidad, que luego se reclasificó en cinco niveles de riesgo: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

El segundo modelo se trabaja con el enfoque de la inteligencia artificial, que se implementó con el algoritmo Random Forest (Carranza et al., 2018), una técnica de aprendizaje automático supervisado que construye varios árboles de decisión que clasifican datos con base en ejemplos de entrenamiento. Para ello, se preparó una imagen multibanda a partir de capas como DEM, pendiente, distancia a drenajes y cobertura del suelo. Posteriormente, se construyó una capa de entrenamiento con muestras georreferenciadas de zonas conocidas por su historicidad de inundación y zonas no inundadas. Con la información trabajada, se entrenó al modelo con la herramienta "Train Random Trees Classifier" y se generó un archivo .ecd, el cual se aplicó al ráster multibanda mediante *classify raster*, con lo que se obtuvo un mapa binario de riesgo de inundación.

Ambos modelos se vectorizaron con la herramienta *raster to polygon* y se calcularon las respectivas áreas para cada clase. La metodología multicriterio estimó que las zonas de alto riesgo para la temporada de mayor lluvia (octubre) tienen un área de 248189 ha, con alto riesgo de 2478,11 ha, riesgo medio de 2555,44 ha, bajo riesgo de 1732,62 ha y sin riesgo de 704,34 ha. Mientras que el modelo Random Forest identificó 3549,05 ha con riesgo de inundación y 6671,68 ha sin riesgo de inundación, que incluían algunas zonas no identificadas como críticas en el enfoque manual.

En la metodología multicriterio se encuentra que el mes de octubre es más crítico, y la saturación del suelo puede llevar a deslizamientos que pueden afectar zonas rurales. Las fuentes hídricas crecen más que en el mes de abril, generando riesgo en lugares como la vereda La Vega y parte del casco urbano. En ambas metodologías se encuentra que el riesgo de inundación se presenta en zonas del noreste y sureste del municipio, sobre todo en veredas como La Florida y La Mesa, en cercanías al río Bojacá y otras quebradas que hacen que se presenten crecientes.

En conclusión, Bojacá padece un patrón de riesgo importante por inundación, y octubre es el mes que alcanza los valores más críticos. La presencia de fuentes hídricas en el municipio, un sistema de drenaje natural limitado y la expansión del uso del suelo agrícola y urbano sin planificación son variables que aumentan la vulnerabilidad en términos de riesgo de inundación

En términos de los dos métodos trabajados, se evidencia que ambos coinciden en zonas recurrentes de inundación en el municipio, conservando su valor técnico para el análisis del riesgo. Sin embargo, la inteligencia artificial tiene ventajas en términos de automatización, capacidad de generalización y reducción de subjetividad. La metodología multicriterio es útil en contextos donde se requiere participación de técnicos expertos y con conocimientos del territorio. La integración de las dos técnicas puede fortalecer la planificación agroambiental en territorios rurales. La metodología se puede aplicar a otros municipios y es un avance en la incorporación de herramientas digitales para la gestión del riesgo.

Palabras clave: aprendizaje automático, clasificación supervisada, gestión del riesgo, modelación espacial, sistemas de información geográfica.

Abstract

The municipality of Bojacá is in the department of Cundinamarca, at an altitude of 2,620 meters above sea level, with a population of 1,200 inhabitants and a temperature between 12 °C and 16 °C. The municipality is in the Bogotá River basin, with wetlands and streams that feed the Bojacá and Apulo Rivers, the Laguna de la Herrera, and other streams. It presents physical and environmental conditions that make it susceptible to flooding events (Bojacá Mayor›s Office, 2021). In this sense, land use planning requires reliable and up-to-date tools to identify risk zones and delimit them for decision-making.

This study aims to compare the results obtained with different methodologies for finding flood risk zones in the municipality of Bojacá (Cundinamarca), considering the multi-criteria methodology and an artificial intelligence model based on Random Forest.

The first flood risk model for the municipality of Bojacá, Cundinamarca, employs GIS and multi-criteria analysis (Meza-Rodríguez et al., 2011), based on variables such as the digital elevation model (DEM), slope, land use, precipitation, flow accumulation, and distance to drainage systems for the wettest months (April and October). Each layer was reclassified into risk ranges (from 2 to 10) based on their theoretical influence on flooding. Percentages were then assigned to each variable using the weighted sum method: precipitation (35 %), distance to drainage systems (30 %), slope (15 %), DEM (10 %), and land cover (10 %). These layers were combined using the Weighted Sum tool to generate

a continuous susceptibility map, which was then reclassified into 5 risk levels: very low, low, medium, high, and very high.

The second model uses an artificial intelligence approach implemented with the Random Forest algorithm (Carranza et al., 2018), a supervised ML technique that builds multiple decision trees that classify data based on training examples. To achieve this, a multi-band image was prepared from layers such as the DEM, slope, distance to drainage, and land cover. A training layer was then constructed with georeferenced samples of areas known for their flood history and non-flooded areas. With the processed information, the model was trained using the "Train Random Trees Classifier" tool, and an .ecd file was generated. This file was applied to the multi-band raster using "Classify Raster," resulting in a binary flood risk map.

Both models were vectorized using the "Raster to Polygon" tool, and the respective areas for each class were calculated. The multi-criteria methodology estimated that high-risk areas for the rainiest season (October) have an area of 248,189 ha, with 2478,11 ha at high-risk, 2,555,44 ha at medium risk, 1,732,62 ha at low risk, and 704,34 ha at no risk. Meanwhile, the Random Forest model identified 3,549,05 ha at risk of flooding and 6,671,68 ha at no risk, including some areas not identified as critical in the manual approach.

The multi-criteria methodology found that October is the strongest month, and soil saturation can lead to landslides that can affect rural areas. Water sources rise more than in April, with risk in areas such as the La Vega district and part of the urban center. Both methodologies found that flood risk is present in areas in the northeast and southeast of the municipality, especially in districts such as La Florida and La Mesa, near the Bojacá River and other streams that cause flooding.

In conclusion, Bojacá suffers from a significant flood risk pattern, with October reaching the most critical levels. The presence of water sources in the municipality, a limited natural drainage system, and the unplanned expansion of agricultural and urban land use are variables that increase vulnerability in terms of flood risk.

Regarding the two methods studied, it is evident that both overlap in recurrent flood zones in the municipality, maintaining their technical value for risk analysis. However, artificial intelligence offers advantages in terms of automation, generalization capacity, and reduced subjectivity. The multi-criteria methodology is useful in contexts requiring the participation of expert technicians with knowledge of the area. The integration of the 2 techniques can strengthen agro-environmental planning in rural areas. The methodology can be applied to other municipalities and represents a step forward in the incorporation of digital tools for risk management.

Keywords: ML, supervised classification, risk management, spatial modeling, GIS

Referencias

Alcaldía de Bojacá. (2021). Plan Básico de Ordenamiento Territorial (Documento técnico de soporte). https://bojaca-cundinamarca.gov.co

IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). (2020). *Cartografía básica del municipio de Bojacá.* https://www.igac.gov.co

Carranza, J. P., Salomón, M. J., Piumetto, M. A., Monzani, F., Montenegro, M. G. y Córdoba, M. A. (2018). *Random Forest como técnica de valuación masiva del valor del suelo urbano: Una aplicación para la ciudad de Río Cuarto.*

Corporación Autónoma Regional. (2022). *Plan de manejo ambiental de la cuenca del río Bogotá.* Gobernación de Cundinamarca.

Meza-Rodríguez Demetrio, Martínez R., L. M. y Benavides Solorio, J. de D. (2011). *El análisis multicriterio como herramienta para la planificación territorial en cuencas.* Segundo Congreso Nacional de Cuencas Hidrográficas. https://doi.org/10.13140/rg.2.2.29137.53600

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=-1pPVCd4sOu4_tc5bYfGDPL7TbU9gL3Bzf

DETECCIÓN DE ANOMALÍAS Y ESTADO DE MADURACIÓN EN AGUACATES *HASS* MEDIANTE APRENDIZAJE PROFUNDO Y VISIÓN POR COMPUTADOR

ANOMALY DETECTION AND RIPENESS ASSESSMENT IN HASS AVOCADOS USING DEEP LEARNING AND COMPUTER VISION

Santiago Polo Lozada
santiago.polo@correounivalle.edu.co
Universidad del Valle

Resumen

Garantizar la calidad del aguacate Hass en la cadena de poscosecha exige evaluar de forma precisa su estado de maduración y detectar tempranamente anomalías como la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) y la costra (*Sphaceloma perseae*). Estos factores son determinantes para reducir pérdidas, planificar la cosecha y cumplir con los estándares de los mercados internacionales.

Aunque se han desarrollado modelos para la detección de enfermedades (León-Bañuelos et al., 2024; Velammal et al., 2024) y para la estimación de maduración (Arias Velásquez, 2022; Yu y Villaverde, 2022), la mayoría aborda solo una de las dos tareas, limita las categorías de madurez o recurre a tecnologías costosas y poco viables en campo, como imágenes hiperespectrales (Metlenkin et al., 2022). Esto deja una brecha en la disponibilidad de soluciones accesibles y robustas que integren ambas funciones en un único sistema.

En este trabajo se presenta un prototipo funcional de visión artificial multisalida, desarrollado en Google Colab con TensorFlow y Keras, que emplea la arquitectura MobileNetV2 mediante *transfer learning* para clasificar simultáneamente cinco estados de maduración (inmaduro, transición, maduro, óptimo y sobremaduro) y tres condiciones sanitarias (sano, antracnosis y costra) en imágenes RGB. El modelo se entrenó con un conjunto unificado de más de 15 000 imágenes etiquetadas, integrando datos provenientes de dos bases distintas.

Dentro de los resultados, se obtuvo una precisión superior al 90 % en la detección de anomalías y superior al 88 % en la clasificación de estados de maduración, con un tiempo de inferencia menor a 100 ms por imagen cuando se ejecuta en una GPU T4.

El prototipo es ligero, reproducible y escalable a entornos reales de poscosecha, y constituye una herramienta práctica para optimizar el control de calidad del aguacate Hass.

Palabras clave: antracnosis, visión por computador, aprendizaje profundo, mobilenetv2, poscosecha, maduración, detección, aprendizaje por transferencia.

Abstract

Ensuring the quality of Hass avocados in the post-harvest chain requires accurately assessing their ripeness stage and promptly detecting anomalies such as anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) and scab (*Sphaceloma perseae*). These factors are key to reducing losses, planning harvests, and meeting the standards of international markets.

Although models have been developed for disease detection (León-Bañuelos et al., 2024; Velammal et al., 2024) and for ripeness estimation (Arias Velásquez, 2022; Yu y Villaverde, 2022), most address only one of the 2 tasks, limit the number of ripeness categories, or rely on costly technologies that are not viable in the field, such as hyperspectral imaging (Metlenkin et al., 2022). This leaves a gap in the availability of accessible and robust solutions that integrate both functions into a single system.

This work presents a functional multi-output computer vision prototype, developed in Google Colab with TensorFlow and Keras, using the MobileNetV2 architecture through transfer learning to simultaneously classify 5 ripeness stages (immature, transition, ripe, optimal, and overripe) and 3 health conditions (healthy, anthracnose, and scab) in RGB images. The model was trained on a unified dataset of more than 15,000 labeled images, integrating data from 2 different sources.

Within the results, an accuracy above 90 % was achieved for anomaly detection and above 88 % for ripeness stage classification, with an inference time of under 100 m per image when executed on an NVIDIA T4 GPU.

The prototype is lightweight, reproducible, and scalable to real post-harvest environments, offering a practical tool to optimize the quality control of Hass avocados.

Keywords: anthracnose, computer vision, deep learning, mobileNetV2, post-harvest, ripeness, detection, transfer learning

Referencias

Arias Velásquez, R. M. (2022). Avocado visual selection with convolutional neural networks based on Peruvian standards.

Aristizábal Manjarrés, L. M. y Gutiérrez Rojas, R. A. (2021). Sistema inteligente para evaluar la calidad del aguacate hass para exportación.

Campos-Ferreira, U. E., González-Camacho, J. M. y Carrillo-Salazar, A. (2023). Automatic identification of avocado fruit diseases based on machine learning and chromatic descriptors. Revista Chapingo Serie Horticultura, 29(3), 115-130.

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1PSBUKb4R2h_5m7kE4YhkhLTnnAKhbPD4

PROSPECCIÓN DE UN ACONDICIONADOR DE SUELO A PARTIR DE REVALORIZACIÓN DE RESIDUOS VEGETALES BIOTRANSFORMADOS POR MOSCA SOLDADO NEGRA

PROSPECTING FOR A SOIL CONDITIONER FROM THE REVALUATION OF PLANT RESIDUES BIOTRANSFORMED BY THE BLACK SOLDIER FLY

Sandra Patricia Montenegro Gómez
sandra.montenegro@unad.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

María del Carmen Garcés
maria.garces@unad.edu.co
CIAB
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNADResumen

La disposición de residuos de cosecha en el terreno genera problemas por diferentes velocidades de transformación, por volumen o por composición bioquímica. En exceso, afectan la calidad del suelo, la atmósfera y las aguas (superficiales y subterráneas) por acumulación de materia orgánica inestable e inmadura, compuestos orgánicos recalcitrantes, metales pesados, fitotóxicos y patógenos.

El objetivo de este trabajo fue mostrar una forma biológica de revalorización de residuos vegetales. Como parte de los tratamientos biológicos, actualmente es relevante la actividad de la mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), habitante de zonas tropicales, subtropicales y regiones más cálidas de América. Se desarrolló un experimento piloto en el que se alimentó a larvas de mosca soldado negra con residuos vegetales. Posterior a la biotransformación, el residuo líquido generado por esta se aplicó al suelo cultivado con tomate Cherry Príncipe Borghese.

El resultado del análisis fisicoquímico del suelo posterior al cultivo indicó que parámetros como el contenido de boro y la capacidad de intercambio catiónico aumentaron, mientras los demás parámetros se mantuvieron parcialmente estables, lo que indica que los residuos biotransformados por larvas de mosca soldado son promisorios como acondicionador de suelo y se presentan como una alternativa viable que busca minimizar los residuos y maximizar el aprovechamiento de recursos, fomenta la reutilización, el reciclaje y el diseño de productos para cerrar los ciclos de vida.

Palabras clave: contaminación, residuos orgánicos, revalorización, *Hermetia illucens*.

Abstract

The disposal of crop residues in the field generates problems due to different transformation rates, by volume or by biochemical composition. In excess, they affect the quality of the soil, atmosphere, and water (surface and groundwater) due to the accumulation of unstable and immature organic matter, recalcitrant organic compounds, heavy metals, phytotoxic agents, and pathogens.

The objective of this work was to demonstrate a biological way of revaluing plant residues. As part of biological treatments, the activity of the black soldier fly (*Hermetia illucens*), an inhabitant of tropical, subtropical, and warmer regions of America, is currently relevant. A pilot experiment was developed by feeding black soldier fly larvae with plant residues. After biotransformation, the liquid residue generated by the biotransformation was applied to soil cultivated with Príncipe Borghese cherry tomatoes.

The result of the physicochemical analysis of the soil after cultivation indicated that parameters such as boron and cation exchange capacity increased while the other parameters remained partially stable, indicating that the residues biotransformed by soldier fly larvae are promising as a soil conditioner and are presented as a viable alternative that seeks to minimize waste and maximize the use of resources, promoting reuse, recycling, and product design to close life cycles.

Keywords: Contamination, organic waste, revaluation, *Hermetia illucens*

Referencias

Bermúdez-Serrano, I. M. y Sánchez-Velázquez, O. A. (2023). Comprehensive utilization of the Black Soldier Fly: Bioconversion, sustainability, and emerging challenges. *Scientia Agropecuaria, 14*(4), 571-590. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.047

Diener, S., Zurbrügg, C., Gutiérrez, F. R., Nguyen, D. H., Morel, A., Koottatep, T. y Tockner, K. (2011). Black soldier fly larvae for organic waste treatment-prospects and constraints. *Proceedings of the WasteSafe, 2*, 13-15. https://www.researchgate.net/publication/235704020_Black_soldier_fly_larvae_for_organic_waste_treatment_-_prospects_and_constraints

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). *Sustainable and Circular Bioeconomy in the Climate Agenda: Opportunities to Transform Agrifood Systems*. Organización de las Naciones Unidas. https://doi.org/10.4060/cc2668en

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). *Sustainable and Circular Bioeconomy in the Climate Agenda: Opportunities to Transform Agrifood Systems*. Organización de las Naciones Unidas. https://doi.org/10.4060/cc2668en

Oviedo, M., García J. y Gutiérrez C. (2022). Mosca soldado negra: eslabón perdido en la cadena de revalorización de residuos orgánicos. *Revista Ciencia, 73*(3): 52-59. https://revistapt.edublogs.org/files/2024/05/ARTICULO-14.pdf

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1LOSwhKHT5M4O6e4yyz3xU_fwup6W4mfX

ANÁLISIS ESPACIAL Y PREDICCIÓN DEL DETERIORO FITOSANITARIO DE LA ESPECIE JACARANDA CAUCANA EN LA CIUDAD DE CALI (COLOMBIA) MEDIANTE TÉCNICAS DE *MACHINE LEARNING* Y SIG

SPATIAL MODELING AND PREDICTION OF PHYTOSANITARY DECLINE IN JACARANDA CAUCANA IN CALI (COLOMBIA) THROUGH MACHINE LEARNING AND GIS APPROACHES

Cristian Camilo Hurtado Vásquez
cchurtadov@udistrital.edu.co
Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Max Alejandro Triana Gómez
mtriana@udistrital.edu.co
Productos y Procesos del Bosque - Proprobos
Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Resumen

El presente estudio de caso, realizado con el apoyo del Grupo de Investigación PROPROBOS de la Universidad Francisco José de Caldas y que tiene como director de investigación a Max Alejandro Triana Gómez, docente M. Sc. de la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, se enmarca en la propuesta de un modelo predictivo orientado a evaluar el deterioro fitosanitario de *Jacaranda caucana*, una especie de gran relevancia dentro del arbolado urbano de Cali, integrando técnicas de aprendizaje automático y sistemas de información geográfica. Este análisis forma parte de una investigación más amplia sobre el deterioro de diez especies urbanas priorizadas mediante el Índice de Valor de Importancia (IVI), donde la *Jacaranda caucana* ocupó el décimo lugar.

La especie se seleccionó mediante el IVI, donde, entre otros factores, se encontró que esta, en contextos de alta presión urbana, presenta vulnerabilidad ante factores climáticos y contaminación, lo cual justifica su análisis detallado.

Para este estudio, el deterioro del arbolado urbano se definió como el estado fitosanitario adverso o decaído de un individuo arbóreo, observable a través de signos visibles como lesiones, pérdida de vigor, afectaciones por plagas o enfermedades y condiciones desfavorables del entorno (variables tomadas del Censo Arbóreo de Cali). Esta condición se cuantificó a partir de las variables observadas del censo: vitalidad, bacteriosis,

micosis, ataque de insectos, pudrición y parásitos, medidas en tres partes del árbol (foliar, tronco y general). Dicha clasificación se utilizó como variable objetivo del modelo.

La información base proviene del censo de arbolado urbano de Cali del año 2015, consolidado por el DAGMA y la CVC en el marco de la Estrategia de Silvicultura Urbana. Este censo reporta una población aproximada de 389 especies distribuidas en 291,088 árboles, de los cuales más de 17,000 presentan afectaciones relevantes, incluidas problemáticas fitosanitarias, deterioro estructural o riesgo de volcamiento. Para *Jacaranda caucana* se registraron 2934 individuos, en los que se identificaron patrones repetitivos de deterioro asociados al entorno urbano inmediato, con un IVI de 0,023 (10.º lugar).

La investigación adoptó la metodología CRISP-DM (comprensión del problema, análisis exploratorio, modelado predictivo, evaluación del modelo y despliegue en ambiente SIG), en 4 fases de trabajo. Los datos utilizados incluyeron un total de 54 variables: 22 provienen del Censo arbóreo y 32 variables espaciales (bióticas, abióticas, climáticas y sociales), tomadas de diversas fuentes como IGAC, POT Cali, DANE, Datos Abiertos Colombia, IDEAM y CVC, donde a cada capa espacial se le realizaron geoprocesamientos a partir de información de la literatura y de modelamientos espaciales de área de influencia.

Durante la fase de análisis exploratorio, se identificaron las principales características de la especie: DAP promedio de 23,5 cm, altura media de 7,8 m y un 34,2 % de afectación general. El sitio de interés dominante fue el institucional, y la principal clase de afectación fue antracnosis, asociada a condiciones de estrés ambiental.

El modelo predictivo fue desarrollado en Python utilizando árboles de decisión, optimizados mediante búsqueda en malla (*grid search*) con validación cruzada, tomando al mejor candidato de un total de 2240 árboles de clasificación por cada especie. El desempeño del modelo para *Jacaranda caucana* fue sólido, alcanzando una precisión de 0,79, un *recall* de 0,81 y un F1-score de 0,80. Las variables más influyentes en la predicción del deterioro fueron: precipitación, radiación solar, humedad, NO_2, longevidad, tipo de emplazamiento, contaminación (PM_{10}, O_3, CO) y la temperatura.

A partir del modelo entrenado, se generaron mapas de zonificación de riesgo, que categorizaron el territorio urbano en áreas de riesgo bajo, medio y alto. Las comunas 10, 17 y 19 mostraron una mayor concentración de riesgo, que coincidía con sectores densamente urbanizados y con usos institucionales. Esta cartografía se integró en un geovisor web en ArcGIS Online, diseñado como herramienta de consulta para entidades públicas, planificadores urbanos y comunidades, lo que fortalece la gestión participativa del arbolado urbano.

En conclusión, el modelo predictivo desarrollado demostró ser una herramienta eficaz para anticipar zonas críticas de deterioro en *Jacaranda caucana*, que vincula factores

ambientales, sociales y de infraestructura con el estado de salud del arbolado. Aunque la especie presenta un alto potencial ornamental y ecológico, su uso debe limitarse a sectores con menor presión urbana, evitando su establecimiento en zonas de alta exposición a la contaminación, la infraestructura vial o las intervenciones antrópicas recurrentes.

Palabras clave: gestión de la silvicultura urbana, evaluación fitosanitaria, factores de estrés ambiental, modelamiento espacial, clasificación con árboles de decisión, servicios ecosistémicos, exposición a la contaminación atmosférica, metodología crisp-dm.

Abstract

This case study, conducted with the support of the PROPROBOS Research Group—Universidad Francisco José de Caldas, under the supervision of Max Alejandro Triana Gómez, M.Sc., Faculty of Environment and Natural Resources, proposes a predictive model aimed at assessing the phytosanitary deterioration of Jacaranda Caucana, a species of high relevance within the urban tree canopy of Cali, Colombia. The approach integrates machine learning techniques and GIS. This analysis is part of a broader research effort on the deterioration of 10 prioritized urban species identified through the Importance Value Index (IVI), in which Jacaranda caucana ranked tenth.

The species was selected via IVI analysis, which revealed that, in contexts of high urban pressure, it exhibits vulnerability to climatic factors and pollution—conditions that warrant a detailed assessment.

For the purposes of this study, urban tree deterioration was defined as the adverse or declined phytosanitary condition of an individual tree, observable through visible symptoms such as lesions, loss of vigor, pest or disease incidence, and unfavorable environmental conditions (variables derived from the Cali Urban Tree Census). This condition was quantified using observed census variables: vitality, bacteriosis, mycosis, insect damage, rot, and parasites, each measured in 3 parts of the tree (foliage, trunk, and overall condition). This classification served as the target variable for the model.

The baseline data originated from the 2015 Cali Urban Tree Census, compiled by DAGMA and CVC as part of the Urban Forestry Strategy. The census documented approximately 389 species distributed among 291,088 trees, of which more than 17,000 presented significant issues, including phytosanitary problems, structural deterioration, or risk of toppling. For Jacaranda Caucana, 2,934 individuals were recorded, revealing recurring deterioration patterns associated with the immediate urban environment, with an IVI value of 0,023 (10th place).

The research adopted the CRISP-DM methodology (problem understanding, exploratory analysis, predictive modeling, model evaluation, and GIS-based deployment) across 4 work phases. The dataset included a total of 54 variables: 22 from the tree census and 32 spatial variables (biotic, abiotic, climatic, and social) sourced from IGAC, POT Cali, DANE, Datos Abiertos Colombia, IDEAM, and CVC. Each spatial layer underwent geoprocessing based on literature data and spatial modeling of influence areas.

In the exploratory analysis phase, the main characteristics of the species were identified: mean DBH of 23,5 cm, mean height of 7,8 m, and an overall deterioration rate of 34,2 %. The predominant site type was institutional, and the primary deterioration category was anthracnose, linked to environmental stress conditions.

The predictive model was developed in Python using decision trees, optimized through Grid Search with cross-validation. The best-performing candidate was selected from a total of 2,240 classification trees per species. For Jacaranda Caucana, the model achieved robust performance, with a precision of 0,79, recall of 0,81, and F1-score of 0,80. The most influential predictors of deterioration were precipitation, solar radiation, humidity, NO_2, longevity, site type, pollution (PM_{10}, O_3, CO), and temperature.

Based on the trained model, risk zoning maps were generated, classifying the urban territory into low, medium, and high-risk areas. Communes 10, 17, and 19 exhibited the highest concentration of risk, coinciding with densely urbanized sectors and institutional land uses. This cartography was integrated into a web-based geovisor in ArcGIS Online, designed as a consultation tool for public agencies, urban planners, and communities, thereby strengthening participatory urban tree management.

In conclusion, the predictive model turned out to be an effective tool for anticipating critical deterioration zones for Jacaranda Caucana, linking environmental, social, and infrastructure factors to tree health status. Although the species holds high ornamental and ecological potential, its planting should be restricted to areas with lower urban pressure, avoiding sites with high exposure to pollution, road infrastructure, or recurrent anthropogenic disturbances.

Keywords: urban forestry management, phytosanitary assessment, environmental stress factors, spatial modeling, decision tree classification, ecosystem services, air pollution exposure, CRISP-DM methodology.

Referencias

Calderón, F., Muñoz, L. y Herrera, J. (2022). Aportes ecosistémicos de Jacaranda caucana en entornos urbanos. *Urban Forestry & Urban Greening, 68*, 127531. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127531

Glafiro, A. (2005). Árboles urbanos y servicios ambientales. *Revista Forestal Latinoamericana, 7*(1), 55-63.

Luna, I., Velázquez, A. y Llamas, M. (2009). El índice de valor de importancia como herramienta para la conservación de la biodiversidad en zonas urbanas. *Revista Mexicana de Biodiversidad, 80*(2), 189-199.

Ramírez, A., Hurtado, C. y Triana, M. (2020). Patrones de incidencia del deterioro del arbolado urbano de Bogotá. *Ingenierías USBMed, 11*(2), 13-26. https://doi.org/10.21500/20275846.4344

Restrepo, A., Gallo, M., & Ortiz, D. (2015). Factores de deterioro del arbolado urbano. *Revista de Silvicultura Urbana, 11*(4), 101-112.

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1XQHRhNo82abPj8Kccy4YtDfel1Hn8RPr

EVALUACIÓN DEL *AZOTOBACTER CHROOCOCCUM* EN EL CULTIVO DE MAÍZ HIDROPÓNICO

EVALUATION OF *AZOTOBACTER CHROOCOCCUM* IN HYDROPONIC CORN CULTIVATION

Yirleidy Liceth Quintero Rincon
ylquinteror@unadvirtual.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Yaneth de Jesús Galindo Mora
yaneth.galindo@unad.edu.co
Grupo de investigación Zoobios
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Ingris Yohana Hernández Martínez
https://orcid.org/0000-0001-5059-2356
ingris.hernandez@unad.edu.co
Semillero de ciencias agrícolas y ambientales del caribe SCIAC
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

La inseguridad alimentaria representa un desafío global exacerbado por la disminución de la productividad agrícola, el cambio climático, el éxodo rural, el abandono de tierras cultivables, la falta de alternativas económicas y la limitada disponibilidad hídrica para riego. Ante esta problemática, la producción de forraje verde hidropónico (FVH) surge como una alternativa innovadora para mejorar la alimentación en sistemas pecuarios (bovinos, equinos, ovinos, caprinos, aves, entre otros).

El presente estudio cuantitativo se desarrolló en el municipio de Aguachica, Cesar (179 msnm, temperatura promedio de 29 °C, precipitación anual de 800 mm), bajo condiciones controladas de hidroponía y riego por aspersión. Tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de la bacteria *Azotobacter chroococcum* como sustituto de una fuente nitrogenada en el cultivo de maíz hidropónico. Para ello, se implementaron tres tratamientos: T1 (100 % bacterias), T2 (50 % bacterias + 50 % fertilizante químico) y T3 (100 % fertilizante químico). Se utilizaron 12 kg de semilla, distribuidos en bandejas plásticas con 500 g cada una. Durante un periodo de 9 días, se evaluaron variables como la tasa de germinación, la longitud y el peso de las plántulas, así como la calidad nutricional del forraje mediante análisis bromatológico.

Los resultados indicaron que no existieron diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento y peso de las plántulas entre tratamientos. Sin embargo, el uso de *Azotobacter chroococcum* permitió una sustitución parcial de fertilizantes químicos sin afectar negativamente el contenido lipídico ni la calidad nutricional del forraje.

Se concluye que la incorporación de *Azotobacter chrooccocum* en sistemas hidropónicos es una estrategia viable para optimizar la producción de forraje verde con menores costos y menor impacto ambiental. Se recomienda continuar con investigaciones a largo plazo que consideren diferentes concentraciones bacterianas y condiciones de cultivo para validar y ampliar estos hallazgos.

Palabras clave: abono, cultivo, hidroponía, seguridad alimentaria.

Abstract

Food insecurity represents a global challenge exacerbated by declining agricultural productivity, climate change, rural exodus, abandonment of arable land, lack of economic alternatives, and limited water availability for irrigation. Faced with this problem, hydroponic green fodder (HGF) production emerges as an innovative alternative to improve nutrition in livestock systems (cattle, horses, sheep, goats, poultry, among others).

This quantitative study was conducted in the municipality of Aguachica, Cesar (179 meters above sea level, average temperature 29 °C, annual rainfall 800 mm), under controlled hydroponic conditions and sprinkler irrigation. The objective was to evaluate the behavior of the bacterium *Azotobacter chroococcum* as a substitute for a nitrogen source in hydroponic corn cultivation. To this end, 3 treatments were implemented: T1 (100 % bacteria), T2 (50 % bacteria + 50 % chemical fertilizer), and T3 (100 % chemical fertilizer). Twelve kg of seed were distributed in 500 g plastic trays. Over a period of 9 days, variables such as germination rate, seedling length and weight, and forage nutritional quality were evaluated using bromatological analysis.

The results indicated no statistically significant differences in seedling growth and weight between treatments. However, the use of *Azotobacter chroococcum* allowed for a partial replacement of chemical fertilizers without negatively affecting the lipid content or nutritional quality of the forage.

It is concluded that the incorporation of *Azotobacter chroococcum* in hydroponic systems is a viable strategy to optimize green forage production with lower costs and a lower environmental impact. Long-term research considering different bacterial concentrations and culture conditions is recommended to validate and expand these findings.

Keywords: fertilizer, cultivation, hydroponics, food safety

Referencias

Beltrano, J. y Jiménez, D. (2015). *Cultivo hidropónico*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.

Biełło, K. A., Lucena, C., López-Tenllado, F. J., Hidalgo-Carrillo, J., Rodríguez-Caballero, G., Cabello, P., Sáez, L. P., Luque-Almagro, V., Roldán, M. D., Moreno-Vivián, C. y Olaya-Abril, A. (2023). Holistic view of biological nitrogen fixation and phosphorus mobilization in Azotobacter chroococcum NCIMB 8003. *Frontiers in Microbiology, 14*, 1129721. https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1129721

Hernández Martínez, I. Y., Orozco Gonzales, G., Salazar Sánchez, M. D. R., Pereira Flórez, L. F. y Sánchez Alvarez, N. T. (2024). Análisis de la actividad del Azotobacter chroococcum en cultivo demaíz hidropónico. *Agricolae & Habitat, 7*(2), 55-66. https://doi.org/10.22490/26653176.8029

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=-1tIB6eWcBd4uiQifMjvj1y9y0Rl6TNekE

IMPACTO DEL MANEJO INTEGRADO EN LA DINÁMICA POBLACIONAL DE *POLYPHAGOTARSONEMUS LATUS* EN LIMÓN TAHITÍ *CITRUS* × *LATIFOLIA*

IMPACT OF INTEGRATED MANAGEMENT ON THE POPULATION DYNAMICS OF *POLYPHAGOTARSONEMUS LATUS* IN LIME TAHITI *CITRUS* × *LATIFOLIA*

Olga Lorena Cortés Ceballos
olga.cortes@unad.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD
María del Carmen Garcés García
maria.garces@unad.edu.co
Grupo de Investigación Producción Sostenible
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD
Carmelo Rengifo Abadía
crenigifoab@unadvirtual.edu.co
Semillero de Investigación Bioproductos y Semillas de la Agrobiodiversidad
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

Implementar un adecuado manejo rotacional del ácaro blanco garantiza un mejor desarrollo de brotes de nuevas hojas y frutos en el cultivo de limón Tahití.

A pesar de la importancia económica del cultivo de *Citrus* × *latifolia* y del impacto negativo que genera *Polyphagotarsonemus latus* sobre su rendimiento, existe un vacío de conocimiento respecto a estrategias de manejo integradas y adaptadas a las condiciones locales de producción en el suroccidente colombiano. La mayoría de los estudios disponibles se centran en enfoques convencionales de control químico, sin evaluar de forma sistemática la efectividad de planes rotacionales que consideren la biología del ácaro y la dinámica poblacional en campo. Esta falta de evidencia limita la toma de decisiones técnicas en fincas como la Hacienda Risas S.A.S., donde el manejo actual no está logrando contener el incremento poblacional del ácaro blanco ni mitigar los daños productivos asociados. El propósito del estudio fue evaluar un plan de manejo rotacional para el manejo de la población de *P. latus* en el cultivo de *Citrus* × *latifolia.*

Se determinó la incidencia inicial de *P. latus* en un cultivo de limón Tahití como línea base. A partir de esta evaluación, se diseñó un plan de manejo rotacional complementado con la reactivación de labores culturales, consideradas fundamentales para la prevención y

el control del ácaro. Posteriormente, se realizaron cuatro evaluaciones periódicas tras la implementación del modelo rotacional, las cuales se compararon con la población inicial. Los datos obtenidos se analizaron mediante estadística descriptiva y análisis de varianza (ANOVA) para determinar la eficacia del manejo aplicado.

El análisis de varianza (ANOVA) evidenció diferencias altamente significativas entre las mediciones ($F = 105{,}31$; $p < 0{,}001$), lo cual confirma la eficacia del tratamiento aplicado. Estos hallazgos respaldan el uso de estrategias rotacionales dentro del manejo integrado de plagas (MIP), al favorecer la sostenibilidad del control, reducir la presión de selección y prevenir la resistencia a acaricidas. Se concluye que el modelo rotacional implementado constituye una alternativa viable y eficaz para el manejo de *P. latus* en cítricos.

Palabras clave: cítricos, manejo rotacional, control de plagas, fertilizantes bioestimulantes, rendimiento productivo.

Abstract

Implementing an appropriate rotational management strategy for the broad mite ensures better development of new leaf and fruit shoots in *Citrus* × *latifolia* (Tahitian lime) crops.

Despite the economic importance of *Citrus* × *latifolia* cultivation and the negative impact of *Polyphagotarsonemus latus* on crop yield, there is a notable knowledge gap regarding integrated management strategies tailored to local production conditions in southwestern Colombia. Most available studies focus on conventional chemical control approaches without systematically evaluating the effectiveness of rotational plans that consider the biology of the mite and its population dynamics in the field. This lack of evidence limits informed technical decision-making in farms such as Hacienda Risas SAS, where current management practices are failing to control the population growth of the broad mite and mitigate associated production losses. To evaluate a rotational management plan for controlling P. latus populations in *Citrus* × *latifolia* crops.

The initial incidence of *P. latus* in a Tahitian lime crop was determined and used as a baseline. Based on this assessment, a rotational management plan was designed and supplemented with the reactivation of cultural practices considered fundamental for preventive and curative control of the mite. Four subsequent evaluations were conducted after implementing the rotational model and compared to the initial population data. The data collected were analyzed using descriptive statistics and ANOVA to determine the effectiveness of the applied management strategy.

The ANOVA revealed highly significant differences between the measurements ($F = 105{,}31$; $p < 0{,}001$), confirming the effectiveness of the applied treatment. These findings support the use of rotational strategies within an Integrated Pest Management (IPM) framework, promoting sustainable control, reducing selection pressure, and preventing acaricide resistance. It is concluded that the implemented rotational model offers a viable and effective alternative for managing *P. latus* in citrus crops.

Keywords: citrus, rotational management, pest control, biostimulant fertilizers, crop yield

Referencias

Abato, R. (2018). *Identificación y manejo de plagas y enfermedades en cítricos*. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia.

Álvarez, A. (2017). *Estado actual del cultivo de cítricos en el Valle del Cauca y propuestas de manejo agroecológico* [Informe técnico]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.

Marín, L. (1985). Biología y control del ácaro blanco Polyphagotarsonemus latus en cultivos tropicales. *Revista Colombiana de Entomología, 11*(2), 85-92.

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1uLf9k1CWZs8eEMBW5TijSJF7sd_7uEWP

EFECTOS DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ VS. CONCENTRADO EN LA DIETA DE OVINOS CRIOLLOS EN LA FINCA SISGUA

EFFECTS OF HYDROPONIC GREEN CORN FORAGE VS. CONCENTRATE IN THE DIET OF NATIVE SHEEP AT THE SISGUA FARM

Eustorgio Cárdenas Vargas
eustorgio.cardenas@unad.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

En el municipio de Cácota, Norte de Santander, los productores ovinos enfrentan desafíos por la baja ganancia de peso del ganado, debido a la deficiencia de nutrientes en los pastos y a los altos costos del concentrado comercial. Esta situación afecta la rentabilidad y la economía de los productores, quienes a menudo optan por no suministrar suplementos. Para abordar esta problemática, se implementó una alternativa de bajo costo y sostenible: el forraje verde hidropónico (FVH) de maíz.

Se utilizaron 10 ovinos criollos, con edades entre 7 y 8 meses, divididos en dos grupos. El Grupo I recibió concentrado comercial (200 g/animal/día con 12 % de proteína), mientras que el Grupo II recibió FVH (200 g/animal/día con 10,83 % de proteína). Ambos grupos consumieron, además, 4 kg/animal/día de pasto Maralfalfa durante 8 semanas. La producción de FVH se realizó en un invernadero de 4 × 6 metros, destacando la eficiencia en el uso del espacio y el agua. Esta tecnología no solo ofrece una alternativa nutricional, sino que también es amigable con el medio ambiente, permitiendo rendimientos de hasta 7 kg de biomasa por cada kilo de semilla.

La suplementación en la dieta de los ovinos mejora significativamente su condición corporal y la ganancia de peso. Los resultados obtenidos con el forraje verde hidropónico (FVH) fueron positivos y comparables a los del concentrado comercial, demostrando que el FVH es una alternativa viable para la suplementación.

Ganancia de peso: la dieta con concentrado comercial (Grupo I) resultó en una ganancia de peso semanal de 100 gramos. Por su parte, la dieta con FVH (Grupo II) mostró una ganancia de peso semanal de 80 gramos.

El forraje verde hidropónico, definido como biomasa vegetal producida en ausencia de sustrato (FAO, 2001), se confirma como una tecnología eficiente. Ofrece ventajas como la producción continua de forraje, el uso racional del agua y el requerimiento de áreas pequeñas (Vargas, 2008). Además, su alta palatabilidad y contenido de proteínas, minerales y vitaminas lo convierten en una opción efectiva para incrementar la productividad animal.

Basado en la información proporcionada, la conclusión principal es que el forraje verde hidropónico (FVH) de maíz es una alternativa viable, rentable y sostenible para la suplementación alimenticia de ovinos criollos en el municipio de Cácota.

Aunque el concentrado comercial mostró una ganancia de peso ligeramente superior, el FVH demostró ser una opción eficaz y comparable. Esta tecnología no solo mejora la nutrición y el crecimiento de los animales, sino que también aborda la problemática económica de los productores y reduce los altos costos asociados al concentrado.

En resumen, la implementación del FVH representa una solución práctica y ecológica para los productores ovinos, permitiendo una producción más rentable, eficiente y sostenible, sin sacrificar el desarrollo de sus rebaños.

Palabras clave: comparación dieta, forraje verde hidropónico (FVH), ovino, nutrición, conversion alimentaria.

Abstract

In the municipality of Cácota, Norte de Santander, sheep producers face challenges with low weight gain in their livestock due to nutrient deficiencies in pastures and the high costs of commercial feed concentrate. This situation affects the profitability and economy of producers, who often choose not to provide supplements. To address this problem, a low-cost and sustainable alternative was implemented: HGF from corn.

Ten Creole sheep, between 7 and 8 months old, were divided into 2 groups. Group I received commercial concentrate (200 g/animal/day with 12 % protein), while Group II received HGF (200 g/animal/day with 10,83 % protein). Both groups also consumed 4 kg/animal/day of Maralfalfa grass for 8 weeks. HGF production took place in a four-by-six-meter greenhouse, highlighting efficiency in space and water usage. This technology not only offers a nutritional alternative but is also environmentally friendly, allowing for yields of up to 7 kg of biomass for every kilogram of seed.

Supplementation in the diet of sheep significantly improves their body condition and weight gain. The results obtained with HGF were positive and comparable to those of commercial concentrate, demonstrating that HGF is a viable alternative for supplementation.

Weight Gain: The diet with commercial concentrate (Group I) resulted in a weekly weight gain of 100 grams. Meanwhile, the diet with HGF (Group II) showed a weekly weight gain of 80 grams.

Hydroponic green forage, defined as plant biomass produced without a substrate (FAO, 2001), is confirmed as an efficient technology. It offers advantages such as continuous forage production and rational water use and requires small areas (Vargas, 2008). Furthermore, its high palatability and content of proteins, minerals, and vitamins make it an effective option for increasing animal productivity.

Based on the information provided, the main conclusion is that corn HGF is a viable, profitable, and sustainable alternative for supplementing the diet of Creole sheep in the municipality of Cácota.

Although commercial concentrate showed slightly higher weight gain, HGF proved to be an effective and comparable option. This technology not only improves the nutrition and growth of the animals but also addresses the economic challenges of producers by reducing the high costs associated with concentrate.

In summary, the implementation of HGF represents a practical and ecological solution for sheep producers, enabling more profitable, efficient, and sustainable production without sacrificing the development of their herds.

Keywords: Comparison Diet, HGF, Sheep, Nutrition. Feed conversion.

Referencias

Albert, G., Alonso, N., Cabrera, A., Rojas, L. y Rosthoj, S. (2016). Productive Evaluation of Green Fodder Hydroponics Corn, Oats and Wheat. *Compendio de Ciencias Veterinarias, 6*(1), 7-10. https://doi.org/10.18004/compend.cienc.vet.2016.06.01.7-10

Arias, R. O., Muro, M. G., Mariño, B., Trigo, M. S., Boyezuk, D. y Cordiviola, C. Á. (2019). Aporte nutricional del forraje verde hidropónico en la alimentación de cabras cruza criollas x Nubian. Revista de la Facultad de Agronomía, 118(1), 137-144. https://doi.org/10.24215/16699513e013

Moyano Hernández, L. F. y Sánchez Moreno, H. V. (2012). Comportamiento de la proteína de forraje verde hidropónico en función del tiempo de cosecha. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos, 3(*2), 36-45. https://doi.org/10.22579/22484817.602

Pastrana Bonilla, R.; Calderón O. (1996, 13 octubre). *El ovino criollo colombiano*. AGRIS: International Information System for the Agricultural Science and Technology. https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CO1999001802

Rivera, L. A. C. (2011, 15 marzo). *Forraje verde hidropónico*. Engormix. https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/forraje-verde-hidropónico-t28712.htm

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1Pf9b5dFoA4EMK758K4S7B6W0gZ-tZNxY

CONECTIVIDAD ESTRUCTURAL ENTRE EL PÁRAMO RABANAL Y LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO COOPROCARBON

STRUCTURAL CONNECTIVITY BETWEEN THE RABANAL PÁRAMO AND THE COOPROCARBON PROJECT'S AREA OF INFLUENCE

Francia Juliana Hernández Mayorga
francia.hernandez@uptc.edu.co
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Rigaud Sanabria Marín
rigaud.sanabria@uptc.edu.co
GISABA
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Dalia Soraya Useche
https://orcid.org/0000-0003-0594-023X
dalia.useche@uptc.edu.co
IRAE
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Resumen

Los ecosistemas de páramo son fundamentales para la conservación de la biodiversidad, el endemismo y los servicios ecosistémicos que ofrecen. Sin embargo, se han visto afectados por diferentes actividades humanas, como la ganadería, la agricultura, la expansión de vegetación secundaria y la minería, que es la actividad que más altera los ecosistemas, su funcionamiento ecológico y el uso del suelo.

Un ejemplo de esta situación es el páramo de Rabanal, que se encuentra ubicado entre los departamentos de Cundinamarca y Boyacá y es la principal fuente de abastecimiento de agua de la ciudad de Tunja, donde la minería realizada por empresas como la Cooperativa Cooprocarbon, que cuenta con cinco títulos mineros y se ubica en los municipios de Samacá y Ráquira, ha fragmentado el ecosistema, comprometiendo la conectividad estructural y, con ella, la funcionalidad ecológica del área, pues se interrumpen los flujos de los corredores biológicos y se reduce el espacio disponible.

El desarrollo del proyecto busca realizar un análisis multitemporal de la conectividad estructural del área de influencia del proyecto minero de la Cooperativa Cooprocarbon y el páramo de Rabanal de 2015 a 2024. La metodología incluye el uso de imágenes

satelitales Landsat 8-9 y el apoyo de software como ENVI, RStudio y ArcGIS para el preprocesamiento y procesamiento de estas. El preprocesamiento involucra correcciones geométricas, radiométricas y atmosféricas para prever errores en los cálculos, mientras que, durante el procesamiento, se pretende identificar las coberturas vegetales de la zona de estudio y calcular las métricas del paisaje para posteriormente comparar la cartografía de los años de estudio seleccionados.

Se espera que el estudio proporcione información respecto a los cambios en la extensión de las coberturas vegetales, muestre cómo la actividad minera de la Cooperativa ha influenciado en la pérdida de la conectividad estructural del ecosistema a través de los años y, de esta manera, proporcione información crucial para futuras investigaciones y sirva como base para el diseño de estrategias de gestión y control que permitan mitigar los efectos de esta problemática en los páramos.

Palabras clave: páramo, conectividad estructural, minería, coberturas vegetales.

Abstract

Páramo ecosystems are fundamental for the conservation of biodiversity, endemism, and the ecosystem services they provide. However, they have been affected by various human activities such as livestock farming, agriculture, the expansion of secondary vegetation, and mining, the latter being the activity that most alters ecosystems, their ecological functioning, and land use.

An example of this situation is the Rabanal Páramo, located between the departments of Cundinamarca and Boyacá and the main source of water supply for the city of Tunja. Mining activities carried out by companies such as the Cooprocarbon Cooperative, which holds 5 mining titles and is located in the municipalities of Samacá and Ráquira, have fragmented the ecosystem, compromising structural connectivity and, consequently, the ecological functionality of the area, as the flows of biological corridors are interrupted and available space is reduced.

The project aims to conduct a multitemporal analysis of the structural connectivity of the area of influence of the Cooprocarbon Cooperative mining project and the Rabanal Páramo from 2015 to 2024. The methodology includes the use of Landsat 8-9 satellite images and the support of software such as ENVI, RStudio, and ArcGIS for their preprocessing and processing. Preprocessing involves geometric, radiometric, and atmospheric corrections to prevent errors in the calculations, while during processing, the vegetation cover of the study area is identified, and landscape metrics are calculated to compare the cartography subsequently for the selected study years.

The study is expected to provide information regarding changes in the extent of vegetation cover, show how the Cooperative's mining activity has influenced the loss of structural connectivity of the ecosystem over the years, and thus provide crucial information for future research and serve as a basis for the design of management and control strategies to mitigate the effects of this problem on the páramos.

Keywords: páramo, structural connectivity, mining, vegetation cover

Referencias

Álvarez, D. (2023). Conectividad estructural del paisaje circundante a los corredores biológicos del ITCR, Campus Tecnológico Central Cartago, Costa Rica [Tesis de pregrado, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio ITCR.

Anzoategui, L. V., Gil-Leguizamón, P. A. y Sanabria-Marín, R. (2023). Frontera agrícola y multitemporalidad de cobertura vegetal en Páramo del Parque Regional Natural Cortadera (Boyacá, Colombia). Bosque (Valdivia), 44(1), 159-170. https://doi.org/10.4067/s0717-92002023000100159

Forero, Y. K., Gil, P. A. y Morales, M. E. (2020). Conectividad estructural entre los Páramos de Guacheneque y Los Cristales, complejo Rabanal-río Bogotá, Colombia. Revista De Teledetección: Revista de la Asociación Española de Teledetección, 57, 65-77.

Ruiz, N. (2024). Conectividad Ecológica Entre Reserva Malmo – Páramo Rabanal Y Cuenca Days—Reserva Sulphur Texarkana.

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1nvBYv_uGGadvJm8QuoGGJ73Y2oepX2hX

IMPACTO DEL INSECTICIDA CLORPIRIFÓS SOBRE LA ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD FUNCIONAL DE COMUNIDADES BACTERIANAS DEL SUELO

IMPACT OF THE INSECTICIDE CHLORPYRIFOS ON THE STRUCTURE AND FUNCTIONAL DIVERSITY OF SOIL BACTERIAL COMMUNITIES

Efren Venancio Ramos Cabrera
efren.ramos@unad.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

El uso intensivo de pesticidas sintéticos en la agricultura moderna ha suscitado una creciente preocupación debido a sus impactos negativos sobre el ambiente, especialmente en los suelos (Beaumelle et al., 2023). En este estudio se evaluó el efecto del insecticida clorpirifós sobre la estructura de la comunidad bacteriana del suelo. Para ello, se llevaron a cabo ensayos en microcosmos bajo tres tratamientos: Con (suelo sin aplicación del compuesto), Rec (suelo tratado con clorpirifós a una concentración de 4400 mg/L) y High (suelo tratado con 8800 mg/L), cada uno con cuatro réplicas. Posteriormente, se extrajo ADN total del suelo y se realizó la secuenciación del gen ARNr 16S mediante la tecnología Illumina MiSeq.

Los resultados revelaron una reestructuración significativa de la comunidad microbiana asociada a la aplicación del clorpirifós, que se manifestó en una disminución de la diversidad y un aumento de la abundancia relativa de taxones tolerantes al estrés químico. Estos patrones sugieren un efecto de filtrado ambiental derivado de la presión selectiva ejercida por el insecticida, en concordancia con lo reportado por Ni et al. (2024), quienes observaron que la exposición prolongada a plaguicidas conduce a una pérdida de diversidad y a una mayor especialización funcional en comunidades microbianas del suelo.

Esta alteración puede reducir la resiliencia ecológica y comprometer funciones clave del ecosistema, como la fijación biológica de nitrógeno, el reciclaje de nutrientes y la supresión natural de patógenos (Ni et al., 2025; Hartmann et al., 2023).

Palabras clave: secuenciación ARNR 16s; microcosmos; filtrado ambiental; diversidad microbiana.

Abstract

The intensive use of synthetic pesticides in modern agriculture has raised growing concern due to their negative impacts on the environment, particularly soils (Beaumelle et al., 2023). In this study, we evaluated the effect of the insecticide chlorpyrifos on the structure of the soil bacterial community. To this end, microcosm assays were conducted under 3 treatments: Con (soil without application of compound), Rec (soil treated with chlorpyrifos at 4,400 mg/L), and High (soil treated with 8,800 mg/L), each with 4 replicates. Total soil DNA was subsequently extracted, and 16S rRNA gene sequencing was performed using Illumina MiSeq technology.

The results revealed a significant restructuring of the microbial community associated with chlorpyrifos application, characterized by a decrease in diversity and an increase in the relative abundance of taxa tolerant to chemical stress. These patterns suggest an environmental filtering effect derived from the selective pressure exerted by the insecticide, in line with Ni et al. (2024), who observed that prolonged exposure to pesticides leads to a loss of diversity and greater functional specialization in soil microbial communities.

Such alteration may reduce ecological resilience and compromise key ecosystem functions, including biological nitrogen fixation, nutrient recycling, and the natural suppression of pathogens (Ni et al., 2025; Hartmann et al., 2023).

Keywords: 16S rRNA sequencing; microcosm assays; environmental filtering; microbial diversity

Referencias

Beaumelle, L., Tison, L., Eisenhauer, N., Hines, J., Malladi, S., Pelosi, C., Thouvenot, L. y Phillips, H. R. P. (2023). Pesticide effects on soil fauna communities—A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology, 60*(7), 1239-1253. https://doi.org/10.1111/1365-2664.14437

Ni, B., Xiao, L., Lin, D., Zhang, T.-L., Zhang, Q., Liu, Y., Chen, Q., Zhu, D., Qian, H., Rillig, M. C. y Zhu, Y.-G. (2025). Increasing pesticide diversity impairs soil microbial functions. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 122*(2), e2419917122. https://doi.org/10.1073/pnas.2419917122

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1_IGZLnlZChyueKyxulqVexdeeI8FgRC-

ECONOMÍA CIRCULAR EN PRODUCCIÓN DE NOPAL (*OPUNTIA FICUS-INDICA*) PARA LA SUPLEMENTACIÓN DE RUMIANTES EN PEQUEÑOS PRODUCTORES DE MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL META

CIRCULAR ECONOMY IN THE PRODUCTION OF NOPAL (*OPUNTIA FICUS-INDICA*) FOR RUMINANT SUPPLEMENTATION IN SMALLHOLDER FARMS IN MUNICIPALITIES OF THE META DEPARTMENT

Néstor I. Monroy-Ochoa
nestor.monroy@ucc.edu.co
ARAUCOS
Universidad Cooperativa de Colombia

Adriana I. Ruiz – López
adrisaruiz@gmail.com
GDOVAZ
Universidad Cooperativa de Colombia

Arcesio Salamanca- Carreño
https://orcid.org/0000-0002-5416-5906
arcesio.salamanca@campusucc.edu.co
Universidad Cooperativa de Colombia

David E. Rangel-Pachón
https://orcid.org/0009-0004-3883-9730
david.rangelp@campusucc.edu.co
ARAUCOS
Universidad Cooperativa de Colombia

Resumen

El Nopal (*Opuntia ficus-indica*) es un recurso fitogenético que está surgiendo como modelo de negocio relacionado con la alimentación animal. El objetivo fue describir el uso del Nopal como economía circular para la alimentación de rumiantes en pequeños productores del Meta. La investigación se realizó en el departamento del Meta, Orinoquía colombiana.

Para la recolección de la información se utilizó como instrumento la encuesta, la cual se aplicó a 23 ganaderos que cultivan nopal y a un grupo focal de dos productores. La

información se analizó utilizando tablas de frecuencia. En los resultados se encontró que el 22 % de los productores cuenta con predios entre 1 y 50 hectáreas; el 39 % posee predios entre 51 y 100, y el 39 % restante posee fincas superiores a 100 hectáreas. Además, el 34,8 % se dedica a la actividad de la ceba de bovinos y un 17,4 % a la cría. El 56,52 % de los encuestados afirma preocuparse por la falta o déficit de forraje en los predios y, en menor proporción, el 21,74 %, por la falta de forraje y agua en periodos críticos (sequía).

Con respecto a la economía circular, se encontró que el 13 % de los productores no hace uso eficiente de sus recursos, mientras que el 87 % busca aprovechar al máximo los recursos generados por la actividad ganadera y lo que existe en su entorno. No es casualidad que el 56,72 % de los encuestados aproveche la bosta animal como abono para sus praderas o cultivos. El 17,4 % de los productores utiliza la fuente inagotable de energía solar y aprovecha el agua de lluvia, la rotación de praderas y el suero lácteo (proveniente del proceso de elaboración de queso).

Como última sección del estudio, se les preguntó si tenían conocimiento del nopal, a lo que un 60,87 % respondió que no tenía conocimiento alguno o no sabía de la existencia de dicha planta, mientras que el 39,13 % restante respondió que había escuchado de la planta o tenía un ligero conocimiento. En este estudio se visualiza que existe un escaso conocimiento, por parte del grupo focal, de la utilización del nopal como alternativa de uso en la alimentación animal de rumiantes.

A pesar de que se presenta déficit de forrajes en épocas secas y se dispone del nopal, esta no es frecuentemente utilizada en la alimentación de rumiantes en este contexto. Los ganaderos están buscando alternativas de producción sostenibles y sustentables debido al incremento en los costos de producción, lo que facilita la adopción del cultivo de nopal en la región como una alternativa viable para la alimentación del ganado.

Palabras clave: alimentación del ganado, desarrollo sostenible, modelo de negocio, recurso vegetal.

Abstract

Nopal (*Opundia ficus-indica*) is a plant genetic resource that is emerging as a business model related to animal feed. The objective was to describe the use of nopal as a circular economy for ruminant feed among small-scale producers in Meta. The research was conducted in the department of Meta, in the Colombian Orinoquía region.

A survey was used to collect data, which was administered to 23 livestock farmers who grew nopal and to a focus group of 2 producers. The information was analyzed using

frequency tables. The results showed that 22 % of producers have farms between 1 and 50 hectares, 39 % have farms between 51 and 100 hectares, and the remaining 39 % have farms larger than 100 hectares. Additionally, 34,8 % are dedicated to cattle fattening, and 17,4 % are dedicated to cattle breeding. 56,52 % of respondents stated they were concerned about the lack or shortage of forage on their farms, and to a lesser extent, 21,74 % about the lack of forage and water during critical periods (drought).

Regarding the circular economy, it was found that 13 % of producers do not make efficient use of their resources, while 87 % seek to make the most of the resources generated by livestock farming and what exists in their surroundings. It is no coincidence that 56,72 % of respondents use animal manure as fertilizer for their pastures or crops. 17,4 % of producers use the inexhaustible source of solar energy and utilize rainwater, pasture rotation, and whey (from the cheesemaking process).

As the last section of the study, participants were asked if they were aware of the cactus, to which 60,87 % responded that they had no knowledge or were unaware of its existence, while the remaining 39,13 % responded that they had heard of it or had some knowledge. This study indicates that the focus group had little knowledge of the use of nopal as an alternative for ruminant feed.

Even though there is a shortage of forage during dry seasons and the nopal is available, it is not frequently used in ruminant feed in this context. Livestock farmers are seeking sustainable production alternatives due to rising production costs, which facilitates the adoption of cactus cultivation in the region as a viable alternative for livestock feed.

Keywords: livestock feeding, sustainable development, business models, plant resources.

Referencias

González Miranda, G., Bernal Ramos, O., Gutiérrez Alva, E. E. y Santamaría Mendoza, E. A. (2018). *Usos y aplicaciones del nopal como oportunidad competitiva en la ciudad de Toluca*. http://www.web.facpya.uanl.mx/vinculategica/vinculat%C3 %A9gica_2/10 %20GONZALEZ_BERNAL_GUTIERREZ_SANTAMARIA.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). *Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal*. Organización de las Naciones Unidas. https://www.fao.org/3/i7628es/I7628ES.pdf

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación & Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (2008). *Uso del nopal en la alimentación de rumiantes*. Fundación Produce de San Luis de Potosí. http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/778.pdf

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=-1Jfmjs9k7ovS22USBquD__h-UHVKZwktU

LA VARIABILIDAD GENÉTICA DE LAS RAZAS CRIOLLAS DE MAÍZ *ZEA MAYS* COLOMBIANAS PARA LA SOBERANÍA ALIMENTARIA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

GENETIC VARIABILITY OF COLOMBIAN ZEA *MAYS MAIZE* LANDRACES FOR FOOD SOVEREIGNTY AND CLIMATE CHANGE

Myriam del Carmen Salazar Villarreal
myriam.salazar@unad.edu.co

Fredy Antonio Salazar Villarreal
fsalazar@cenicana.org
Grupo de Investigación en Agroecología, Semillas Criollas,
Nativas, y Sostenibilidad – GIASENAS
CENICAÑA

Resumen

La diversidad genética de las plantas y de los cultivos alimentarios se ha ido reduciendo principalmente por los efectos antrópicos, lo que ha traído consigo la pérdida de muchas razas y variedades; se destaca que en las últimas dos décadas se han extinguido y están en peligro muchas variedades que son la base de la alimentación de muchas comunidades locales (Salazar Villarreal, Minga y Rivadeneira, 2010).

El cultivo de maíz es la base alimentaria de los pueblos en gran parte del mundo; está entre los cinco cereales que conforman la canasta alimentaria mundial y provee más del 50 % de la ingesta energética de los pueblos. Esta especie, originaria de México, en su proceso de domesticación se ha extendido por todo el mundo y, en este convivir con los pueblos, ha dado origen a una amplia variabilidad genética, la cual está ampliamente asociada a la cultura alimentaria, de uso y manejo de la especie por las comunidades en el mundo.

El presente trabajo involucró una colecta de variedades, razas indígenas y criollas de maíz en los mercados y fincas de agricultores de los municipios del centro y sur del departamento del Valle del Cauca, específicamente en los municipios de Restrepo, Tuluá, Riofrío y Palmira. El objetivo del presente trabajo fue conocer y caracterizar la variabilidad genética de razas y variedades locales de maíz en fincas de municipios del centro y sur del Valle del Cauca. Las variedades colectadas fueron sembradas en campo y evaluadas en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones; se evaluaron 61 accesiones colectadas, aplicando los descriptores morfoagronómicos

propuestos por Bioversity International; al momento de la cosecha se evaluaron los descriptores relacionados con la producción y sus componentes, así como los descriptores relacionados con la forma, color y sanidad de la mazorca.

Los análisis factoriales en este ensayo permitieron reducir la dimensionalidad de los descriptores en cinco componentes, donde se observó que ninguno de los descriptores interviene en más de un componente. Además, se logró cuantificar los efectos directos e indirectos de cada una de las variables sobre los cinco componentes a través del análisis de sendero. Los análisis de agrupamiento y la conformación de clústeres permiten formar grupos con mínima varianza dentro del grupo y máxima varianza entre los grupos.

Los resultados más relevantes: (a) de los 38 descriptores evaluados, se observó que 20 de ellos (generalmente cuantitativos) mostraron buena capacidad de discriminar la diversidad entre las accesiones; (b) las heredabilidades fueron generalmente altas, lo cual implica que el uso de modelos apropiados y el manejo adecuado del experimento en campo permitieron evaluar la componente genética de las accesiones en todos sus descriptores de campo; (c) el análisis de agrupamiento recogió el 76 % de la variabilidad observada, en cinco componentes principales; (d) se formaron cinco clústeres (entre 10-15 accesiones) con las 61 accesiones de maíz, entre los cuales se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas.

Este trabajo concluye la importancia y necesidad de involucrar a los campesinos y agricultores en todo el proceso de inventariar, conservar y caracterizar las razas, variedades criollas e indígenas de maíz, porque esta labor está asociada al quehacer diario de las familias en sus fincas y, desde esta perspectiva, permite plantear estrategias de manejo, uso y conservación de la biodiversidad, la cual forma parte de su cultura, y por lo tanto debe hacerse desde una perspectiva local y comunitaria. Así, este trabajo da un gran aporte en la generación de conocimiento en torno a las razas criollas e indígenas colombianas; se encontró una nueva propuesta de categorización de la distribución de las razas criollas colombianas que pasa de tres a cinco grupos interraciales.

Palabras clave: razas criollas e indígenas, caracterización, grupos interraciales, clúster, biodiversidad.

Abstract

The genetic diversity of plants and food crops has been reduced mainly due to anthropogenic effects, bringing with it the loss of many breeds and varieties, highlighting that in the past 2 decades many varieties that are the basis of the diet of many local communities have become extinct and are endangered (Salazar Villarreal, Minga, and Rivadeneira, 2010).

Maize is the food base of people in much of the world; it is among the 5 cereals that make up the world food basket and provide more than 50 % of people's energy intake. This species originated in Mexico and, in its domestication process, has spread throughout the world, and in this coexistence with the people, has given rise to a wide genetic variability, which is widely associated with the food culture, use, and management of the species by the communities in the world.

The present work involved a collection of varieties of Indigenous and Creole breeds of corn in farmers' markets and farms in the central and southern municipalities of the department of Valle del Cauca, specifically in the municipalities of Restrepo, Tuluá, Rio Frio, and Palmira. The objective of this work was to know and characterize the genetic variability of local corn breeds and varieties in farms in municipalities of central and southern Valle del Cauca. The collected varieties were sown in the field and evaluated in a randomized complete block field design with 3 replications; 61 collected accessions were evaluated, applying the morphoagronomic descriptors proposed by Bioversity International; at harvest, the descriptors related to yield and its components were evaluated, as well as the descriptors related to the shape, color, and health of the ear.

The factorial analysis in this trial allowed reducing the dimensionality of the descriptors into 5 components, where it was observed that none of the descriptors was involved in more than one component. In addition, it was possible to quantify the direct and indirect effects of each of the variables on the 5 components through path analysis. The grouping analysis and clustering allowed us to form groups with minimum variance within the group and maximum variance between the groups.

The most relevant results: (a) Of the 38 descriptors evaluated, it was observed that 20 of them (generally quantitative) showed good capacity to discriminate diversity among accessions. (b) Heritabilities were generally high, which implies that with the use of appropriate models and adequate management of the experiment in the field, it was possible to evaluate the genetic component of the accessions in all their field descriptors. (c) The clustering analysis collected 76 % of the observed variability in 5 principal components. (d) Five clusters (between 10 and 15 accessions) were formed with the 61 maize accessions, among which highly significant statistical differences were found.

This work concludes the importance and need to involve farmers and peasants in the whole process of inventorying, conserving, and characterizing the breeds, creole, and indigenous varieties of maize, because this work is associated with the daily work of the families on their farms, and from this perspective, to be able to propose strategies for the management, use, and conservation of biodiversity, which is part of their culture, and therefore must be done from a local and community perspective. Thus, this work makes a great contribution to the generation of knowledge on the Colombian Creole and indigenous breeds. A new proposal was found for categorizing the distribution of Colombian Creole breeds, which goes from 3 to 5 interracial groups.

Keywords: creole and indigenous breeds, characterization, interracial, cluster, biodiversity.

Referencias

Franco, T., Hidalgo. R., (2003) *Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos* (Boletín técnico N.º 6). Instituto Internacional de recursos fitogenéticos.

Revelo Portilla, E. A., Cardozo Conde, C. I. y Caetano, C. M. (2014). Estudio molecular preliminar de accesiones de maíz (Zea mays L.) criollo e indígena colombiano utilizando una región de ADN cloroplástico. *Acta Agronómica, 64*(1), 72-82. https://doi.org/10.15446/acag.v64n1.40724

Roberts, L.M.; Grant, U.J.; Ramírez, R.E.; Hatheway, W.H.; Smith, D.L.; Mangelsdorf, P.C. (1957). *Razas de maíz en Colombia* (DIA Boletín Técnico N.º 2). Ministerio de Agricultura; Editorial Máxima.

Salazar, M., Rivadeneira, J., Minga, N. (2010). *Conservando la agrobiodiversidad. Lo que debemos saber para inventariar la agrobiodiversidad* [Cartilla]. Progressio; Coordinadora Ecuatoriana de Agroecología.

Salazar, M., Vallejo, F., Caetano, C., Salazar, F. (2016) Recuperación y conservación de semillas de maíz en el centro del Valle del Cauca (Cuadernos Recursos Fitogenéticos Neotropicales, vol. 8).

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=11AruEL3rj1U1_Xf-OyyyLHgFcZj0e13n

CLARIFICACIÓN DE JUGOS DE CAÑA PANELERA (*SACCHARUM OFFICINARUM L.*) EN LA ELABORACIÓN DE LICORES ARTESANALES EN NARIÑO

CLARIFICATION OF PANELERA SUGARCANE JUICES (*SACCHARUM OFFICINARUM L.*) IN THE PRODUCTION OF ARTISANAL LIQUORS IN NARIÑO

Mauro Albeiro Bravo Gaviria
mauro.bravo@unad.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Johana Ximena Castro Trujillo
jxcastrot@unadvirtual.edu.co
Grupo de investigación INYUMACIZO
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

Teniendo en cuenta la flexibilización normativa colombiana para la producción de bebidas ancestrales tradicionales, tras la Ley 2158 de 2021 (Congreso de Colombia, 2021), los paneleros del municipio de Sandoná, en el departamento de Nariño, enfrentan el desafío de adaptarse a las nuevas oportunidades de diversificación e innovación con protocolos legales. En este sentido, la elaboración de licores artesanales se proyecta como alternativa a los problemas de los bajos precios de la panela por sobreoferta y permitirá la generación de ingresos locales (Salge, 2024).

Este proyecto se encuentra en curso y pretende comparar la eficacia de dos floculantes naturales, como la yausabara (*Pavonia sepium*) y el balso blanco (Heliocarpus americanus), frente a un floculante sintético (PROFLOC) en la clarificación de jugos de caña previa al destilado artesanal.

Se emplea un diseño experimental en bloques completos al azar con dos variedades de caña (canalpoint y POJ) y tres repeticiones; se evaluarán los niveles de alcohol etílico, metílico y grados de alcohol a través de cromatografía de gases (Tirado et al., 2017) y alcoholímetro, siguiendo la normativa técnica NTC 6704:2024 (ICONTEC, 2024) y resoluciones INVIMA para aguardientes artesanales.

En la región objeto de estudio, el cultivo de caña para la producción de panela mantiene la economía rural ante la caída de precios en otros cultivos lícitos, como el café,

e ilícitos, como la coca; esto evidencia la necesidad perentoria de buscar nuevos usos a la caña panelera a través de la innovación y de economías legales. También, este proyecto aborda la falta de estudios sobre los efectos de los floculantes vegetales tradicionales en la calidad del licor artesanal. Este estudio permitirá contar con líneas base para el cumplimiento de límites permitidos de metanol y etanol establecidos por la regulación nacional.

El proyecto se encuentra en curso; por lo tanto, los resultados son parciales. En la actualidad, se encuentran identificadas las especies vegetales y se ha establecido el cultivo de caña (8 meses), por lo que se espera iniciar la aplicación de los tratamientos en el momento de la cosecha. Se ha visto una activa participación de la comunidad e interés por la aplicación de alternativas innovadoras y por la adopción de protocolos legales en la producción de licor artesanal.

Al final, se contempla realizar un análisis estadístico a través de un ANDEVA y una prueba de medias de Duncan. Finalmente, se realizará una transferencia de resultados en el marco del manejo ético y ambiental del proceso.

Estos resultados aportarán datos investigativos que servirán de apoyo a los emprendedores durante la formalización y diversificación agroindustrial en, por lo menos, dos variables, conforme al nuevo marco legal colombiano.

Palabras clave: bebida alcohólica, norma alimentaria, diversificación, innovación agrícola.

Abstract

Considering the flexibilization of Colombian regulations for the production of traditional ancestral beverages following Law 2158 of 2021 (Congress of Colombia, 2021), panel (unrefined cane sugar) producers in the municipality of Sandoná, in the department of Nariño, face the challenge of adapting to new opportunities for diversification and innovation within legal protocols. In this context, the production of artisanal liquors is projected as an alternative to the problems caused by the low prices of panela due to oversupply, and it will allow for the generation of local income (Salge, 2024).

This project is currently ongoing and aims to compare the effectiveness of 2 natural flocculants, yausabara (*Pavonia sepium*) and balso blanco (*Heliocarpus americanus*), against a synthetic flocculant (PROFLOC) in the clarification of sugarcane juice prior to artisanal distillation.

A completely randomized block experimental design is used with 2 sugarcane varieties (Canal Point and POJ) and 3 repetitions. Levels of ethyl alcohol, methyl alcohol, and

alcohol degrees will be evaluated through gas chromatography (Tirado et al., 2017) and alcoholmeters, following technical standard NTC 6704:2024 (Icontec, 2024) and Invima resolutions for artisanal spirits (alcoholic beverage).

In the study region, sugarcane cultivation for panela production sustains the rural economy amid falling prices of other legal crops such as coffee and illegal crops like coca. This highlights the urgent need to find new uses for panela sugarcane through innovation and legal economies. Additionally, this project addresses the lack of studies on the effects of traditional plant-based flocculants on the quality of artisanal liquor. This research will provide baseline data to ensure compliance with nationally regulated methanol and ethanol limits.

The project is ongoing; therefore, results are preliminary. Currently, the plant species have been identified, and sugarcane cultivation has been established (8 months), with the application of treatments expected to begin at harvest. Active community participation and interest have been observed regarding the application of innovative alternatives and the adoption of legal protocols for artisanal liquor production.

Finally, a statistical analysis will be conducted through ANOVA and Duncan's multiple range test. Results will be transferred under ethical and environmental management frameworks.

These findings will provide research data to support entrepreneurs during formalization and agro-industrial diversification in at least two variables according to the new Colombian legal framework.

Keywords: alcoholic beverage, food standards, diversification, agricultural innovation.

Referencias

Ley 2158 de 2021. (8 de noviembre). Congreso de Colombia. Por medio del cual se reconoce, impulsa y protege el viche/biche y sus derivados como bebidas ancestrales, artesanales, tradicionales y patrimonio cultural inmaterial nacional. SUIN-Juriscol. https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30043477

Salge, M. (2024). Debates y reflexiones desde el patrimonio cultural frente al "Plan especial de salvaguardia: Saberes y tradiciones asociados a la manifestación del viche/biche del Pacífico colombiano". *Naturaleza y Sociedad. Desafíos Medioambientales*, (8), 126-149. https://doi.org/20240425152403000

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2024). *Bebidas alcohólicas. Aguardiente artesanal* (NTC 6704). https://tienda.icontec.org/gp-ntc-bebidas-alcoholicas-aguardiente-artesanal-ntc6704-2024.html

Tirado, D. F., González-Morelo, K. J. y Acevedo Correa, D. (2017). Determinación de los niveles metanol, etanol y metales pesados en el ñeque elaborado en tres municipios de Sucre (Colombia). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 33*(esp01), 135-141. https://doi.org/10.20937/rica.2017.33.esp01.12

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1PolUsi0jZuhIv74ZIilE1gqNahWtWwc9

INNOVACIÓN AGROECOLÓGICA PARA LA PRODUCCIÓN SUSTENTABLE DE POLLO ORGÁNICO EN SANTANDER DE QUILICHAO

AGROECOLOGICAL INNOVATION FOR THE SUSTAINABLE PRODUCTION OF ORGANIC CHICKEN IN SANTANDER DE QUILICHAO

Duván Zapata Gómez
dzapatagom@unadvirtual.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

Granavícola Verde es un emprendimiento agroecológico ubicado en Santander de Quilichao, Cauca, dedicado a la producción sustentable de pollo orgánico. Esta iniciativa responde a la creciente preocupación por los efectos negativos del consumo de pollo convencional, producido mediante modelos intensivos y uso de antibióticos, proponiendo, en cambio, un sistema de crianza basado en principios agroecológicos que favorece la salud humana, el bienestar animal y la conservación ambiental.

El proyecto aplica un diseño metodológico mixto, que combina la fase diagnóstica, experimental y de validación participativa. La metodología incluye: diagnóstico agroecológico del sistema de producción, que evalúa prácticas de suplementación natural (ajo, cebolla, limón, bore), pastoreo libre y la eliminación total de insumos sintéticos; monitoreo de indicadores de sostenibilidad ambiental, social y económica, siguiendo herramientas reconocidas como el Instrumento para la Evaluación del Desempeño Agroecológico (TAPE); evaluación sensorial y nutricional del producto final para validar la mejora en calidad y aceptación de los consumidores; e investigación-acción participativa para fortalecer la formación y la red de apoyo comunitario, que involucra a los jóvenes rurales como agentes de cambio.

Se plantea un diseño cuasi experimental con grupos de control y experimentales en diferentes fincas locales, aplicando prácticas agroecológicas frente a sistemas convencionales. Se realizará análisis cuantitativo y cualitativo de variables como crecimiento animal, calidad nutricional, impacto ambiental y percepción social, con recolección sistemática de datos y análisis estadístico que valide la eficacia y replicabilidad del modelo.

La agroecología, como campo transdisciplinario, integra saberes ancestrales con ciencias modernas bajo principios de especificidad de sitio, diversidad biológica, resiliencia y

adaptabilidad, buscando transformar los sistemas agrosilvopastoriles hacia la sostenibilidad integral (Altieri, 2008; Gliessman, 2015). La sustentabilidad implica no solo equilibrio ambiental, sino también equidad social y viabilidad económica, atendiendo a las dimensiones del desarrollo rural sostenible y la soberanía alimentaria (Machado y Carmo, 2007; Andrade y Casali, 2011).

Avances recientes resaltan la importancia de incorporar herramientas de evaluación participativas que consideran efectos socioecológicos de las prácticas agroecológicas y promueven la gobernanza comunitaria, la educación popular y la innovación técnica contextualizada (FAO, 2019; AVSF, 2023). De este modo, Granavícola Verde se enmarca en este paradigma emergente que busca no solo producción limpia, sino también justicia social y fortalecimiento rural a partir del empoderamiento de la juventud.

Palabras clave: agroecología, conservación, nutrición, producción animal, resiliencia, sostenibilidad.

Abstract

Granavícola Verde is an agroecological enterprise located in Santander de Quilichao, Cauca, dedicated to the sustainable production of organic chicken. This initiative responds to the growing concern over the negative effects of consuming conventional chicken produced through intensive models and the use of antibiotics, instead proposing a breeding system based on agroecological principles that promote human health, animal welfare, and environmental conservation.

The project applies a mixed methodological design, combining diagnostic, experimental, and participatory validation phases. The methodology includes agroecological diagnosis of the production system, assessing practices of natural supplementation (garlic, onion, lemon, and bore), free-range grazing, and the complete elimination of synthetic inputs. Monitoring of environmental, social, and economic sustainability indicators, following recognized tools such as the Tool for Agroecological Performance Evaluation (TAPE). Sensory and nutritional evaluation of the final product to validate improvement in quality and consumer acceptance. Participatory action research to strengthen training and community support networks, involving rural youth as agents of change.

A quasi-experimental design is proposed with control and experimental groups on different local farms, applying agroecological practices versus conventional systems. Quantitative and qualitative analyses will be carried out on variables such as animal growth, nutritional quality, environmental impact, and social perception, with systematic data collection and statistical analysis to validate the effectiveness and replicability of the model.

Agroecology, as a transdisciplinary field, integrates ancestral knowledge with modern sciences under principles of site specificity, biological diversity, resilience, and adaptability, aiming to transform agrosilvopastoral systems toward comprehensive sustainability (Altieri, 2008; Gliessman, 2015). Sustainability involves not only environmental balance but also social equity and economic viability, addressing the dimensions of sustainable rural development and food sovereignty (Machado y Carmo, 2007; Andrade y Casali, 2011).

Recent advances highlight the importance of incorporating participatory evaluation tools that consider the socioecological effects of agroecological practices and promote community governance, popular education, and context-based technical innovation (FAO, 2019; AVSF, 2023). In this way, Granavícola Verde is framed within this emerging paradigm that seeks not only clean production but also social justice and rural strengthening through youth empowerment.

Keywords: Agroecology, Animal production, Conservation, Nutrition, Resilience, Sustainability

Referencias

Altieri, M. A. (2008). *Agroecology: The science of sustainable agriculture*. CRC Press.

Andrade, L. y Casali, G. (2011). Sostenibilidad y desarrollo rural: enfoques y propuestas. *Revista Latinoamericana de Estudios Rurales, 23*(2), 45-61.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). *La agroecología y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*. Organización de las Naciones Unidas.

Gliessman, S. R. (2015). Agroecology: The ecology of sustainable food systems. CRC Press.

Machado, M. y Carmo, R. (2007). El desarrollo rural sostenible en la agroecología: teoría y práctica. *Revista de Ciencias Agrarias, 29*(3), 321-335.

AVSF. (2023). *Compendio para la evaluación de la agroecología: método de evaluación de sus efectos y de las condiciones de su desarrollo*. Agrisud International, AVSF, Cari y Gret.

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=-1DrjiR_QE3CqeKmh2b_qBRd2u1Py3GcS9

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA VARIACIÓN CLIMÁTICA Y SU IMPACTO CON LAS COBERTURAS DE SUELO: ESTUDIO DE CASO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

MULTITEMPORAL ANALYSIS OF CLIMATE VARIATION AND ITS IMPACT ON LAND COVER: A CASE STUDY OF THE TOLIMA DEPARTMENT

Yetfersson Arley Serrato-Velosa
https://orcid.org/0000-0003-1374-5899
yetfersson.serrato@unad.edu.co
Grupo de investigación Grupo de Conservación, Bioprospección y Desarrollo Sostenible COBIDES
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

John Carlos Ruiz Caicedo
https://orcid.org/0000-0003-1400-2405
john.ruiz@unad.edu.co
Grupo de investigación Grupo Interdisciplinario de Estudios Sectoriales GIES
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

El cambio climático representa una amenaza creciente. La evidencia científica señala que, desde 1750, se ha venido experimentando un calentamiento neto impulsado por las emisiones de gases de efecto invernadero (Rodríguez et al., 2015). En Colombia, un aumento proyectado por el IDEAM de la temperatura de 2,14 °C a 4 °C para fin de siglo provocaría el deshielo de glaciares andinos, pondría en riesgo de desaparición a los páramos, incrementaría el nivel del mar y afectaría la producción agropecuaria, además de generar fenómenos climáticos más extremos (Rodríguez et al., 2015).

El departamento de Tolima, con su complejo de páramos, nevados y humedales, es vulnerable al cambio climático; las proyecciones presentadas en su Política Pública Integral de Gestión de Cambio Climático prevén alzas en la temperatura de hasta 2,3 °C para el periodo 2071-2100, con impacto en ciertas regiones del departamento (Gobernación del Tolima y Cortolima, 2019). Por lo anterior, es indispensable comprender y gestionar estos fenómenos y sus riesgos, lo cual requiere un análisis espacial detallado de las condiciones y la variabilidad climática a nivel regional para diseñar estrategias de adaptación y mitigación efectivas (IDEAM-UNAL, 2018). El presente estudio de caso combina

el análisis multitemporal de datos climáticos, como temperatura y precipitación, y el uso de sistema de información geográfica para evaluar su comportamiento en relación con la cobertura del suelo.

Los datos utilizados para las variables climáticas fueron obtenidos de normales climatológicas, las cuales son calculadas para un periodo de 30 años y siguen los cálculos sugeridos por la Directriz 1203 de 2017 de la Organización Meteorológica Mundial (IDEAM, s. f.). Los datos son interpolados en el software ArcGIS Pro para obtener el mapa para dos periodos distintos (1981-2010 y 1991-2020); la cartografía sobre cobertura de tierra a escala 1:100,000 del año 2020 se obtiene de los datos del centro de descarga de información geográfica oficial del IDEAM. La diferencia entre periodos permitió obtener mapas temáticos de variación de temperatura y precipitación, que permiten resaltar los cambios. A la par, se empleó el mapa de cobertura de tierra bajo la categoría Corine Land Cover Nivel 2. La aplicación de herramientas como la estadística zonal para calcular valores máximos y medios permitió relacionar la capa de coberturas de suelo con los valores derivados de precipitación y temperatura; el mapa temático final permitió observar espacialmente qué coberturas están experimentando los mayores cambios.

Los resultados obtenidos muestran una variación de temperatura entre 0,47 °C y 2,35 °C entre los dos periodos estudiados, mientras que la precipitación varió entre -95 mm y +96 mm, reflejando una alta heterogeneidad espacial. El análisis de los mapas temáticos muestra, por ejemplo, que las zonas agrícolas y de pastos son las que presentan mayor aumento térmico, alcanzando hasta 2,3 °C, mientras que los bosques y las áreas naturales muestran incrementos más moderados, lo que confirma su rol como amortiguador climático. En cuanto a la precipitación, se evidencian áreas como las zonas urbanas con fuertes aumentos y otras con disminución en zonas de área natural, lo que podría estar asociado a procesos locales de transformación del uso del suelo. La estadística zonal resalta que algunas coberturas de suelo tienden a asociarse con los valores máximos tanto de temperatura como de precipitación; en zonas de expansión urbana, los valores máximos alcanzan 2,35 °C de aumento y más de 63 mm adicionales de lluvia, lo cual podría generar efectos en cadena como mayor escorrentía, disminución de infiltración y riesgo de eventos extremos.

Estos resultados son relevantes en el contexto del Acuerdo de París, cuyo objetivo es limitar el aumento de la temperatura global muy por debajo de los 2 °C respecto a los niveles preindustriales (González, 2018). Algunas zonas del Tolima estarían experimentando incrementos térmicos que superan dicho umbral, lo cual podría anticipar efectos más severos en el mediano plazo si no se adoptan medidas de mitigación y adaptación urgentes.

Este estudio demuestra que el uso de los sistemas de información geográfica constituye una herramienta clave para comprender los efectos locales que pueda generar el cam-

bio climático; asimismo, estos hallazgos subrayan la necesidad de integrar de manera efectiva las políticas de ordenamiento territorial y agroambiental para poder anticipar el impacto y avanzar hacia una verdadera gestión territorial resiliente.

Finalmente, es recomendable ampliar este análisis incorporando otras variables clave, como pendientes, usos agrícolas intensivos, conectividad ecológica e incluso aplicar proyecciones climáticas futuras para fortalecer escenarios de riesgo.

Palabras clave: cambio climático, análisis espacial, análisis de datos, adaptación, cartografía.

Abstract

Climate change represents an increasing threat, with scientific evidence indicating that since 1750, there has been a net warming trend driven by greenhouse gas emissions (Rodríguez et al., 2015). In Colombia, projections from Ideam estimate a temperature rise between 2,14 °C and 4 °C by the end of the century, which could lead to the melting of Andean glaciers, the disappearance of páramo ecosystems, sea level rise, disruptions in agricultural production, and more extreme climate events (Rodríguez et al., 2015).

The department of Tolima, characterized by its complex system of páramos, snow-capped mountains, and wetlands, is particularly vulnerable to climate change. Projections included in its Comprehensive Public Policy on Climate Change Management foresee temperature increases of up to 2,3 °C for the 2071–2100 period, impacting several regions across the department (Gobernación del Tolima y Cortolima, 2019).

Given this context, it is essential to understand and manage these phenomena. Addressing climate risks requires a detailed spatial analysis of regional climate conditions and variability to design effective adaptation and mitigation strategies (Ideam-UNAL, 2018). This case study combines a multitemporal analysis of climate data—specifically temperature and precipitation—with the use of GIS to evaluate their behavior in relation to land cover.

Climatic variables were obtained from climatological normals, calculated over a 30-year period following the methodology outlined in Guideline 1203 of 2017 by the World Meteorological Organization (Ideam, s. f.). The data were interpolated using ArcGIS Pro software to generate maps for 2 distinct periods (1981–2010 and 1991–2020). Land cover cartography at a 1:100,000 scale from 2020 was retrieved from Ideam's official geospatial data repository. The differences between the periods allowed the generation of thematic maps showing variations in temperature and precipitation. In parallel, land cover data were categorized under the Corine Land Cover Level 2 classification. Zonal statistics

tools were applied to calculate mean and maximum values, enabling the integration of land cover layers with the corresponding temperature and precipitation values. The resulting thematic maps provide a spatial visualization of which land cover types are experiencing the most significant changes.

The results indicate a temperature variation ranging from 0,47 °C to 2,35 °C between the 2 periods analyzed, while precipitation changes ranged from -95 mm to +96 mm, reflecting substantial spatial heterogeneity. The thematic maps reveal that agricultural and pasture areas exhibit the highest thermal increases, reaching up to 2,3 °C, whereas forested and natural areas show more moderate increases, reaffirming their role as climate buffers. In terms of precipitation, significant increases were observed in urban areas, while natural areas experienced decreases, potentially linked to local land use change processes. Zonal statistics highlighted that certain land cover types are associated with maximum values of both temperature and precipitation. Urban expansion areas showed temperature increases up to 2,35 °C and more than 63 mm of additional rainfall, potentially triggering cascading effects such as increased runoff, reduced infiltration, and heightened risk of extreme weather events.

These findings are particularly relevant considering the Paris Agreement, which aims to limit global temperature rise to well below 2 °C above pre-industrial levels (González, 2018). Some areas in Tolima are already experiencing thermal increases that surpass this threshold, potentially signaling more severe impacts in the medium term if urgent mitigation and adaptation measures are not adopted.

This study demonstrates the critical role of GIS in understanding the localized impacts of climate change. Furthermore, the findings underscore the importance of effectively integrating land use and agro-environmental policies to anticipate impacts and advance toward truly resilient territorial management.

Finally, it is recommended to expand this analysis by incorporating additional key variables such as slope, intensive agricultural land use, and ecological connectivity and by applying future climate projections to strengthen risk scenarios.

Keywords: Climate change, spatial analysis, data analysis, adaptation, mapping

Referencias

Gobernación del Tolima y Cortolima. (2019). *Política Pública Integral de Gestión de Cambio Climático del Tolima "Ruta Dulima. El Tolima enfrenta el cambio en el clima" al año 2031, con una apuesta inspiradora al año 2040*. https://cortolima.gov.co/images/planes_y_programas/recurso_hidrico/polilitica_cambio_climatico/Politica%20Cambio%20Climatico%20-%20Ruta%20Dulima.pdf

González, J. (2018). *Acuerdo de París sobre cambio climático e instrumentos conexos ¿Pueden quitarnos la venda de los ojos?* Editorial Universidad del Rosario. https://elibro-net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/ereader/unad/70731

Instituto de Estudios Atmosféricos y Meteorología y Universidad Nacional de Colombia. (2018). *Variabilidad Climática y Cambio Climático en Colombia.* https://www.andi.com.co/uploads/variabilidad.pdf

Instituto de Estudios Atmosféricos y Meteorología. (s. f.). *Normales climáticas estándar.* [Informe]. https://www.ideam.gov.co/sala-de-prensa/informes/Normales%20clim%C3 %A1ticas%20est%C3 %A1ndar

Rodríguez, M, Mance, H., Barrera, X. y García, C. (2015). *Cambio climático: lo que está en juego* (2.ª ed.). FLACSO. https://elibro-net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/ereader/unad/71059

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=-1J2GNezDIVAjI34JzKgQa127B2xa_6P8j

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CULTIVO VERTICAL NFT HIDROPÓNICO, AEROPONÍA COMO ESTRATEGIA PARA FOMENTAR HÁBITOS ALIMENTICIOS SALUDABLES, EMPRENDIMIENTO Y SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A HYDROPONIC NFT VERTICAL CULTIVATION SYSTEM, AEROPONICS AS A STRATEGY TO PROMOTE HEALTHY EATING HABITS, ENTREPRENEURSHIP, AND ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY IN THE UNIVERSITY COMMUNITY

Aldair Pineda Narvaez
aldair.narvaez17@gmail.com
Universidad del Tolima

Resumen

La característica principal de la hidroponía fue la ausencia de suelo como medio de soporte para las raíces de las plantas, lo que permitió aprovechar de manera eficiente los espacios reducidos en hogares y entornos universitarios. En este contexto, el proyecto tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema de cultivo vertical bajo las modalidades NFT hidropónico y aeropónico, en los municipios de Ibagué y Guamo (Tolima, Colombia), como una estrategia de producción sostenible de alimentos y de fortalecimiento de hábitos alimenticios saludables.

El diseño contempló estructuras modulares en materiales reciclables y de bajo costo, empleando configuraciones en pirámides, camas, bandejas y mesas verticales, que se instalaron en aulas, laboratorios y viviendas estudiantiles, evaluando su funcionalidad y adaptabilidad en espacios urbanos reducidos. La implementación se desarrolló en fases: (I) planificación y construcción de los prototipos, (II) montaje y calibración de las soluciones nutritivas y (III) seguimiento del crecimiento vegetal.

El análisis de resultados incluyó la medición de variables agronómicas (germinación, crecimiento y rendimiento) y ambientales (uso de agua y energía), así como encuestas de percepción a los estudiantes participantes. Los datos se procesaron mediante análisis estadísticos descriptivos y comparativos, determinando la eficiencia productiva de los sistemas y su aceptación social.

La iniciativa integró un componente educativo orientado a promover la participación de los estudiantes en prácticas de agricultura urbana, fomentando la apropiación de conocimientos sobre sostenibilidad, seguridad alimentaria y conciencia agroambiental. Esta experiencia contribuyó a fortalecer la relación de los jóvenes con el entorno natural, su corresponsabilidad ambiental, sus competencias en agricultura sostenible y su capacidad emprendedora.

El proyecto se alineó con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente con los relacionados con salud y bienestar, ciudades sostenibles y producción y consumo responsables, respondiendo a la necesidad de transformar los entornos educativos en escenarios de innovación para la sostenibilidad.

Palabras clave: hidroponía, agricultura urbana, sostenibilidad, conciencia ambiental, alimentación saludable, emprendimiento, entorno universitario.

Abstract

The main characteristic of hydroponics was the absence of soil as a support medium for plant roots, which allowed for efficient use of limited spaces in homes and university settings. In this context, the project aimed to design and implement a vertical cultivation system using hydroponic and aeroponic NFT modalities in the municipalities of Ibagué and Guamo (Tolima, Colombia) as a strategy for sustainable food production and strengthening healthy eating habits.

The design included modular structures made of low-cost, recyclable materials, using pyramid configurations, beds, trays, and vertical tables. These were installed in classrooms, laboratories, and student housing, evaluating their functionality and adaptability in small urban spaces. Implementation was carried out in phases: (I) planning and construction of the prototypes, (II) assembly and calibration of the nutrient solutions, and (III) monitoring plant growth. The results analysis included the measurement of agronomic variables (germination, growth, and yield) and environmental variables (water and energy use), as well as perception surveys among participating students. The data were processed through descriptive and comparative statistical analysis, determining the productive efficiency of the systems and their social acceptance.

The initiative included an educational component aimed at promoting students' active participation in urban agriculture practices, fostering the acquisition of knowledge about sustainability, food safety, and agro-environmental awareness. This experience contributed to strengthening young people's relationship with the natural environment, their environmental co-responsibility, skills in sustainable agriculture, and entrepreneurial capacity.

The project was aligned with the SDG, particularly those related to health and well-being, sustainable cities, and responsible production and consumption, responding to the need to transform educational environments into innovation scenarios for sustainability.

Keywords: hydroponics, urban agriculture, sustainability, environmental awareness, healthy eating, entrepreneurship, university environment.

Referencias

Altieri, M. A., Funes-Monzote, F. R. y Petersen, P. (2015). Agroecología y resiliencia al cambio climático: Principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología, 10(*1), 7-20.

Delgado, J. y Paredes, A. (2020). Educación agroambiental para la sostenibilidad en contextos urbanos. *Revista Científica Agroecológica, 12*(2), 45-56.

Pérez, M. (2017). Impacto de la agricultura urbana en la alimentación de jóvenes universitarios: Estudio de caso en Medellín. Revista Salud y Sociedad, 6(2), 112-123.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). *Agricultura urbana y periurbana: una estrategia para la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe.* Organización de las Naciones Unidas. https://www.fao.org/3/i7603s/i7603s.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2020). *Education for Sustainable Development: A roadmap.* Organización de las Naciones Unidas. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374802

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1uQpWJP_b6lTNL16A41BhD39paed24Z3d

AGUAS MIELES DEL CAFÉ COMO UNA ALTERNATIVA NATURAL PARA EL MANEJO DE ARVENSES EN LA ZONA CAFETERA

COFFEE HONEY WATER AS A NATURAL ALTERNATIVE FOR WEED MANAGEMENT IN COFFEE-GROWING AREAS

Eider Enrique Trujillo González
eetrujillog@unadvirtual.edu.co
Semillero de investigación SIPAS
Grupo de investigación INYUMACIZO
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Alexander Castro Polanco
alexander.castro@unad.edu.co
Grupo de investigación INYUMACIZO
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Diana Cristina Medina Valencia
https://orcid.org/0000-0002-7767-4949
cristina.medina@unad.edu.co
Semillero de investigación DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE - DERUSO
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Milton Cesar Ararat Orozco
https://orcid.org/0000-0003-2482-1834
milton.ararat@unad.edu.co
Grupo de investigación INYUMACIZO
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

La producción de café en Colombia es una actividad esencial para la economía y el sustento de miles de familias. Sin embargo, el control de arvenses sigue siendo uno de los principales retos, pues estas plantas compiten por recursos vitales y reducen la productividad, mientras que el uso prolongado de herbicidas químicos genera impactos ambientales y resistencia en especies invasoras (Salazar, 2020).

Este estudio tuvo como propósito evaluar el uso de las aguas mieles del café, subproducto del proceso de beneficio húmedo, como alternativa sostenible para el control de arvenses en cafetales del municipio de La Plata, Huila. El problema abordado se

relaciona con la interferencia negativa de estas plantas en el cultivo de café, al competir por recursos esenciales y disminuir considerablemente la productividad, además de los impactos ambientales y de resistencia generados por el uso prolongado de herbicidas químicos (Salazar, 2021).

La investigación se desarrolló en la finca El Mirador, vereda El Cabuyal, a 1,040 metros sobre el nivel del mar. Se establecieron 36 parcelas experimentales de un metro cuadrado, distribuidas en zigzag, donde se caracterizaron taxonómicamente las arvenses presentes mediante herramientas digitales y literatura especializada, diferenciándolas entre especies de hoja ancha y hoja angosta. Se aplicaron tratamientos de aguas mieles sometidas a fermentación aeróbica y anaeróbica, en dosis de 1 y 5 litros, durante 8, 15 y 24 días de fermentación, cada uno con tres repeticiones. La evaluación se realizó a través de observaciones visuales de síntomas de afectación en las arvenses, tales como clorosis, necrosis y marchitez, calculando el porcentaje de control alcanzado.

Los resultados mostraron que las fermentaciones prolongadas de 24 días, en condiciones anaerobias y con dosis de 5 litros, fueron las más efectivas, alcanzando hasta un 98,89 % de afectación en especies de hoja ancha y un 80 % en las de hoja angosta. Las arvenses de hoja ancha resultaron más sensibles a los tratamientos, mientras que las de hoja angosta presentaron mayor resistencia. Entre las especies identificadas se encontraron *Digitaria sanguinalis, Polygonum nepalense, Galinsoga parviflora, Emilia sonchifolia* y *Cyperus rotundus*, con variaciones en su respuesta según la dosis, el tiempo de fermentación y el tipo de proceso.

Los hallazgos permiten inferir que el efecto fitotóxico de las aguas mieles está asociado a su riqueza en compuestos orgánicos, lo que respalda su potencial como bioherbicida natural (Fernández, 2020). Se evidenció que factores como la duración de la fermentación, la cantidad aplicada y las condiciones de oxigenación influyen directamente en el grado de control obtenido. Estos resultados constituyen una base científica para el aprovechamiento de este subproducto en el manejo de arvenses, que ofrece una alternativa viable para reducir el uso de herbicidas químicos y mitigar riesgos ambientales asociados.

El uso de aguas mieles no solo contribuye a disminuir la dependencia de agroquímicos, sino que también promueve la reutilización de residuos agroindustriales, fortaleciendo la sostenibilidad de los sistemas productivos cafeteros. No obstante, se recomienda continuar con investigaciones que profundicen en la estandarización de formulaciones, las técnicas de aplicación en campo y la evaluación de posibles efectos secundarios sobre el suelo, la microbiota y el propio cultivo de café.

En conclusión, la investigación demuestra que las aguas mieles fermentadas del café constituyen una alternativa eficaz, económica y ambientalmente responsable para el control de arvenses en zonas cafeteras. Su implementación aporta beneficios agronó-

micos, ambientales y sociales, al tiempo que genera conocimiento útil para productores, instituciones y comunidades, consolidándose como un ejemplo de innovación local para enfrentar problemáticas comunes en la caficultura.

Palabras clave: bioherbicida, fermentación, residuos, sostenibilidad, subproducto.

Abstract

Coffee production in Colombia is an essential activity for the economy and livelihood of thousands of families. However, weed control remains one of the main challenges, as these plants compete for vital resources and reduce productivity, while the prolonged use of chemical herbicides generates environmental impacts and resistance in invasive species (Salazar, 2020).

This study aimed to evaluate the use of coffee wastewater, a by-product of the wet milling process, as a sustainable alternative for weed control in coffee plantations in the municipality of La Plata, Huila. The problem addressed relates to the negative interference of these plants in coffee cultivation, as they compete for essential resources and considerably reduce productivity, in addition to the environmental impacts and resistance generated by the prolonged use of chemical herbicides (Salazar, 2021).

The research was carried out at El Mirador farm, located in the village of El Cabuyal, at 1,040 meters above sea level. Thirty-six experimental plots of one square meter were established in a zigzag pattern, where the weed species present were taxonomically characterized using digital tools and specialized literature, distinguishing between broadleaf and narrowleaf species. Treatments consisted of coffee wastewater subjected to aerobic and anaerobic fermentation, in doses of 1 and 5 liters, for fermentation periods of 8, 15, and 24 days, each with three replications. Evaluation was conducted through visual observations of symptoms of weed damage, such as chlorosis, necrosis, and wilting, calculating the percentage of control achieved.

The results indicated that prolonged fermentations of 24 days, under anaerobic conditions and with a dose of 5 liters, were the most effective, reaching up to 98,89 % damage in broadleaf species and 80 % in narrowleaf species. Broadleaf weeds were more sensitive to the treatments, while narrowleaf weeds exhibited greater resistance. Among the identified species were *Digitaria sanguinalis*, *Polygonum nepalense*, *Galinsoga parviflora*, *Emilia sonchifolia*, and *Cyperus rotundus*, with variations in their response depending on the dose, fermentation time, and process type.

The findings suggest that the phytotoxic effect of coffee wastewater is associated with its richness in organic compounds, supporting its potential as a natural bioherbicide

(Fernández, 2020). It was shown that factors such as fermentation duration, application rate, and oxygenation conditions directly influence the degree of control achieved. These results provide a scientific basis for the use of this by-product in weed management, offering a viable alternative to reduce the use of chemical herbicides and mitigate associated environmental risks.

The use of coffee wastewater helps to decrease dependence on agrochemicals and promotes the reuse of agro-industrial residues, strengthening the sustainability of coffee production systems. However, further research is recommended to improve formulation standardization, field application techniques, and the evaluation of potential side effects on soil, microbiota, and the coffee crop itself.

In conclusion, this research demonstrates that fermented coffee wastewater can be an effective, economical, and environmentally responsible alternative for weed control in coffee-growing areas. Its implementation provides agronomic, environmental, and social benefits while generating useful knowledge for producers, institutions, and communities, consolidating itself as an example of local innovation to address common challenges in coffee cultivation.

Keywords: Bioherbicide, Fermentation, Residues, Sustainability, By-product.

Referencias

Fernández-Cortés, Y., Sotto-Rodríguez, K. D. y Vargas-Marín, L. A. (2020). Impactos ambientales de la producción del café, y el aprovechamiento sustentable de los residuos generados. *Producción + Limpia, 15*(1), 93-110. https://doi.org/10.22507/pml.v15n1a7

Salazar-Gutiérrez, L. (2021). *Arvenses frecuentes en el cultivo del café en Colombia. Cenicafé.* https://doi.org/10.38141/cenbook-0015

Salazar-Gutiérrez, L. y Hincapié, É. (2020). Las arvenses y su interferencia en los sistemas de producción de café. En *Manejo Agronómico de los Sistemas de Producción de Café* (pp. 124-148). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/10791/0002_4

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1eo9a95bXLC6NrJQXrETp9SkVv2PLQx7H

CARACTERIZACIÓN DE FAUNA Y FLORA DE LA ZONA BOSCOSA DE LA IE LICEO ANDAKI, DE PITALITO (HUILA)

CHARACTERIZATION OF THE FAUNA AND FLORA OF THE FORESTED AREA OF THE ANDAKI HIGH SCHOOL-PITALITO (HUILA)

Karen Sofía Guerrero Monje
ksgurrerom@unadvirtual.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Tania Liceth Samboni Losada
tlsambonil@unadvirtual.edu.co
Grupo de investigación INYUMACIZO
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

El presente proyecto de caracterización de flora y fauna de la zona boscosa de la Institución Educativa Liceo Andaki, ubicada en Pitalito, Huila, busca fomentar la educación ambiental y la conservación de la biodiversidad mediante la caracterización ecológica de la zona boscosa. Se parte de la problemática de la degradación de los ecosistemas y la falta de apropiación de los espacios naturales dentro de la institución educativa. A través de la caracterización ecológica, se espera proporcionar una herramienta pedagógica para el aprendizaje interactivo sobre la flora, la fauna y los servicios ecosistémicos de la región.

El trabajo se basa en una metodología cualitativa estructurada en tres etapas: la primera consiste en realizar un diagnóstico participativo con la comunidad educativa. En segunda instancia, se procede a realizar la caracterización de la fauna y flora representativa y, por último, se elabora un material didáctico con la información de la identificación.

Los resultados esperados incluyen un sendero estructurado con estaciones informativas, una cartilla educativa sobre la biodiversidad local y la generación de conciencia ambiental en los estudiantes. Este modelo busca ser replicable en otras instituciones, fortaleciendo así el vínculo entre educación y conservación.

Palabras clave: biodiversidad, conservación ambiental, ecosistema, educación ambiental, recurso natural.

Abstract

This project, "Characterization of the Flora and Fauna of the Forested Area" at the Andaki High School, located in Pitalito, Huila, seeks to promote environmental education and biodiversity conservation through ecological characterization of the forested area. It addresses the problem of ecosystem degradation and the lack of ownership of natural spaces within the educational institution. Through ecological characterization, it is hoped to provide a pedagogical tool for interactive learning about the region's flora, fauna, and ecosystem services.

The project is based on a qualitative methodology structured in 3 stages: the first involves conducting a participatory assessment with the educational community. The second stage involves characterizing the representative flora and fauna, and finally, creating educational materials with identifying information.

The expected results include a structured trail with informational stations, an educational booklet on local biodiversity, and the development of environmental awareness among students. This model seeks to be replicable in other institutions, thus strengthening the link between education and conservation.

Keywords: biodiversity, environmental conservation, ecosystem, environmental education, natural resources

Referencias

Acosta, D. M. (2022). La biodiversidad colombiana en el presente y futuro de nuestra diplomacia: del mito a la acción. *Orbis, 26*, 56-63.

Agudelo López, D. A. y Riobueno Rugelis, A. D. (2020). *Diseño de un sendero ecológico como estrategia para fomentar el conocimiento de biodiversidad, Colegio Juan Pablo Segundo, Villavicencio* (Tesis de doctorado, Universidad Santo Tomás). Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación. http://hdl.handle.net/11634/21895

Aguirre Mendoza, Z. (2017). Biodiversidad de la provincia de Loja, Ecuador. *Arnaldoa, 24*(2), 523-542. https://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24206

Alcaldía de Pitalito, S. E. (2024, julio 22). Información general. Sede Electrónica de Pitalito. https://www.alcaldiapitalito.gov.co/publicaciones/283/informacion-general/#:~:text=Descripci%C3 %B3n%20F%C3 %ADsica%3A%20UBICACI%C3 %93N%20GEOGR%C3 %81FICA%3A,de%20la%20Capital%20del%20Huila.

Alcaldía de Pitalito. (2023, 28 de junio). *Caracterización y perfil del sector educativo 2023.* http://www.sempitalito.gov.co/Caracterizacion%20y%20perfil%20de%20sector%20educativo%202023.pdf

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1IvRTEVax33oCqBbunp4s3YPMv9sHSDF4

BIENESTAR INTEGRAL EN PEQUEÑOS RUMIANTES: EL ENFOQUE DE LA HOMEOPATÍA VETERINARIA

INTEGRAL WELFARE IN SMALL RUMINANTS: THE APPROACH TO VETERINARY HOMEOPATHY

Ximena María Guzmán Perlaza
ximena.guzman@unad.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

En el contexto actual de la medicina veterinaria, el uso excesivo e inadecuado de medicamentos alopáticos ha desencadenado una crisis silenciosa pero alarmante: la proliferación de microorganismos resistentes a los fármacos. Esta problemática compromete la salud animal, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de los sistemas productivos. En este escenario, la medicina homeopática emerge como una alternativa disruptiva, ética y ambientalmente responsable, que desafía los paradigmas tradicionales de la salud animal.

La homeopatía, basada en el principio de que "lo similar cura lo similar", propone un enfoque terapéutico que estimula las capacidades curativas del organismo sin suprimir los síntomas. A diferencia de la medicina alopática, que recurre a dosis elevadas de compuestos químicos con efectos secundarios, muchas veces subestimados, la homeopatía utiliza sustancias altamente diluidas, minimizando los residuos tóxicos y el impacto ambiental. Este enfoque representa un cambio de visión: de una medicina reactiva a una medicina preventiva, integral y respetuosa con la vida.

En el municipio de Jamundí, Valle del Cauca, se llevó a cabo una caracterización de sistemas pecuarios orientados a negocios verdes, con el objetivo de estimar la frecuencia y la percepción del uso de medicamentos homeopáticos frente a los alopáticos. La investigación se centró en pequeños rumiantes, especies clave en la economía rural. Se aplicó un enfoque cuantitativo, utilizando un cuestionario tipo encuesta estructurado bajo el modelo de escala Likert, diseñado para captar la frecuencia de uso, los factores de adopción y los criterios específicos de selección de medicamentos veterinarios.

La muestra se conformó por productores pecuarios del municipio, seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, priorizando aquellos con registro ante el ICA (Instituto Colombiano Agropecuario) y cumplimiento de normativas sanitarias vigentes. Se identificaron seis sistemas productivos que cumplían con todos los requisitos

establecidos, lo que permitió una caracterización detallada de prácticas sostenibles en el manejo sanitario de los animales. El cuestionario incluyó ítems relacionados con la percepción de eficacia, impacto económico, ambiental y social de los medicamentos homeopáticos, así como su utilidad en la prevención y el tratamiento de enfermedades.

Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva, lo que permitió identificar tendencias claras en la adopción de esta terapia. Los resultados fueron contundentes: el 83 % de los encuestados reconoció los beneficios de la homeopatía en términos económicos, sociales y ambientales. Más del 75 % afirmó que su uso contribuye a reducir costos y aumentar la rentabilidad, mientras que el 79 % la consideró eficaz tanto en la prevención como en el tratamiento de enfermedades. Estos datos revelan una tendencia clara hacia la adopción de prácticas más sostenibles, que priorizan el bienestar animal y la inocuidad de los productos derivados. Además, se evidenció que la homeopatía no solo mejora la salud de los animales, sino que fortalece su sistema inmunológico, reduciendo la necesidad de intervenciones farmacológicas agresivas.

Esta mejora en la salud general del rebaño se traduce en una producción más limpia, segura y ética, alineada con las exigencias de los consumidores conscientes y los mercados internacionales. Sin embargo, el estudio también dejó al descubierto un desafío crucial: la falta de capacitación especializada. La medicina homeopática requiere una comprensión profunda de los síntomas, del entorno y de la individualidad de cada animal. No se trata de aplicar recetas genéricas, sino de interpretar señales sutiles y formular tratamientos personalizados. Por ello, la formación técnica y científica en este campo es indispensable para garantizar su aplicación ética y eficaz.

En conclusión, la medicina homeopática representa mucho más que una alternativa terapéutica: es una herramienta de transformación para los sistemas productivos. Su implementación adecuada puede contribuir significativamente a la sostenibilidad ambiental, la seguridad alimentaria y el bienestar animal. El caso de Jamundí demuestra que el cambio es posible y que ya está en marcha. Lo que se necesita ahora es voluntad política, inversión en formación y una apertura real al conocimiento alternativo. La medicina veterinaria del futuro no puede seguir dependiendo exclusivamente de antibióticos y químicos. Debe abrirse a enfoques integrales, respetuosos y sostenibles. La homeopatía, lejos de ser una moda o curiosidad, se perfila como una respuesta seria y necesaria a los desafíos del presente.

Palabras clave: bienestar, homeopatía, inmunidad, producción, sostenibilidad.

Abstract

In the current context of veterinary medicine, the overuse and inappropriate use of allopathic medicines have triggered a silent but alarming crisis: the proliferation of drug-resistant microorganisms. This problem compromises animal health, food safety, and the sustainability of production systems. In this scenario, homeopathic medicine emerges as a disruptive, ethical, and environmentally responsible alternative, which challenges traditional paradigms of animal health.

Homeopathy, based on the principle that "like cures like," proposes a therapeutic approach that stimulates the body's healing abilities without suppressing symptoms. Unlike allopathic medicine, which resorts to high doses of chemical compounds with side effects that are often-underestimated, homeopathy uses highly diluted substances, minimizing toxic waste and environmental impact. This approach represents a change of vision: from reactive medicine to preventive, comprehensive, and life-respecting medicine.

In the municipality of Jamundí, Valle del Cauca, a characterization of livestock systems oriented to green businesses was carried out, with the aim of estimating the frequency and perception of the use of homeopathic medicines compared to allopathic ones. The research focused on small ruminants, key species in the rural economy. A quantitative approach was applied, using a survey-type questionnaire structured under the Likert scale model, designed to capture the frequency of use, adoption factors, and specific selection criteria of veterinary drugs.

The sample was made up of livestock producers from the municipality, selected through non-probabilistic sampling for convenience, prioritizing those with registration with the ICA (Colombian Agricultural Institute) and compliance with current health regulations. Six production systems were identified that met all the established requirements, which allowed a detailed characterization of sustainable practices in animal health management. The questionnaire included items related to the perception of efficacy, economic, environmental, and social impact of homeopathic medicines, as well as their usefulness in the prevention and treatment of diseases.

The data were analyzed using descriptive statistics, allowing us to identify clear trends in the adoption of this therapy. The results were overwhelming: 83 % of those surveyed recognized the benefits of homeopathy in economic, social, and environmental terms. More than 75 % said that its use contributes to reducing costs and increasing profitability, while 79 % considered it effective in both the prevention and treatment of diseases. These data reveal a clear trend towards the adoption of more sustainable practices, which prioritize animal welfare and food safety.

Keywords: welfare, homeopathy, immunity, production, sustainability

Referencias

Acosta, L. P. y Salcedo, A. L. (2020). *Uso de medicina tradicional y alopática relacionada con la optometría en Bogotá* [Tesis de pregrado, Universidad de La Salle]. Ciencia Uni-Salle. https://ciencia.lasalle.edu.co/items/cc422c3a-b1c7-4c3a-b1bf-8f2caead473b

Bellavite, P. (2015). Homeopathy and integrative medicine: Keeping an open mind. *Journal of Medicine and the Person, 13*(1), 1-6. https://doi.org/10.1007/s12682-014-0198-x

Calleja, C. (2020), *La homeopatía en las granjas.* https://www.homeopatia.net/wp-content/uploads/2016/04/dra-calleja-homeopatia-granjas.pdf

Dupree, G. (2023). *Homeopathy in Organic Livestock Production.* Acres USA. https://bookstore.acresusa.com/products/homeopathy-in-organic-livestock-production

Guzmán, X. (2023). *Estimación de la frecuencia del uso de los medicamentos homeopáticos frente los medicamentos alopáticos en agronegocios en el Municipio de Jamundí Valle del Cauca* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma y a Distancia]. Repositorio UNAD. https://repository.unad.edu.co/handle/10596/59446

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1lVKLV6IAVAopZhN3Uocbl9DzNes6Vzs_

ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL AGRONÓMICO DE RESIDUOS DE COSECHA BIOTRANSFORMADOS POR LARVAS DE MOSCAS SOLDADO NEGRA (*HERMETIA ILLUCENS*)

ESTIMATION OF THE AGRONOMIC POTENCIAL OF CROP RESIDUES BIOTRANSFORMED BY BLACK SOLDIER FLY LARVAE (*HERMETIA ILLUCENS*)

Johanna Tapias Giraldo
jtapiasg@unadvirtual.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Sandra Patricia Montenegro Gómez
sadra.montenegro@unad.edu.co
CIAB
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

El incremento de residuos agrícolas ha impulsado la búsqueda de estrategias de gestión sostenible, entre las cuales destacan las alternativas biológicas, como el uso de larvas de mosca soldado negra (MSN) (Cabrera y López, 2021). Este insecto ha demostrado ser eficaz en la bioconversión de residuos orgánicos, aportando valor dentro de esquemas de economía circular (Bermúdez y Sánchez-Velázquez, 2023) y contribuyendo a la reducción de gases de efecto invernadero (Pang et al., 2020).

Durante el proceso de biotransformación, las larvas de MSN consumen y degradan residuos orgánicos, acelerando su descomposición a través de la digestión y su actividad metabólica. Como resultado de este proceso, se genera un residuo final denominado frass; este ha demostrado contener nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio (Green, 2023). El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el potencial agronómico de residuos de cosecha biotransformados por larvas de MSN, en el cual se evaluó el efecto de diferentes densidades de larvas de MSN en la biotransformación de residuos orgánicos y el potencial agronómico de estos residuos biotransformados en composición líquida (frass líquido).

Se consideró como factor la densidad de las larvas (84, 701, 2,400), correspondiente a 118, 850 g y 3,000 g, respectivamente. La cantidad del residuo se estimó en función de la densidad de larvas. Las unidades experimentales consistieron en contenedores con una mezcla 70:30 de banano y cáscara verde de fríjol. La mezcla fue sometida al proceso de biotransformación por las larvas durante 12 días bajo condiciones controladas. Las variables de respuesta evaluadas fueron: la tasa de biotransformación de residuos (WRR), el índice de reducción de residuos (WRI), utilizando las fórmulas propuestas por Chávez Jaime (2019), y la respuesta de plantas de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* var. *ceraciforme*) hasta el periodo de formación de botón floral (entre 21 y 34 días después del trasplante), donde se comparó el desarrollo en plantas fertilizadas con frass líquido vs. síntesis química. Cada tratamiento contó con tres repeticiones.

Los resultados de la biotransformación mostraron que el tratamiento con 2,400 y 701 larvas presentó mayor eficiencia en la reducción de residuos, comparado con el tratamiento de 84 larvas. El número de formación de botones florales, la altura de planta, el diámetro del tallo y el número de ramas en plantas de tomate Cherry fueron estadísticamente iguales en plantas fertilizadas con frass líquido y fertilizante de síntesis química.

Lo anterior sugiere que aumentar la densidad larval mejora la eficiencia del proceso de biotransformación. En lo que respecta a la respuesta de las plantas estudiadas, al no haber ventaja de la fertilización química, podría, en un momento dado, proyectarse una transición hacia el uso de frass líquido de MSN en la producción de tomate Cherry; sin embargo, es necesario continuar con investigaciones que fortalezcan estos resultados y encaminen procesos productivos sostenibles y sustentables.

Palabras clave: biotransformación; residuos; sustrato; eficiencia; frass.

Abstract

The increase in agricultural residues has driven the search for sustainable management strategies, among which biological alternatives such as the use of black soldier fly (BSF) larvae stand out (Cabrera y López, 2021). This insect has proven to be effective in the bioconversion of organic residues, adding value within circular economy schemes (Bermúdez y Sánchez-Velázquez, 2023) and contributing to the reduction of greenhouse gases (Pang et al., 2020).

During the biotransformation process, BSF larvae consume and degrade organic residues, accelerating their decomposition through digestion and metabolic activity. As a result of this process, a final residue called frass is generated, which has been shown to contain essential nutrients such as nitrogen, phosphorus, and potassium (Green, 2023).The present study aimed to evaluate the agronomic potential of crop residues

biotransformed by BSF larvae, where the effect of different BSF larval densities on the biotransformation of organic residues and the agronomic potential of these biotransformed residues in liquid composition (liquid frass) was evaluated.

The larval density (84,701, 2,400) was considered as a factor, corresponding to 118 g, 850 g, and 3,000 g, respectively. The amount of residue was estimated based on larval density. The experimental units consisted of containers with a 70:30 mixture of banana and green bean husk; the mixture was subjected to the biotransformation process by the larvae for 12 days under controlled conditions. The response variables evaluated were the Waste Biotransformation Rate (WRR) and the Waste Reduction Index (WRI), using the formulas proposed by Chávez Jaime (2019), and the response of cherry tomato plants (*Solanum lycopersicum var. ceraciforme*) until the floral bud formation stage (between 21 and 34 days after transplanting), where plant development was compared between those fertilized with liquid frass and those with chemical synthesis fertilizer. Each treatment included 3 replications.

The biotransformation results showed that the treatments with 2,400 and 701 larvae presented greater efficiency in waste reduction compared to the treatment with 84 larvae. The number of floral buds formed, plant height, stem diameter, and number of branches in cherry tomato plants were statistically the same in plants fertilized with liquid frass and with chemical synthesis fertilizer. The above suggests that increasing larval density improves the efficiency of the biotransformation process.

Regarding the response of the plants studied, since there was no advantage of chemical fertilization, at a given point a transition could be projected towards the use of BSF liquid frass in cherry tomato production. However, it is necessary to continue with research to strengthen these results, guiding sustainable and environmentally sound production processes.

Key words: biotransformed, waste, substrate, efficiency, frass.

Referencias

Bermúdez-Serrano, I. M. y Sánchez-Velázquez, O. A. (2023). Comprehensive utilization of the Black Soldier Fly: Bioconversion, sustainability, and emerging challenges. *Scientia Agropecuaria, 14*(4), 571-590. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.047

Cabrera, G, D. y López, G, A. L. (2021) Evaluación de la larva de mosca soldado negra (Hermetia Illucens) como alternativa para la degradación de residuos sólidos urbanos. [Trabajo de grado, Fundación Universidad de América] Repositorio Institucional Lumieres. https://hdl.handle.net/20.500.11839/8329

Chávez Jaime, R. (2019). *Desarrollo de un sistema de biotransformación de residuos agroindustriales mediante el uso de larva de mosca soldado (Hermetia illucens)* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Querétaro]. Repositorio UAQ. https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/2301/1/RI005362.pdf

Green, T. (2023). *A biochemical analysis of Black Soldier fly (Hermetia illucens) larval frass plant growth-promoting activity.* Biochemistry. https://doi.org/10.1101/2023.01.06.523026

Pang, W., Hou, D., Chen, J., Nowar, E. E., Li, Z., Hu, R., Tomberlin, J. K., Yu, Z., Li, Q. y Wang, S. (2020). Reducing greenhouse gas emissions and enhancing carbon and nitrogen conversion in food wastes by the black soldier fly. *Journal of Environmental Management*, 260, 110066. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110066

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=12Sgz_4UZZG9cRyJlckSzupkBag5OnibC

OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE DURAZNO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE BIOPREPARADOS EN GARCÍA ROVIRA: ESTRATEGIAS PARA LA SOSTENIBILIDAD Y COMPETITIVIDAD EN LA CADENA DE VALOR

OPTIMIZATION OF PEACH PRODUCTION THROUGH THE IMPLEMENTATION OF BIOPREPARATIONS IN GARCÍA ROVIRA: STRATEGIES FOR SUSTAINABILITY AND COMPETITIVENESS IN THE VALUE CHAIN.

Cindy Tatiana Flórez Basto
ctflorezb@unadvirtual.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Marlon Julián Castañeda Serrano
marlon.castaneda@unad.edu.co
CIDAGRO
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

En la provincia de García Rovira, reconocida por su importancia en la producción agrícola y considerada como una despensa frutícola del país, el cultivo de durazno (*Prunus persica*) enfrenta desafíos relacionados con el control de plagas y enfermedades, el uso intensivo de agroquímicos y las dificultades para acceder a mercados con mejores condiciones comerciales. Frente a ello, esta investigación busca analizar el uso de biopreparados elaborados artesanalmente por productores del municipio de Concepción, Santander, como una estrategia agroecológica para mejorar la sanidad vegetal, reducir el uso de insumos químicos, aumentar la calidad del cultivo y fortalecer la sostenibilidad de los sistemas productivos.

El estudio se desarrolla en cuatro fincas representativas, donde cada productor aplica un biopreparado diferente (compostado, biofermento, caldo mineral y microorganismos de montaña), todos diseñados a partir de materias primas de la zona. En este caso, se emplea una metodología mixta con técnicas cualitativas y cuantitativas. Inicialmente, se realiza un diagnóstico integral del suelo mediante análisis físico-químico (pH, MO, CIC, macro y micronutrientes) y microbiológico, para establecer una línea base. A mitad y al cierre del ciclo productivo, se repite el análisis con el fin de identificar cambios

atribuibles al manejo con biopreparados, permitiendo evaluar de forma más precisa los efectos en el suelo, la planta y el fruto.

Para medir la efectividad, se observan indicadores como la incidencia y la severidad de plagas y enfermedades, mediante conteos y seguimiento visual, asimismo, siguiendo escalas estandarizadas de evaluación fitosanitaria; se incluyen registros fotográficos semanales, conteos directos y seguimiento fenológico del cultivo. En cuanto a la calidad del fruto, se aplican pruebas físicas (peso, firmeza, Brix) y organolépticas (color, textura, aroma y sabor), con lo cual se busca no solo mejorar el rendimiento, sino también ofrecer un durazno con mejor aceptación en el mercado.

Además, se incorpora un análisis microbiológico de cada biopreparado (presencia de bacterias benéficas, hongos y actinomicetos) para relacionar su composición con los efectos observados en campo. Se registra la percepción de los productores frente a su efectividad, con talleres y entrevistas, y se construyen fichas técnicas que permiten identificar ingredientes utilizados, tiempos de fermentación, dosis y frecuencia de aplicación, lo que permite integrar el saber campesino como parte fundamental del proceso.

Los resultados parciales evidencian que el uso de biopreparados puede aportar significativamente a la reducción de síntomas de enfermedades frecuentes en el cultivo de durazno, al tiempo que disminuye la dependencia de insumos químicos. Asimismo, busca fomentar el modelo productivo de “Somos agricultura tropical” que ha venido promoviendo ASOHOFRUCOL a nivel nacional, el cual busca mejorar la rentabilidad del productor, hacer un uso más eficiente de los recursos de las zonas y posicionar productos de alta calidad en el mercado nacional. En nuestra región, se busca aplicar y adaptar este modelo de forma práctica y coherente con el contexto, lo que contribuye a la consolidación de sistemas agroecológicos eficaces y sostenibles.

Para concluir, desde una perspectiva comercial, se identifican oportunidades emergentes para posicionar productos diferenciados en mercados que valoran la producción limpia, aunque se reconocen desafíos asociados con la estandarización, el registro y la certificación de los biopreparados.

Palabras clave: agroecología, agricultura, biopreparados, calidad, fitoprotección, microorganismos, sostenibilidad.

Abstract

In the province of García Rovira, renowned for its importance in agricultural production and considered the country’s fruit basket, peach cultivation (*Prunus persica*) faces challenges related to pest and disease control, intensive use of agrochemicals, and

difficulties in accessing markets with better commercial conditions. In response to this, this research seeks to analyze the use of biopreparations made by producers in the municipality of Concepción, Santander, as an agroecological strategy to improve plant health, reduce the use of chemical inputs, increase crop quality, and strengthen the sustainability of production systems.

The study is conducted on 4 representative farms, where each producer applies a different biopreparation (compost, bioferment, mineral broth, and mountain microorganisms), all designed from raw materials from the area. In this case, a mixed methodology with qualitative and quantitative techniques is used. Initially, a comprehensive soil diagnosis is carried out using physical-chemical (pH, OM, CEC, macro, and micronutrients) and microbiological analyses to establish a baseline. Halfway through and at the end of the production cycle, the analysis is repeated to identify changes attributable to the use of biopreparations, allowing for a more accurate assessment of the effects on the soil, the plant, and the fruit.

To measure effectiveness, indicators such as the incidence and severity of pests and diseases are observed through counts and visual monitoring, as well as following standardized phytosanitary evaluation scales; weekly photographic records, direct counts, and phenological monitoring of the crop are included. In terms of fruit quality, physical (weight, firmness, and Brix) and organoleptic (color, texture, aroma, and flavor) tests are applied, seeking not only to improve yield but also to offer a peach with better market acceptance.

In addition, a microbiological analysis of each biopreparation (presence of beneficial bacteria, fungi, and actinomycetes) is incorporated to relate its composition to the effects observed in the field. Producers' perceptions of their effectiveness are recorded through workshops and interviews, and technical data sheets are created to identify the ingredients used, fermentation times, doses, and frequency of application, thus integrating farmers' knowledge as a fundamental part of the process.

Partial results prove that the use of biopreparations can significantly contribute to reducing the symptoms of common diseases in peach cultivation while decreasing dependence on chemical inputs. It also seeks to promote the "Somos agricultura tropical" ('We are tropical agriculture') production model that ASOHOFRUCOL has been promoting at the national level, which seeks to improve producer profitability, make more efficient use of resources in the areas, and position high-quality products in the national market in our region. The aim is to apply and adapt this model in a practical and context-appropriate manner, contributing to the consolidation of effective and sustainable agroecological systems.

Finally, from a commercial perspective, emerging opportunities are identified to position differentiated products in markets that value clean production, although challenges associated with the standardization, registration, and certification of biopreparations are recognized.

Keywords: Agroecology, Agriculture, Biopreparations, Quality, Plant Protection, Microorganisms, Sustainability.

Referencias

Altieri, M. A. (2004). Agroecología: Bases científicas para una agricultura sostenible. Universidad Nacional de Colombia.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). Manual de biopreparados para la agricultura familiar. Organización de las Naciones Unidas. https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/CA7954ES

Silva, J. P., Ramírez, D. L. y Cuéllar, M. G. (2021). Efectividad de biopreparados a base de microorganismos nativos en cultivos frutícolas. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 12(1), 45-60.

Toledo, V. M. y Barrera-Bassols, N. (2009). La memoria biocultural: La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. Icaria Editorial.

Vázquez, L. L. y Mauri, A. (2018). Control biológico de plagas agrícolas. Editorial Universitaria.

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=-1qnkaOFWe0K7WIuUm6n3nzCDNNv7gSuqv

CULTIVO HIDROPÓNICO DE PIMIENTO (*CAPSICUM ANNUUM*) CON CALDOS MICROBIANOS COMO SUSTRATO EN DIFERENTES CONCENTRACIONES: 0 %, 50 %, 90 %

HYDROPONIC CULTIVATION OF CAPSICUM ANNUUM WITH MICROBIAN STEWS AS A SUBSTRATE IN DIFFERENT CONCENTRATIONS: 0 %, 50 %, 90 %

Ana Marcela Vides Pineda
ana.vides@unipz.edu.co
Instituto Universitario de la Paz- UNIPAZ

Resumen

El presente trabajo tuvo como propósito evaluar la productividad del cultivo hidropónico de pimiento (*Capsicum annuum*) utilizando caldos microbianos en tres concentraciones diferentes, con el fin de compararlos con una solución nutritiva convencional y determinar su efecto sobre el crecimiento, la producción y la calidad del cultivo. La investigación se orientó a proponer alternativas sostenibles que reduzcan la dependencia de insumos de origen químico y favorezcan prácticas agrícolas responsables con el medio ambiente.

El estudio se desarrolló mediante un enfoque experimental en condiciones controladas, donde se implementaron sistemas hidropónicos de tipo flujo laminar continuo. Se aplicaron tratamientos con concentraciones de caldo microbiano al veinte, cincuenta y noventa por ciento, además de un testigo con solución nutritiva tradicional. Los caldos se elaboraron a partir de la fermentación controlada de insumos orgánicos y microorganismos benéficos, y posteriormente se analizaron parámetros fisicoquímicos como pH, conductividad eléctrica, nitrógeno, fósforo y potasio. Paralelamente, se midieron variables agronómicas que incluyeron altura de la planta, número de hojas, peso fresco y rendimiento de frutos.

Los resultados mostraron que el tratamiento con caldo microbiano al cincuenta por ciento alcanzó un equilibrio óptimo en los parámetros fisicoquímicos, situándose dentro de los rangos adecuados para sistemas hidropónicos y permitiendo una mejor absorción de nutrientes. Esto se reflejó en un desarrollo vegetal vigoroso, un incremento de biomasa foliar y una mayor producción de frutos en comparación con los otros tratamientos y con el testigo convencional. El tratamiento al veinte por ciento presentó deficiencias nutricionales que limitaron el crecimiento, mientras que el de noventa por

ciento mostró una elevada concentración de sales que generó riesgo de estrés osmótico y redujo la eficiencia en la absorción de agua y nutrientes.

El análisis de la información permitió establecer que el uso de caldos microbianos constituye una estrategia prometedora en hidroponía, siempre que se apliquen en concentraciones que aseguren un balance adecuado de nutrientes. Su implementación reduce costos asociados al uso de fertilizantes de síntesis, disminuye la probabilidad de contaminación derivada de agroquímicos y fortalece la resiliencia de los cultivos frente a plagas y enfermedades. Sin embargo, se identificaron como limitaciones la necesidad de mayor capacitación técnica en el manejo de estos sistemas y la disponibilidad de insumos de calidad para su preparación.

En conclusión, la aplicación de caldos microbianos en concentraciones equilibradas, particularmente al cincuenta por ciento, constituye una alternativa eficaz y sostenible para la producción de pimiento en sistemas hidropónicos. Este hallazgo respalda la incorporación de prácticas biotecnológicas en la agricultura moderna y aporta una base científica para ampliar su uso en otros cultivos y en contextos urbanos y periurbanos, entendidos estos últimos como zonas de transición entre lo rural y lo urbano, donde la presión demográfica y los cambios en el uso del suelo demandan alternativas de producción agrícola sostenibles.

Palabras clave: hidroponía, *capsicum annuum*, caldos microbianos, agricultura sostenible, intensificación, producción agrícola, sistemas urbanos y periurbanos.

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the productivity of hydroponic pepper (*Capsicum annuum*) cultivation using microbial broths at 3 different concentrations, to compare them with a conventional nutrient solution, and to determine their effect on crop growth, yield, and quality. The research aimed to propose sustainable alternatives that reduce dependence on chemical inputs and promote environmentally responsible agricultural practices.

The study was conducted under an experimental approach in controlled conditions, implementing hydroponic systems of the continuous laminar flow type. Treatments were applied with microbial broth concentrations of 20, 50, and 90 percent, along with a control using a traditional nutrient solution. The broths were prepared through controlled fermentation of organic inputs and beneficial microorganisms, and their physicochemical parameters—such as pH, EC, nitrogen, phosphorus, and potassium—were analyzed. Simultaneously, agronomic variables, including plant height, leaf number, fresh weight, and fruit yield, were measured.

The results showed that the treatment with 50 percent microbial broth achieved an optimal balance of physicochemical parameters, falling within the adequate ranges for hydroponic systems and allowing better nutrient absorption. This was reflected in vigorous vegetative development, greater leaf biomass, and higher fruit yield compared to the other treatments and conventional control. The 20 percent treatment exhibited nutritional deficiencies that limited growth, while the 90 percent treatment showed excessive salt concentration, generating osmotic stress and reducing the efficiency of water and nutrient uptake.

The analysis of the information established that the use of microbial broths is a promising strategy in hydroponics, provided they are applied at concentrations that ensure an adequate balance of nutrients. Their implementation reduces costs associated with synthetic fertilizers, lowers the probability of contamination derived from agrochemicals, and strengthens crop resilience to pests and diseases. However, the study also identified limitations such as the need for greater technical training in system management and the availability of high-quality inputs for their preparation.

In conclusion, the application of microbial broths at balanced concentrations, particularly at 50 percent, constitutes an effective and sustainable alternative for pepper production in hydroponic systems. This finding supports the incorporation of biotechnological practices into modern agriculture and provides a scientific basis for expanding their use in other crops and in urban and peri-urban contexts, the latter understood as transitional zones between rural and urban areas, where demographic pressure and land use changes demand sustainable agricultural production alternatives.

Keywords: *Capsicum annuum*, microbial broths, sustainable agriculture, agricultural production, biofertilization, urban and peri-urban systems

Referencias

Beltrán, J. Y. (2005). Uso de caldos microbianos en la agricultura sostenible. *Revista de Biotecnología Agrícola,* 85-92.

García, L., Pérez, J. y Ramírez, M. (2019). *Técnicas hidropónicas para la producción sostenible de hortalizas*. Editorial Universitaria.

Hernández, F. (2010). *El pimiento: Una planta con historia y futuro*. Universidad de Guanajuato.

López, R. y Martínez, M. (2020). Impacto del uso de bioinsumos en cultivos hidropónicos de pimiento. *Revista Agroecología y Desarrollo Sostenible.*

Martínez, L. y García, J. Y. (2018). Aplicación de la hidroponía para el cultivo de hortalizas: Ventajas y desafíos. *Agricultura y Tecnología, 22*(3), 112-123.

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1dj2UdpntFYoq_Ry8JdBR7RTvUZXfnlqz

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA EN SUELOS AMAZÓNICOS DE CHAGRAS NUEVA Y DE RESIEMBRA EN LA COMUNIDAD DE SAN JOSÉ, KM 6 (LETICIA, AMAZONAS)

CHEMICAL CHARACTERIZATION IN AMAZONIAN SOILS OF NEW AND RE-SOWING *CHAGRAS* IN THE SAN JOSÉ, KM 6 COMMUNITY (LETICIA, AMAZONAS)

Daniela Quiroz
daquirozla@unadvirtual.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Kethy Rivas
kprivasy@unadvirtual.edu.co
Grupo de investigación GEAA
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Paola Moreno Núñez
https://orcid.org/0000-0001-7829-7578
paola.moreno@unad.edu.co
Semillero de investigación Saberes y Territorios
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

Los suelos amazónicos son el sustento principal para la producción de alimentos en las chagras. En general, son suelos muy evolucionados y de baja fertilidad, con limitaciones para abastecer de nutrientes a las plantas y sostener una producción agropecuaria prolongada (Peña et al., 2020). Culturalmente, las chagras se desarrollan bajo el modelo de tumba y quema, lo que provoca degradación, pérdida de nutrientes y alteración de las interacciones biológicas. Este sistema incluye dejar el suelo en descanso entre cinco y diez años antes de establecer una nueva chagra.

En Leticia, muchas comunidades indígenas, como la de San José Km 6, son asentamientos permanentes debido al acceso a servicios como educación y salud. Esto ha reducido las áreas de cultivo y el tiempo de descanso de los suelos a dos o tres años. Además, se ha implementado la "chagra de resiembra", en la que se siembra nuevamente tras la primera cosecha, aprovechando el terreno durante dos ciclos productivos. Este cambio ha generado la percepción de menor productividad entre las chagreras.

Para identificar las causas, el semillero Saberes y Territorios de la UNAD, junto a tres chagreras, comparó suelos de chagras nuevas y de resiembra. Se tomaron 12 muestras (dos por tipo de chagra, en tres parcelas) y se analizaron el pH y nutrientes básicos: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), utilizando el equipo LaMotte STH. Los datos se procesaron con estadística descriptiva. Los resultados mostraron un pH promedio de 5,2 en chagras nuevas y de 5,9 en resiembras. El N y el P presentaron los mismos valores en ambos casos (1121,04 mg/m^2), mientras que el K fue nulo.

Esto indica buena disponibilidad de N y P, pero ausencia de K, lo que puede afectar la producción. El pH también influye: en suelos fuertemente ácidos (5,0–5,4), las plantas aprovechan mejor N y P que en suelos moderadamente ácidos (5,5–5,9) (Pearson y Adams, 1967; Soil Reaction, 1951). Entendiendo que la yuca, principal cultivo de las chagras, alcanza su mayor productividad en suelos con pH entre 4,8 y 5,5 (FAO, 2025; Marín y Lora, s. f.), se entiende por qué la productividad de las chagras de resiembra disminuye, pues esta chagra tiene buena disponibilidad de N y de P.

En este contexto, se recomienda disminuir el pH al momento de la resiembra, incrementando la materia orgánica del suelo. Esto puede lograrse mediante compost elaborado in situ con desechos de cosechas anteriores o bioles caseros, lo que permitiría mantener la fertilidad y un pH óptimo, favoreciendo la sostenibilidad de las chagras amazónicas en condiciones de menor tiempo de descanso.

Palabras clave: suelos, chagras, nitrógeno, fósforo, potasio, Amazonas.

Abstract

Amazonian soils are the primary source of sustenance for food production in the traditional agricultural plots known as *chagras*. Generally, these are highly evolved soils with low fertility, making it difficult for them to provide plants with adequate nutrients and sustain long-term agricultural production (Peña et al., 2020). Culturally, *chagras* are developed using a slash-and-burn model, which leads to degradation, nutrient loss, and altered biological interactions. This system includes leaving the soil fallow for 5 to 10 years before establishing a new *chagra*.

In Leticia, many Indigenous communities, such as San José Km 6, are permanent settlements due to access to services like education and healthcare. This has reduced the area available for cultivation and shortened the fallow period for soil to only 2 or 3 years. Furthermore, a "re-sowing *chagra*" has been implemented, where crops are planted again after the first harvest, allowing the land to be used for 2 productive cycles. This change has led to a perceived decrease in productivity among *chagra* farmers.

To identify the causes, the UNAD Saberes y Territorio seedbed, along with 3 *chagra* farmers, compared the soils of new *chagras* with those of re-sowing *chagras*. They took 12 samples (2 per *chagra* type from 3 plots) and analyzed them for pH and basic nutrients: nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K), using LaMotte STH equipment. The data was processed using descriptive statistics. The results showed an average pH of 5,2 in new *chagras* and 5,9 in re-sowing *chagras*. N and P had the same values in both cases (1121,04 mg/m^2), while K was absent.

This indicates good availability of N and P but a lack of K, which can affect production. pH also plays a role: in strongly acidic soils (5,0–5,4), plants use N and P more effectively than in moderately acidic soils (5,5–5,9) (Pearson y Adams, 1967; Soil Reaction, 1951). Given that cassava, the main crop in *chagras*, achieves its highest productivity in soils with a pH between 4,8 and 5,5 (FAO, 2025; Marín y Lora, n.d.), it becomes clear why the productivity of re-sowing *chagras* decreases, even with good N and P availability.

In this context, it is recommended to lower the pH at the time of re-sowing by increasing the soil's organic matter. This can be achieved with compost made on-site from previous crop waste or homemade biols, which would help maintain fertility and an optimal pH, thus promoting the sustainability of Amazonian *chagras* under conditions of a shorter fallow period.

Keywords: Soils, *Chagras*, Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Amazonas

Referencias

Marín, G. y Lora, R. (s. f.). *Acidez y encalamiento de los suelos*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/19938/22890_4007.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2025). *Suelos ácidos*. Organización de las Naciones Unidas. Portal de Suelos de la FAO. https://www.fao.org/soils-portal/soil-management/manejo-de-suelos-problematicos/suelos-acidos/es/#:~:text=Los%20suelos%20 %C3 %A1cidos%20se%20refieren,la%20sabana%20y%20selva%20tropical

Pearson, R. W. y Adams, F. (1967). *Soil acidity and liming*. American Society of Agronomy.

Peña-Venegas, C. y Cardona, G. (2010). *Biología de los suelos amazónicos*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI.

Soil Survey Staff. (1951). *Soil reaction*. U.S. Government Printing Office.

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1NHDHH2CqACrw-swz_fDEejeENR1ZrYb_

CALIDAD DE LA CAMA AVÍCOLA EN LA PRODUCCIÓN DE BIOFERTILIZANTES: HACIA UN ENFOQUE DE "UNA SOLA SALUD"

POULTRY LITTER QUALITY IN BIOFERTILIZER PRODUCTION: TOWARDS A ONE HEALTH APPROACH

Laura Daniela Bravo Guzmán
ldbravog@ut.edu.co
Universidad del Tolima

Maryeimy Varón-López
mvaronl@ut.edu.co
GEBIUT-CERES
Universidad del Tolima

Jairo Mora Delgado
https://orcid.org/0000-0002-1093-4216
jrmora@ut.edu.co
Universidad del Tolima

Resumen

La avicultura en Colombia es vital para la seguridad alimentaria y la economía local, donde se estima que el 98 % está constituido por pequeños productores avícolas, quienes a menudo enfrentan desafíos como el acceso a recursos y las fluctuaciones en los precios de los insumos. Por lo cual deben pensar en optimizar y diversificar las fuentes de ingreso o reducir costos. La generación de valor agregado de los subproductos, como la pollinaza, constituye una alternativa.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio es concientizar a pequeños productores avícolas del cañón del Combeima, en Ibagué-Tolima, sobre el potencial de la cama avícola como sustrato para la obtención de biofertilizantes, bajo un enfoque de Una Sola Salud. Se caracterizaron cinco unidades productivas que representan el 25 % de los avicultores de la zona.

En cada unidad se cuantificaron el tipo y número de aves, el área y número de galpones, la composición y el manejo de la cama, el periodo de descanso, las prácticas de bioseguridad y el destino de los residuos orgánicos. Además, se capacitó sobre buenas prácticas avícolas y la importancia de las estrategias para mitigar la resistencia a los antimicrobianos. Los resultados preliminares mostraron que esta zona constituye un

espacio periurbano en el cual las actividades agrícolas y turísticas representan las principales fuentes de ingreso económico de las familias.

Entre las actividades pecuarias, el manejo de pollos de engorde representa una fuente de ingresos para el hogar destinada a mercados locales. Son familias suburbanas, con un promedio de 116 pollos por familia, con una amplia dispersión que oscila entre 20 y 300 unidades. Generalmente, son manejados entre uno y tres galpones (1,6 ± 0,8), con una densidad media de 4,2 ± 2,8 pollos/m^2 en un ciclo productivo de 49 ± 8 días. El material fibroso de la cama generalmente es de cascarilla de arroz, aunque también se reportó un caso de uso de viruta de madera. Esta es reutilizada hasta en seis parvadas, con un periodo de descanso de alta variabilidad que, en los casos analizados, osciló entre 0,5 y 3 meses.

En este periodo se realizan desinfecciones, principalmente con cal, creolina, desinfectantes comerciales, yodo y amonio cuaternario, como parte de las prácticas de bioseguridad utilizadas. Si bien el uso de antibióticos en los animales es una práctica recomendada por las casas comerciales, estos productores solo los aplican como medida terapéutica cuando se requiere.

Así, el sistema genera un residuo orgánico sano, producto de la mezcla de la fibra con el estiércol de los animales, que constituye un sustrato composteable con valor agregado y evidencia de procesos de economía circular. Con los productores se inició un proceso de experimentación con manejos diferenciados en el compostaje, probando diferentes relaciones C/N mediante la manipulación de la densidad de aves. La cantidad de sustrato composteable estimado por galpón es de 17,3 kg/m^2. Se concluye que esta biomasa tiene el potencial de convertirse en un abono orgánico de alta calidad y constituye una alternativa sostenible para el aprovechamiento de subproductos avícolas.

Palabras clave: resistencia antimicrobiana, cama de pollos, economía circular, compostaje.

Abstract

Poultry farming in Colombia is vital for food security and the local economy, with an estimated 98 % of producers being small-scale farmers. These farmers often face challenges such as limited access to resources and fluctuations in input prices, making it necessary to optimize resources, diversify income sources, or reduce costs. The generation of added value from by-products, such as poultry litter, constitutes a sustainable alternative.

The objective of this study was to raise awareness among small poultry producers in the Combeima canyon, Ibagué-Tolima, regarding the potential of poultry litter as a

substrate to produce biofertilizers under a One Health approach. Five production units, representing 25 % of local poultry farmers, were characterized by evaluating the type and number of poultry, the area, and number of poultry houses, litter composition and management, resting periods, biosecurity practices, and the destination of organic waste.

Producers were also trained in good poultry practices and strategies to mitigate antimicrobial resistance. Preliminary results indicate that the area is peri-urban, where agricultural and tourism activities represent the main sources of family income.

Broiler production, managed in 1 to 3 poultry houses (1,6 ± 0,8), with an average of 116 chickens per family and a density of 4,2 ± 2,8 birds/m^2 in 49 ± 8-day cycles, is an important household income source. The fibrous litter material is mainly rice husk, reused up to 6 times, with resting periods between 0,5 and 3 months, during which disinfection practices are applied.

Although the use of antibiotics is commercially recommended, these producers apply them only therapeutically. Thus, the system generates a healthy organic residue, a compostable substrate with added value, contributing to circular economy processes. Experimental composting trials with different C/N ratios, adjusted through bird density management, estimated an average of 17,3 kg/m^2 of compostable substrate per poultry house. It is concluded that this biomass has the potential to become a high-quality organic fertilizer, offering a sustainable alternative for the use of poultry by-products.

Keywords: Antimicrobial resistance, broiler litter, circular economy.

Referencias

Banerjee, S. y van der Heijden, M. G. A. (2023). Soil microbiomes and One Health. *Nature Reviews Microbiology, 21*(1), 6–20. https://doi.org/10.1038/s41579-022-00779-w

Lu, X.-L., Ding, K., Dong, X.-X., Li, G. y Ma, J. (2023). A bioaugmentation strategy for promoting the humification process during composting by microbial inoculants: A review. In Organic fertilizers – New advances and applications [Working title]. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.1001316

Sheng, Y. Y. y Bao, T. X. (2021). C/N ratio-induced changes in predominant bacteria affected carbon/nitrogen losses and humus synthesis in composting. *Journal of Agro-Environment Science, 32(*11), 4119–4128. https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.202111.041

Varón-López, M., Ospina Barrero, M. A., Ospina Céspedes, L. C., Bonilla Caballero, M. A., Lozano Puentes, M. P. y Ramírez Trujillo, R. A. (2023). *Resistencia a los antimicrobianos asociados a la cama de pollo de engorde: Una contribución del proyecto Resistencia antimicrobiana de patógenos transmitidos por alimentos presentes en la cama de pollo de engorde en el departamento del Tolima*. Sello Editorial Universidad del Tolima. https://repository.ut.edu.co/handle/001/3661

Wang, F. y Tiedje, J. M. (2020). Antibiotic resistance in soil. In M. V. Vilchez (Ed.), *Antibiotic resistance in the environment: A worldwide overview* (pp. 267–293). Springer.

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=105XhFMHYmGkCRueK_Xf5U6E1VljEZeSc

ESTIMACIÓN DEL ALMACENAMIENTO DE CARBONO Y LAS EMISIONES POTENCIALES DE CO_2 POR DEFORESTACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR (COLOMBIA)

ESTIMATION OF CARBON STORAGE AND POTENTIAL CO_2 EMISSIONS FROM DEFORESTATION IN THE DEPARTMENT OF CESAR (COLOMBIA)

Alexander Salazar Montoya
https://orcid.org/0000-0002-0504-6679
alexander.salazar@unad.edu.co
Centro de investigaciones en medio ambiente y desarrollo CIMAD
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Belky Josefina Rodríguez Zuleta
https://orcid.org/0000-0002-0688-7867
belky.rodrigez@unad.edu.co
Grupo de investigación Zoobios
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Esteban Álvarez Dávila
https://orcid.org/0000-0001-9032-0099
esteban.alvarez@unad.edu.co
Sierra Nevada
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Gloria María Restrepo Franco
http://orcid.org/000-0003-0443-0369
grestrepo@umanizales.edu.co
Centro de investigaciones en medio ambiente y desarrollo CIMAD
Universidad de Manizales

Resumen

La estimación del carbono almacenado en la biomasa aérea de los bosques naturales se considera un aspecto importante para valorar los bienes y servicios ambientales generados en el departamento del Cesar para las estrategias de conservación y manejo sostenible de estos ecosistemas.

La deforestación en el departamento del Cesar-Colombia está relacionada con la ampliación de la frontera pecuaria y agrícola, sumada al uso de tierras para cultivos ilícitos. Por este motivo y por estar dentro de la zona de mayor deforestación acumulada del país, es necesario evaluar y promover el mantenimiento de servicios ambientales derivados de los bosques naturales, como, por ejemplo, la capacidad de almacenamiento del carbono (Yepes et al., 2011). La baja presencia institucional para promover el uso adecuado y el cumplimiento normativo, así como el inadecuado desarrollo y la aplicación de los planes de ordenamiento y de manejo forestal, son algunas de las causas principales del problema de la pérdida de bosques en el departamento (Corpocesar, 2013; DNP, 2020).

Este trabajo tiene por objetivo estimar el contenido de carbono en la biomasa aérea de los bosques naturales del departamento del Cesar y las emisiones potenciales de CO_2 que puede generar el proceso de deforestación y la afectación a la conservación de los bosques del Cesar.

Para el desarrollo de este trabajo se siguieron los siguientes pasos: 1) se elaboró un mapa de carbono en la vegetación para el departamento del Cesar con base en un mapa de cobertura vegetal/usos del suelo para el departamento en el año 2000, y se usaron 177 parcelas de vegetación con áreas entre 0,1 y 0,3 ha para estimar el carbono en la biomasa mediante ecuaciones alométricas. 2) Las tasas de deforestación se estimaron a partir de mapas globales disponibles en la red, y 3) se estimaron las emisiones de CO_2 para el periodo 2000-2013 multiplicando el contenido de carbono en el área deforestada por un factor de 3,61, de acuerdo con las recomendaciones del IPCC.

De acuerdo con los resultados y conclusiones de este trabajo, se encontró que el departamento del Cesar posee dentro de su territorio 9 zonas de vida, con un total de 1,098,701,55 ha, de las cuales 162,691 ha corresponden a bosques naturales, que representan el 14,8 % del área, entre las cuales se destacan las zonas de bosque seco tropical, con 438 mil hectáreas; bosque húmedo tropical, con 218 mil hectáreas; y el bosque húmedo premontano (incluyendo la transición a cálido), con 320 mil hectáreas, las cuales se deben priorizar en las estrategias de manejo y conservación.

La estimación de carbono almacenado en el departamento del Cesar alcanza las 336,252,897 toneladas, lo que representa un valor de 1234048134 toneladas de dióxido de carbono equivalente, que serían emitidas a la atmósfera si las áreas de bosques naturales del Cesar fueran deforestadas. Es importante resaltar que el área de deforestación ha disminuido significativamente en los últimos años, de 4674 ha en 2014 a 378 en 2017 y, finalmente, a 324 en 2020.

Con la estimación del carbono almacenado en la biomasa aérea de los bosques naturales y en cada una de las coberturas de uso del suelo de las zonas de vida del departamento del Cesar, realizada en este trabajo, se hace necesario cuantificar y sumar el

carbono almacenado en el suelo. Para esto, se cuenta con el apoyo del Mapa de Stock de Carbono Orgánico del Suelo a nivel nacional (MCOS) y del mapa de incertidumbre de carbono orgánico del suelo (MICOS) del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, que estima la existencia de carbono sobre el territorio colombiano para polígonos de 1 km2.

Palabras clave: biomasa aérea, bosques tropicales, cambio climático, ecuaciones alométricas, gases de efecto invernadero.

Abstract

Estimating the carbon stored in the above-ground biomass of natural forests is considered an important aspect for assessing the environmental goods and services generated in the department of Cesar for conservation and sustainable management strategies of these ecosystems.

Deforestation in the department of Cesar, Colombia, is linked to the expansion of livestock and agricultural frontiers, coupled with the use of land for illicit crops. For this reason, and because it is located within the area of greatest accumulated deforestation in the country, it is necessary to evaluate and promote the maintenance of environmental services derived from natural forests, such as carbon storage capacity (Yepes et al., 2011). The limited institutional presence to promote proper use and regulatory compliance, as well as the inadequate development and implementation of forest management and planning plans, are some main causes of the problem of forest loss in the department (Corpocesar, 2013; DNP, 2020).

This study aims to estimate the carbon content of the above-ground biomass of natural forests in the department of Cesar and the potential CO_2 emissions that may be generated by deforestation and the impact on forest conservation in Cesar.

For the development of this work, the following steps were followed: 1) a vegetation carbon map was developed for the department of Cesar based on a vegetation cover/land use map for the department in 2000, and 177 vegetation plots with areas between 0,1 and 0,3 ha were used to estimate biomass carbon using allometric equations. 2) Deforestation rates were estimated from global maps available on the internet, and 3) we estimated CO_2 emissions for the period 2000–2013 by multiplying the carbon content in the deforested area by a factor of 3,61 in accordance with IPCC recommendations.

According to the results and conclusions of this work, it was found that the department of Cesar has within its territory 9 life zones with a total of 1,098,701,55 ha, of which 162,691 ha correspond to natural forests that represent 14,8 % of the area, where the areas of tropical dry forest with 438 thousand hectares, tropical humid forest with 218

thousand hectares, and the premontane humid forest (including the transition to warm) with 320 thousand hectares stand out, which should be prioritized in management and conservation strategies.

The estimated carbon stored in the department of Cesar reaches 336,252,897 tons, representing 1,234,048,134 tons of carbon dioxide equivalent that would be emitted into the atmosphere if Cesar's natural forest areas were deforested. It is important to highlight that the area of deforestation has decreased significantly lately, from 4,674 hectares in 2014 to 378 hectares in 2017 and finally to 324 hectares in 2020.

With the estimation of the carbon stored in the above-ground biomass of natural forests and in each of the land use covers of the life zones of the Cesar department carried out in this work, it is necessary to quantify and sum the carbon stored in the soil. For this, we have the support of the national SOC Stock map (MCOS) and the SOC Uncertainty map (MICOS) of the Agustín Codazzi Geographic Institute, which estimates the existence of carbon on the Colombian territory for 1 km^2 polygons.

Keywords: above-ground biomass, tropical forests, climate change, allometric equations, greenhouse gases.

Referencias

Álvarez, E., Duque, A.J., Saldarriaga, J.G., Cabrera, K., De Las Salas, G., Del Valle, J.I., Moreno, F., Orrego, S., y Rodríguez, L. (2012). Tree above-ground biomass allometries for carbon stocks estimation in the natural forests of Colombia. In: *Forest Ecology and Management, 267*, 297–308. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112711007444

Barón, M. y Triana, M. (2017). Estimación de la Biomasa y Carbono Almacenado en la Cobertura Arbórea de la Región del Carare-Opón (Santander). *INGE CUC, 13*(2), 84-94. http://doi.org/10.17981/ingecuc.13.2.2017.09

Corpocesar. (2013). Plan general de ordenamiento forestal de Corpocesar. Capítulo 2. Caracterización socioeconómica del departamento del Cesar. Valledupar.

Departamento Nacional de Planeación. (2020). *Implementación de la estrategia de control integral en los núcleos de deforestación priorizados en el Cesar.* https://www.corpocesar.gov.co/files/5.2.Implementacion%20de%20la%20estrategia%20de%20control%20integral%20de%20los%20nucleos%20de%20deforestacion.pdf

Yepes A.P., Navarrete D.A., Duque A.J., Phillips J.F., Cabrera K.R., Álvarez, E., García, M.C., Ordoñez, M.F. (2011). *Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa - carbono en Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=-19tRKo20yCF4XSoCqtrtzrMxg8_CcCeVh

IMPORTANCIA AGROECOLÓGICA DE INSECTOS NO OBJETIVO CAPTURADOS MEDIANTE ATRAYENTES COMERCIALES DE PROTEÍNA HIDROLIZADA EN SISTEMAS PRODUCTIVOS DE MANGO EN CUNDINAMARCA

AGROECOLOGICAL IMPORTANCE OF NON-TARGET INSECTS CAPTURED USING COMMERCIAL HYDROLYZED PROTEIN ATTRACTANTS IN MANGO PRODUCTION SYSTEMS IN CUNDINAMARCA

Lady Xiomara Celis Jaramillo
lxcelisj@unadvirtual.edu.co
Semillero de investigación Soluciones Agroecológicas Sustentables
Grupo de Investigación de Estudios Ambientales Aplicados
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Wilder Guevara Lozano
https://orcid.org/0000-0001-8479-9515
guevaral@unadvirtual.edu.co
Semillero de investigación Soluciones Agroecológicas Sustentables
Grupo de Investigación de Estudios Ambientales Aplicados
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Yenny Marisol Rivas Ortega
https://orcid.org/0000-0001-7288-5686
jrivaso@unadvirtual.edu.co
Semillero de investigación Soluciones Agroecológicas Sustentables
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Yeison Fabián Herrera
https://orcid.org/0009-0005-4093-6860
yfherrerao@unadvirtual.edu.co
Grupo de Investigación de Estudios Ambientales Aplicados
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Olga Yaneth Martínez Barrera
https://orcid.org/0000-0002-2530-6001
olga.martinez@unad.edu.co
Semillero de investigación Soluciones Agroecológicas Sustentables
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

Un óptimo sistema de monitoreo de plagas debe garantizar la especificidad en la captura del insecto objetivo. Una baja eficiencia puede retener otros insectos cuyo papel en el agroecosistema puede ser benéfico o perjudicial, lo que puede generar pros y contras en su captura.

En los municipios de La Mesa y Mesitas, desde el Semillero Soluciones Agroecológicas Sostenibles, se evaluó la efectividad de dos atrayentes comerciales de proteína hidrolizada (CeraTrap® y CeboFrut®) para el monitoreo de la principal plaga de los agroecosistemas de mango: las moscas de la fruta *Anastrepha sp*p.

Durante el estudio se evidenció que aparte de retener los insectos objetivo, se capturó un alto número de insectos de otros órdenes. Dada la importancia de reconocer su función biológica en estos sistemas, se propuso como objetivo general evaluar la importancia agroecológica de estos órdenes de insectos capturados en los agroecosistemas de mango de los municipios de Mesitas y La Mesa en Cundinamarca.

Para ello, a partir de la fase de campo de la comparación de atrayentes, se obtuvieron los insectos de las muestras semanales que se realizaron durante dos meses de las trampas McPhail, los cuales se guardaron, identificaron y clasificaron en laboratorio por medio de la observación de sus características morfológicas con el uso de claves y guías taxonómicas de entomología general y agrícola para determinar primero el orden, se espera se identifique a familia y en lo posible género.

Los datos de clasificación se han relacionado con el tipo de atrayente, municipio y con las semanas para realizar un análisis preliminar de su comportamiento poblacional. Y finalmente, para reconocer su posible rol ecológico en los agroecosistemas se ha realizado una revisión bibliográfica. Se estima realizar un análisis detallado en relación con datos ambientales de temperatura, humedad y precipitación.

De esta manera como resultados preliminares, se han identificado, clasificado y cuantificado hasta el momento 2272 insectos equivalentes al 66,6 % del total de las muestras provenientes del proyecto de atrayentes. Estos insectos se clasificaron en cinco órdenes: Himenóptera 68 % (1544), Lepidoptera 18,6 % (423), Neuroptera 7,5 % (170), Coleóptera 3,7 % (83), Hemiptera 2,3 % (52). Las mayores capturas se han presentado en trampas McPhail con CeraTrap en el municipio de Mesitas del Colegio.

Se destacan los insectos del orden *Hymenoptera* y *Neuroptera* por su función como controladores biológicos y polinizadores. Se puede concluir hasta el momento que la información obtenida brinda una base para la toma de decisiones en la implementación

de estrategias de manejo integrado en sistemas productivos de los dos municipios, teniendo en cuenta los impactos en especies con potencial en control biológico. Es una oportunidad para conservar la fauna benéfica de los cultivos y promocionar estrategias de control biológico que aprovechen el potencial de las especies presentes en la región.

Palabras clave: abundancia, selectividad, monitoreo, biodiversidad entomológica.

Abstract

An optimal pest monitoring system must ensure specificity in capturing the target insect. Low efficiency can retain other insects whose role in the agroecosystem may be beneficial or harmful, which can generate pros and cons in their capture.

In the municipality of La Mesa y Mesitas, agronomy students from the Semillero Soluciones Agroecológicas Sostenibles (Sustainable Agroecological Solutions Seedbed) conducted an evaluation study of two commercial hydrolyzed protein attractants (CeraTrap® and CeboFrut®) for monitoring the main pest of mango agroecosystems, fruit flies of the genus Anastrepha.

During the study, it was found that, in addition to retaining the target insects, many insects from other orders were also captured. Given the importance of recognizing their biological function in these systems, the overall objective was to evaluate the agroecological importance of these orders of insects captured in the mango agroecosystems of the municipalities of Mesitas and La Mesa in Cundinamarca, as well as to relate this to the non-specificity of capture in each attractant, geographical presence, and weekly monitoring.

To this end, starting with the field phase of the comparison of hydrolyzed protein attractants, insects were obtained from weekly samples taken over 2 months from McPhail traps. These were stored, identified, and classified in the laboratory by observing their morphological characteristics using taxonomic keys and guides for general and agricultural entomology to first determine the order and then, if possible, the family, and genus.

The classification data has been linked to the type of attractant, municipality, and weeks to perform a preliminary analysis of their population behavior. Finally, a literature review has been conducted to recognize their possible ecological role in agroecosystems. A detailed analysis of environmental data on temperature, humidity, and precipitation is planned.

As preliminary results, 2,150 insects have been identified, classified, and quantified so far, equivalent to 66,6 % of the total samples from the attractant project. These insects were classified into 5 orders: Hymenoptera 68 % (1,544), Lepidoptera 18,6 % (423), Neu-

roptera 7,5 % (170), Coleoptera 3,7 % (83), and Hemiptera 2,3 % (52). The largest catches have been in McPhail traps with CeraTrap in the municipality of Mesitas del Colegio.

Insects of the orders Hymenoptera and Neuroptera stand out for their role as biological controllers and pollinators. It can be concluded at this point that the information obtained provides a basis for decision-making in the implementation of integrated management strategies in production systems in the 2 municipalities, considering the impacts on species with potential for biological control. This is an opportunity to conserve beneficial crop fauna and promote biological control strategies by taking advantage of the potential of species present in the region.

Keywords: Abundance, selectivity, monitoring, entomological biodiversity.

Referencias

Aguado, D., Gutiérrez-Chacón, C. y Muñoz, M. (2019). Estructura funcional y patrones de especialización en las relaciones planta-polinizador de un agroecosistema en el Valle del Cauca, Colombia. 24, 331-342. https://www.redalyc.org/journal/3190/319060771013/html/

Collantes, R. y González, F. (2021). Artrópodos benéficos asociados al agroecosistema cocotero (Cocos nucifera L.) en Costa Abajo, Colón. http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/416/326

Fernández, F. y Sharkey, M. (2006). Introducción a los hymenoptera de la región neotropical. Universidad Nacional de Colombia.

García-Martínez, M. A., Presa-Parra, E., Valenzuela-González, J. E. y Lasa, R. (2018). The Fruit Fly Lure CeraTrap: An Effective Tool for the Study of the Arboreal Ant Fauna (Hymenoptera: Formicidae). Journal of Insect Science, 18(4). https://doi.org/10.1093/jisesa/iey078

Hortas, F. (2017). Clave de identificación de hexápodos y otros artrópodos terrestres. Universidad de Cádiz. https://rodin.uca.es/bitstream/handle/10498/20995/Clave%20hexapodos%20y%20otros%20artropodos%20def.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ruiz, J. (2025). Reconocimiento de fauna benéfica en policultivos de mango (Mangifera indica) cv. Azúcar en Santa Marta, Magdalena [Tesis de pregrado, Universidad del Magdalena]. Repositorio UM.

Zumbado, M. y Azofeifa, D. (2018). Insectos de importancia agrícola. Guía básica de entomología. Heredia, Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO), 204. https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H10-10951.pdf

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=-1fKKaOTNm7X1hN5DujZT-NSre0BLm3Vh1

CULTIVANDO FUTURO EN LÍBANO (TOLIMA): RECUPERACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS MEDIANTE MICROORGANISMOS DE MONTAÑA PARA LA AGRICULTURA ORGÁNICA

CULTIVATING THE FUTURE IN LEBANON, TOLIMA: RESTORING AGRICULTURAL SOILS USING MOUNTAIN MICROORGANISMS FOR ORGANIC AGRICULTURE.

Leidy Vanessa Gómez Seco
lvgomezse@unadvirtual.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Magda Ileana Agudelo Rodríguez
magda.agudelo@unad.edu.co
Grupo de investigación INYUMACIZO
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

El municipio del Líbano, ubicado en el departamento del Tolima, es reconocido por su clima cálido y la excepcional fertilidad de sus suelos, condiciones que conjuntamente propician un entorno ideal para el florecimiento de una biodiversidad microbiana sumamente rica y funcional. Este proyecto se ha enfocado en desentrañar y explicar de manera exhaustiva el papel crucial que desempeñan comunidades microbianas en las intrincadas zonas montañosas de esta región, subrayando su contribución esencial para la preservación de la salud, el fomento de la resistencia y el mantenimiento del delicado equilibrio de los ecosistemas locales.

Estos microorganismos, a menudo subestimados, actúan como arquitectos de procesos ecológicos de vital importancia, impulsando activamente la vitalidad y asegurando la continuidad de la reproducción microbiana en el contexto de los climas del trópico medio. El análisis detallado y profundo de estos microorganismos adquiere relevancia capital, dada la influencia directa y penetrante de su actividad biológica sobre los ciclos biogeoquímicos fundamentales que orquestan la vida en el planeta refiriéndose, por supuesto, a ciclos del carbono, el nitrógeno y el fósforo, procesos que constituyen la base misma de la productividad primaria y la transferencia eficiente de energía a través de todos los niveles tróficos de cualquier ecosistema.

Los microorganismos que habitan en los suelos de montaña, en particular, son los principales agentes responsables de la descomposición incansable de la materia orgánica, liberando así nutrientes esenciales que son captados y utilizados por la vegetación. Además, ciertos grupos bacterianos poseen la asombrosa capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, transformándolo en formas químicas asimilables por las plantas lo cual es un proceso que resulta indispensable para la nutrición vegetal, especialmente en suelos que presentan una baja disponibilidad de nutrientes.

En este escenario ecológico y agrícola, se ha implementado con éxito un enfoque metodológico mixto, innovador, diseñado específicamente para solucionar problemáticas agrícolas de manera sostenible, centrándose en la aplicación estratégica y controlada de microorganismos. El proceso fundamental de esta metodología se apoya firmemente en la respiración anaeróbica y la fermentación, que constituyen los pilares centrales de la actividad metabólica de estos organismos para así facilitar y optimizar estos procesos, los cuales se recurre al uso de sustratos orgánicos y minerales cuidadosamente seleccionados, tales como el salvado de maíz, la melaza y la roca fosfórica.

Estos materiales actúan como la materia prima esencial para la transformación y multiplicación de los microorganismos, convirtiéndolos en un insumo para la elaboración de abono orgánico de alta calidad, lo que a su vez eleva la diversidad y funcionalidad de su reino protista. La fase de prueba piloto inicial realizada en las instalaciones de la UDR Líbano por medio del trabajo articulado del semillero (RAS); se llevó a cabo con gran éxito utilizando cilantro (*Coriandrum sativum*) como cultivo modelo, y las proyecciones futuras contemplan la expansión de esta aplicación a cultivos de fríjol (*Phaseolus vulgaris*) y maíz (*Zea mays*) en etapas subsiguientes del proyecto.

Esta estrategia integral y multifacética no solo tiene como objetivo principal la optimización significativa de los rendimientos agrícolas, sino que también se alinea de manera directa y coherente con varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas. Entre ellos ODS 2 (Hambre Cero), el ODS 12 (Producción y Consumo Responsables), el ODS 13 (Acción por el Clima) y el ODS 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres).

La actividad microbiana, en su conjunto, resulta ser esencial para la promoción por lo que el manejo efectivo y sostenible de los ecosistemas agrícolas y naturales requiere una comprensión profunda y detallada de las complejas interacciones microbianas en las zonas montañosas donde en este sentido, las bacterias pertenecientes al género *Bacillus* desempeñan un rol particularmente crucial en la revitalización y mejora de la salud de los suelos fomentando así la adopción de prácticas agrícolas más artesanales, sostenibles, eficientes y respetuosas con el medio ambiente.

Por estas razones, la conservación activa y rigurosa de estos ecosistemas microbianos es de vital importancia por lo que no solo se trata de asegurar la integridad estructural y la salud general de los suelos, sino también, de reforzar y dar mayor alcance al impacto cultural que se aspira lograr con este proyecto, reconociendo la profunda e intrínseca interconexión que existe entre la biodiversidad natural y las ricas tradiciones agrícolas locales.

Palabras clave: fermentación, sostenibilidad, biofertilizantes, microbiología, ecosistema, roca fosfórica.

Abstract

The municipality of Líbano, located in the department of Tolima, is recognized for its warm climate and the exceptional fertility of its soils, conditions that jointly create an ideal environment for the flourishing of an extremely rich and functional microbial biodiversity. This project has focused on thoroughly unraveling and explaining the crucial role played by microbial communities in the intricate mountainous areas of this region, highlighting their essential contribution to health preservation, resilience promotion, and the maintenance of the delicate balance of local ecosystems.

These often-underestimated microorganisms act as architects of vital ecological processes, actively driving vitality and ensuring the continuity of microbial reproduction within mid-tropical climates. A detailed and in-depth analysis of these microorganisms acquires paramount importance, given the direct and far-reaching influence of their biological activity on fundamental biogeochemical cycles that orchestrate life on the planet—namely, the carbon, nitrogen, and phosphorus cycles—which constitute the very basis of primary productivity and the efficient transfer of energy across all trophic levels of any ecosystem.

Microorganisms inhabiting mountain soils, in particular, are the main agents responsible for the relentless decomposition of organic matter, thus releasing essential nutrients that are absorbed and used by vegetation. Moreover, certain bacterial groups possess the remarkable ability to fix atmospheric nitrogen, transforming it into chemical forms assimilable by plants, a process indispensable for plant nutrition, especially in soils with low nutrient availability.

Within this ecological and agricultural setting, a successful and innovative mixed methodological approach has been implemented, specifically designed to sustainably address agricultural challenges sustainably through the strategic and controlled application of microorganisms. The core process of this methodology relies heavily on anaerobic respiration and fermentation, which serve as the central pillars of these organisms'

metabolic activity. To facilitate and optimize these processes, carefully selected organic and mineral substrates are employed, such as corn bran, molasses, and phosphate rock.

These materials act as the essential raw matter for the transformation and multiplication of microorganisms, turning them into a key input tofor the production ofto produce high-quality organic fertilizer, which in turn enhances the diversity and functionality of their protist kingdom. The initial pilot test, carried out successfully at the UDR Líbano facilities through the coordinated work of the research seedbed (RAS), used cilantro (*Coriandrum sativum*) as a model crop. Future projections include expanding this application to bean (*Phaseolus vulgaris*) and corn (*Zea mays*) crops in subsequent stages of the project.

This comprehensive and multifaceted strategy not only aims at significantly optimizing agricultural yields but also aligns directly and coherently with several of the United Nations Sustainable Development Goals (.).SDGs. Among them are SDG 2 (Zero Hunger), SDG 12 (Responsible Consumption and Production), SDG 13 (Climate Action), and SDG 15 (Life on Land).

Microbial activity, as a whole, proves essential for sustainable promotion and management of both agricultural and natural ecosystems. This requires a deep and detailed understanding of the complex microbial interactions in mountainous areas, where bacteria belonging to the Bacillus genus play a particularly crucial role in revitalizing and improving soil health, thus fostering the adoption of more artisanal, sustainable, efficient, and environmentally friendly agricultural practices.

For these reasons, the active and rigorous conservation of these microbial ecosystems is of vital importance. It is not only a matter of ensuring the structural integrity and overall health of soils but also of strengthening and broadening the cultural impact that this project seeks to achieve, recognizing the profound and intrinsic interconnection between natural biodiversity and the rich local agricultural traditions.

Keywords: fermentation, sustainability, biofertilizers, microbiology, ecosystem, phosphorus rock

Referencias

Orbe, J. A. (2017). Evaluación de la eficiencia de microorganismos de montaña (MM) en la Finca Agroecológica Zamorano [Tesis de doctorado, Escuela Agrícola Panamericana]. Repositorio EAP.

Rodríguez-Calampa, N. Y. y Tafur-Torres, Z. K. L. (2014). Producción de Microorganismos de Montaña para el Desarrollo de una Agricultura Orgánica (Vol. 4). Centro de Investigación de Ingeniería Ambiental.

Umaña, S., Rodríguez, K. y Rojas, C. (2017). ¿Funcionan realmente los microorganismos de montaña (MM) como estrategia de biofertilización? Un enfoque de ingeniería de biosistemas. Revista de Ciencias Ambientales, 51(2), 133. https://doi.org/10.15359/rca.51-2.7

Zeballos, M. F. (2017). *Caracterización de microorganismos de montaña (MM) en biofertilizantes artesanales* [tesis de doctorado, Escuela Agrícola Panamericana]. Repositorio EAP.

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=-1FV018C9VALfOHCNNqv619iGJQFtahY4I

INNOVACIÓN SOCIAL Y AGROECOLÓGICA PARA LA REVITALIZACIÓN DE LA IDENTIDAD JUVENIL RURAL DESDE EL SEMILLERO SICAM (UNAD, SANTANDER DE QUILICHAO, CAUCA) EN LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD Y EL APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS NATURALES

SOCIAL AND AGROECOLOGICAL INNOVATION FOR THE REVITALIZATION OF RURAL YOUTH IDENTITY FROM THE SICAM SEEDBED (UNAD, SANTANDER DE QUILICHAO, CAUCA), IN THE CONSERVATION OF BIODIVERSITY AND THE SUSTAINABLE USE OF NATURAL RESOURCES

Stefany Daifeny Paz Medina
sdpazm@unadvirtual.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Lady Johanna Mora Burbano
lady.mora@unad.edu.co
Semillero de investigación Producción sostenible
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD
Paulo Andrés Castro León
https://orcid.org/0000-0002-0087-3640
paulo.castro@unad.edu.co
Semillero de investigación de las ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente - SICAM
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

[T1] Resumen

Colombia enfrenta diversos retos en el sector rural que van en aumento, por ejemplo, muchos jóvenes rurales están migrando hacia las ciudades o cabeceras municipales, Esto hace que perdieran su identidad cultural, sus saberes ancestrales y prácticas que los conectan con sus raíces —esta situación es agravada por la violencia, el conflicto armado, el narcotráfico y falta de oportunidades laborales dignas en el campo (Klocker et al., 2019).

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo principal fortalecer la identidad juvenil rural en la vereda El Turco, Santander de Quilichao, Cauca, mediante innovaciones sociales y agroecológicas promovidas desde el Semillero SICAM de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia. De manera complementaria se busca: 1) pro-

mover la apropiación del territorio y empoderar a los jóvenes campesinos; 2) conservar la biodiversidad local mediante prácticas agroecológicas; y 3) generar oportunidades de aprendizaje significativo a través de metodologías participativas y la pedagogía de la exploración, basada en enfoques ampliados de participación en investigación rural (Cornwall y Jewkes, 1995).

La metodología empleada responde a enfoques participativos, trabajando directamente con familias y jóvenes para diagnosticar prácticas agroecológicas existentes y construir estrategias inclusivas y contextuales. Se desarrollaron talleres que combinan teoría y práctica, promoviendo un aprendizaje vivencial y basado en el descubrimiento, lo que fortalece el vínculo con el territorio y recupera saberes culturales colectivamente (Escobar, 2018). Además, se destaca el papel activo de los niños y jóvenes en procesos de conservación ambiental y sostenibilidad (Gliessman, 2015).

Entre los principales avances se encuentra la reactivación del grupo Guardianes del Medioambiente, conformado por niños de la vereda El Turco, talleres de apicultura para fortalecer la formación técnica y contacto con la biodiversidad, avistamiento de aves que fomentan el conocimiento del entorno, talleres de música autóctona para preservar tradiciones culturales, y recuperación y difusión de recetas ancestrales que fortalecen la identidad gastronómica local. Estas acciones han favorecido la autoestima y el sentido de pertenencia de los jóvenes hacia su territorio rural.

En la discusión se resalta la importancia de integrar innovaciones sociales con enfoques agroecológicos para enfrentar desafíos complejos como la desterritorialización y la pérdida cultural, generando respuestas que impulsan el desarrollo sostenible en comunidades rurales. El trabajo en red desde grupos semilleros universitarios como SICAM, respaldado en metodologías participativas (Cornwall y Jewkes, 1995), resulta esencial para tejer puentes entre saberes tradicionales y nuevos conocimientos (Martínez-Torres y Rosset, 2010). Sin embargo, se reconoce la necesidad de ampliar estas experiencias, fortalecer capacidades locales y garantizar espacios para su continuidad, asegurando así un impacto duradero.

Finalmente, la investigación concluye que las estrategias agroecológicas, junto con procesos educativos y sociales impulsados por el Semillero SICAM de la UNAD, han tenido un impacto significativo en la revitalización de la identidad juvenil rural, conservación de la biodiversidad y uso sostenible de recursos en la vereda El Turco. Este modelo demuestra que es posible avanzar hacia un desarrollo rural integral, afrontando retos como migración juvenil, pérdida cultural y degradación ambiental, mediante la participación de las nuevas generaciones (UNESCO, 2017).

Palabras clave: conservación, desarrollo, diversidad, sustentabilidad.

Abstract

Colombia faces multiple growing challenges in the rural sector. For instance, many rural youths are migrating to cities or municipal centers. This situation leads to a loss of cultural identity, ancestral knowledge, and practices that connect them to their roots—an issue further aggravated by violence, armed conflict, drug trafficking, and the lack of decent employment opportunities in rural areas (Klocker et al., 2019).

In this context, the main aim of this research is to strengthen rural youth identity in Vereda El Turco, Santander de Quilichao, Cauca, through social and agroecological innovations promoted by the SICAM Research Seedbed of the UNAD. Complementary objectives include (1) promoting territorial appropriation and empowering rural youth, (2) conserving local biodiversity through agroecological practices, and (3) generating meaningful learning opportunities using participatory methodologies and an exploration-based pedagogy rooted in expanded approaches to participation in rural research (Cornwall y Jewkes, 1995).

The methodology employed follows participatory approaches, working directly with families and youth to diagnose existing agroecological practices and to co-construct inclusive, context-based strategies. Workshops were developed combining theory and practice, fostering experiential and discovery-based learning, which strengthened territorial bonds and collectively recovered cultural knowledge (Escobar, 2018). Furthermore, the active role of children and youth in environmental conservation and sustainability processes is highlighted (Gliessman, 2015).

Key achievements include the reactivation of the Guardianes del Medioambiente ('Environmental Guardians') group, formed by children from Vereda El Turco; beekeeping workshops to strengthen technical skills and foster direct contact with biodiversity; bird-watching activities to enhance environmental awareness; traditional music workshops to preserve cultural heritage; and the recovery and dissemination of ancestral recipes to strengthen local gastronomic identity. These actions have boosted self-esteem and reinforced the sense of belonging of rural youth to their territories.

The discussion emphasizes the importance of integrating social innovations with agroecological approaches to address complex challenges such as deterritorialization and cultural loss, generating responses that foster sustainable development in rural communities. Networking through university research seedbeds like SICAM—grounded in participatory methodologies (Cornwall y Jewkes, 1995)—is essential to bridge traditional knowledge with new insights (Martínez-Torres y Rosset, 2010). However, it is acknowledged that these experiences must be expanded, local capacities strengthened, and continuity ensured to guarantee long-term impact.

Finally, the research concludes that agroecological strategies, combined with educational and social processes promoted by the SICAM Seedbed at UNAD, have had a significant impact on revitalizing rural youth identity, biodiversity conservation, and the sustainable use of resources in Vereda El Turco. This model proves that it is possible to advance toward comprehensive rural development, addressing challenges such as youth migration, cultural loss, and environmental degradation through the active participation of new generations (UNESCO, 2017).

Keywords: Conservation, Development, Diversity, Sustainability

Referencias

Cornualles, A. y Jewkes, R. (1995). ¿Qué es la investigación participativa? *Social Science & Medicine, 41*(12), 1667-1676. https://doi.org/10.1016/0277-9536(95)00127-s

Escobar, A. (2018). *Sentipensar con la tierra: Nuevas lecturas sobre territorio, naturaleza y cultura* (3.a ed.). Ediciones UNAULA.

Gliessman, S. R. (2015). *Agroecología: Teoría y práctica* (2.a ed.). Prensa CRC.

Klocker, C., Söderström, J. y Coomes, O. T. (2019). Juventud, migración y desarrollo rural en América Latina y el Caribe: Perspectivas críticas. *Revista de Estudios Campesinos, 46*(3), 647-664. https://doi.org/10.1080/03066150.2017.1385136

Martínez-Torres, M. E. y Rosset, P. M. (2010). La agroecología como movimiento campesino: Experiencias y perspectivas. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo, 7*(2), 217-236.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2017). *Educación para los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Objetivos de aprendizaje.* Organización de las Naciones Unidas.

Documento autorización publicación de memorias: https://drive.google.com/open?id=10rrdUareM5giTFkdK7gVqfHCxK--FbpW

EVALUANDO EL EFECTO DE UN BIOABONO AMAZÓNICO Y UN CONSORCIO MICROBIANO EN DIFERENTES ETAPAS DE CRECIMIENTO DE SACHA INCHI (*PLUKENETIA VOLUBILIS*)

EVALUATING THE EFFECT OF AN AMAZONIAN BIOFERTILIZER AND A MICROBIAL CONSORTIUM ON DIFFERENT GROWTH STAGES OF SACHA INCHI (*PLUKENETIA VOLUBILIS*)

Laura Camila Samboni Claros
samboniclarosl@gmail.com
Laboratorio de Interacciones Moleculares de Microorganismos Agrícolas y Laboratorio de Micología y fitopatología
Universidad de los Andes

Paola Andrea Reyes Caldas
https://orcid.org/0000-0002-6838-7585
pao-reye@uniandes.edu.co
Sistemas Agroalimentarios
Laboratorio de Interacciones Moleculares de Microorganismos Agrícolas
Universidad de los Andes – Departamento de Ciencias Biológicas

Yeimy Alejandra Montenegro Bacca
https://orcid.org/0009-0001-7787-3139
ya.montenegro10@uniandes.edu.co
Universidad de Los Andes – Departamento de Ciencias Biológicas

Mariana Mendoza Beltran
https://orcid.org/0009-0006-1796-3200
m.mendozab@uniandes.edu.co
Laboratorio de Interacciones Moleculares de Microorganismos Agrícolas y Laboratorio de Micología y fitopatología
Universidad de Los Andes – Departamento de Ciencias Biológicas

Martha Emiliana Cárdenas Toquica
https://orcid.org/0000-0002-2009-4126
martcard@uniandes.edu.co
Universidad de Los Andes-Centro de Investigaciones en Sistemas Agroalimentarios

Catalina González Arango
https://orcid.org/0000-0003-1709-4405
c.gonzalez2579@uniandes.edu.co
Palinologia y Paleoecologia tropical
Universidad de Los Andes – Departamento de Ciencias Biológicas
Si 0009-0006-1796-3200 granjacafoi@gmail.com NA Agrosolidaria Florencia

María Fernanda Mideros Bastidas
mf.mideros35@uniandes.edu.co
Laboratorio de Micología y fitopatología Uniandes y Laboratorio
de Interacciones Moleculares de Microorganismos Agrícolas
Universidad de Los Andes-Centro de Investigaciones en Sistemas
Agroalimentarios

Resumen

El modelo agrícola dominante, sustentado en prácticas convencionales como el uso de insumos de síntesis química, ha contribuido a la pérdida de biodiversidad, la degradación del suelo y el incremento de los costos de producción, comprometiendo la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios. Ante este escenario, la agroecología propone alternativas sostenibles para la restauración y conservación del suelo, como la elaboración artesanal y uso de bioabonos, con el potencial de suplir las deficiencias nutricionales y aumentar el rendimiento de los cultivos. Así mismo, el uso de bacterias promotoras del crecimiento vegetal representa otra alternativa ecológica para reemplazar la fertilización convencional, gracias a su capacidad para fijar nitrógeno y solubilizar fosfato.

Por su parte, el Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*), también conocido como maní estrella es un producto alimenticio no convencional nativo de la Amazonía, que por su alto contenido de ácidos grasos como omega-3-6 y 9 se perfila como uno de los cultivos con mayor proyección en el mercado de nutraceúticos. No obstante, el estudio del efecto de la fertilización con bioabonos y bacterias promotoras del crecimiento vegetal en el crecimiento de Sacha inchi es aún limitado.

Por ende, el presente estudio evaluó la germinación y crecimiento de *P. volubilis* bajo diferentes tratamientos, un consorcio de bacterias promotoras del crecimiento vegetal aisladas previamente de la misma especie, un bioabono elaborado artesanalmente a partir de microorganismos de montaña, una combinación de ambos y como controles un fertilizante químico y agua.

El efecto de los tratamientos sobre la emergencia se evaluó en condiciones semicrontroladas bajo un diseño completamente aleatorizado en invernadero. Para medir el efecto sobre el crecimiento vegetal se estableció una parcela experimental en el

departamento de Caquetá, bajo un diseño de bloques completamente al azar con los cinco tratamientos.

Los resultados de este estudio indican que tanto el consorcio como el bioabono pueden considerarse una alternativa diferencial para favorecer la emergencia o crecimiento vegetal de *P. volubilis* en comparación con el control negativo, respaldando el potencial de las estrategias ecológicas basadas en bioinsumos como alternativa que promueve el equilibrio entre la conservación de la naturaleza y el desarrollo sostenible.

Palabras clave: agroecología, biodiversidad, conservación, fertilización, sostenibilidad.

Abstract

The dominant agricultural model, based on conventional practices such as the use of chemical synthesis inputs, has contributed to the loss of biodiversity, soil degradation, and increased production costs, compromising the sustainability of agrifood systems. Considering this scenario, agroecology proposes sustainable alternatives for soil restoration and conservation, such as the artisanal production and use of biofertilizers, with the potential to make up for nutritional deficiencies and increase crop yields. Likewise, the use of plant growth-promoting bacteria is another ecological alternative to replace conventional fertilization, thanks to their capacity to fix nitrogen and solubilize phosphate.

Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*), also known as star peanut, is a non-conventional food product native to the Amazon, which, due to its high content of fatty acids such as omega-3, -6, and 9, is emerging as one of the most promising crops in the nutraceutical market. However, the study of the effect of fertilization with biofertilizers and plant growth-promoting bacteria on the growth of Sacha inchi is still limited.

Therefore, the present study evaluated the germination and growth of *P. volubilis* under different treatments: a consortium of plant growth-promoting bacteria previously isolated from the same species, a biofertilizer prepared by hand from mountain microorganisms, a combination of both, and, as controls, a chemical fertilizer and water.

The effect of the treatments on emergence was evaluated under semi-controlled conditions using a CRD in a greenhouse. To measure the effect on plant growth, an experimental plot was set up in the department of Caquetá, using a completely randomized block design with the 5 treatments.

The results of this study indicate that both the consortium and the biofertilizer can be considered a differential alternative to promote the emergence or plant growth of *P. volubilis* compared to the negative control, supporting the potential of ecological

strategies based on bio-inputs as an alternative that promotes a balance between nature conservation and sustainable development.

Keywords: agroecology, biodiversity, conservation, fertilization, sustainability.

Referencias

Buitrago, R. B., Bashan, L. E. G. y Pedraza, R. O. (2021). *Bacterias promotoras de crecimiento vegetal*. Corporacion Colombiana de Investigación Agropecuaria.

Gárgano, C. (2024). Agroecología para salir del agroextractivismo. Experiencias de vida y producción en la Provincia de Buenos Aires. *Geograficando, 20*(1), e146. https://doi.org/10.24215/2346898Xe146

Reyes, P., Oliveros, J., Racedo, C. y Bernal Giraldo, A. (2024). Uso de la biodiversidad para mejorar la agricultura: Tendencias en la investigación y el mercado en biofertilizantes en Colombia. *Naturaleza y Sociedad. Desafíos Medioambientales*, (10), 185-211. https://doi.org/20250318160700000

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=-1BZqrkNPV86nOa96YMluhb5-w54F7M3PE

USO SOSTENIBLE DE PULPA DE CAFÉ COMO ABONO ORGÁNICO EN CHAPOLAS BIOESTIMULADAS PARA MEJORAR LA CALIDAD GENÉTICA DE LAS PLÁNTULAS

SUSTAINABLE USE OF COFFEE PULP AS ORGANIC FERTILIZER IN BIOSTIMULATED SEEDLINGS TO IMPROVE THE GENETIC QUALITY OF SEEDLINGS

Jessica Raquel Jaramillo Valencia
jrjaramillov@unadvirtual.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

El objetivo general fue evaluar el efecto del abono orgánico elaborado con pulpa de café en chapolas de variedad Supracafé Etiope previamente bioestimuladas desde la fase de germinación, para la producción de plántulas de café de alto valor genético.

Los objetivos específicos del estudio incluyeron el análisis de la respuesta fisiológica y morfológica de semillas bioestimuladas con consorcios bacterianos, la comparación del desarrollo vegetativo en plántulas tratadas con abono elaborado a partir de pulpa de café frente a un testigo con manejo convencional; identificación de posibles efectos adversos asociados al uso de pulpa de café según su grado de maduración, y finalmente, determinar el impacto conjunto del abono orgánico y la bioestimulación sobre el mejoramiento morfológico y la calidad de las plántulas.

En cuanto a los métodos, el estudio se desarrolló en la finca Normandía de la empresa Supracafé, Cajibío, Cauca. Se trabajó con semillas de la variedad Supracafé Etiope y se evaluaron tres tratamientos: dos con bioestimulación (BluePlanet 1 y 2) y un tratamiento testigo con manejo convencional. El diseño experimental consideró tres canastillas de germinación (una por tratamiento), cada una con 200 semillas, para un total de 600 semillas evaluadas.

Frente a la bioestimulación, se aplicó en dos fases: en el germinador, se realizó desinfección con BioF, inmersión en SR Plus y aspersiones quincenales. En vivero, se utilizó un sustrato compuesto por 2 % de pulpa de café compostada y 7 % de tierra, complementado con aplicaciones radiculares y foliares de SR Plus y BioF. Por su parte, el testigo empleó en el germinador la solarización de la arena para desinfección, un sustrato a base de Nitrovital + arena + tierra, fertilización mensual con MAP y control químico con Manzate.

Las variables evaluadas incluyeron el porcentaje de germinación, altura, longitud del tallo y raíz, peso fresco, diámetro y número de hojas, desarrollo radicular y estado fitosanitario.

Estos resultados reflejan un estímulo evidente en la fisiología de las plántulas tratadas, probablemente asociado a la sinergia entre nutrientes orgánicos disponibles en la pulpa compostada y los efectos del SR Plus sobre la división y elongación celular.

Ambos grupos mostraron raíces principales de buen largo (>18 cm), sin embargo, el grosor fue mayor en las plántulas BluePlanet (9,3 cm vs. 6,6 cm en el testigo), indicando mayor cantidad de raíces secundarias y pelos absorbentes. Este comportamiento refuerza la hipótesis de que la bioestimulación desde la semilla mejora la capacidad de absorción de agua y nutrientes en estadios tempranos; fomenta la agricultura regenerativa, al reinsertar residuos orgánicos en el ciclo productivo.

Además de los resultados fisiológicos, el enfoque aporta beneficios de tipo productivo y ambiental: promueve prácticas de agricultura regenerativa al reincorporar residuos orgánicos al ciclo productivo, puede extrapolarse a otros cultivos tropicales como aguacate, cacao o banano, y contribuye a metas de sostenibilidad agrícola coherentes con lineamientos de la FAO y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En conjunto, la bioestimulación con SR Plus y el uso de abono de pulpa de café compostada mostraron un efecto sinérgico en el vigor, el crecimiento y la sanidad de las plántulas de café.

No obstante, el uso de pulpa de café inmadura generó fitotoxicidad radicular, evidenciando la importancia de un compostaje completo para evitar acumulación de compuestos fitotóxicos como cafeína o fenoles. El manejo correctivo con bioestimulación permitió recuperar gran parte del material afectado, lo que demuestra resiliencia fisiológica de las plántulas tratadas biológicamente.

En conclusión, la combinación de bioestimulación desde la germinación y abono orgánico de pulpa de café incrementó de forma significativa el porcentaje de germinación, la altura, el grosor radicular y el número de hojas frente al manejo convencional. La pulpa de café compostada se perfila como una alternativa viable para sustituir parcialmente sustratos comerciales en vivero, siempre que alcance una madurez completa. Asimismo, el manejo biológico reduce la dependencia de insumos químicos y favorece la producción de plántulas con mejor desempeño, aunque el seguimiento técnico y la corrección oportuna resultan claves para maximizar beneficios y minimizar riesgos asociados a fitotoxicidad.

Palabras clave: pulpa de café, abono orgánico, suelo, bioestimulación, medio ambiente.

Abstract

The overall aim was to evaluate the effect of organic fertilizer made from coffee pulp on Supracafé Etiope variety seedlings that had been biostimulated since the germination phase to produce coffee seedlings with high genetic value.

The study's specific objectives included analyzing the physiological and morphological responses of seeds biostimulated with bacterial consortia; comparing vegetative development in seedlings treated with fertilizer produced from coffee pulp against a conventionally managed control; identifying potential adverse effects associated with the use of coffee pulp according to its degree of maturity; and, finally, determining the combined impact of organic fertilization and biostimulation on morphological improvement and overall seedling quality.

Regarding methods, the study was conducted at the Normandía farm owned by Supracafé in Cajibío, Cauca. Seeds of the Supracafé Etiope variety were used, and 3 treatments were evaluated: 2 biostimulation treatments (BluePlanet 1 and 2) and a control under conventional management. The experimental design included 3 germination trays (one per treatment), each holding 2 hundred seeds, for a total of 6 hundred seeds assessed.

Biostimulation was applied in 2 phases. In the germination stage, disinfection was carried out with BioF, followed by immersion in SR Plus and biweekly spraying. In the nursery stage, a substrate consisting of 25 % composted coffee pulp and 75 % soil was used, complemented with root and foliar applications of SR Plus and BioF. In contrast, the control treatment involved sand solarization for disinfection in the germination stage, a substrate based on Nitrovital plus sand and soil, monthly MAP fertilization, and chemical control with Manzate.

The evaluated variables included germination percentage, plant height, stem and root length, fresh weight, diameter, and number of leaves, root development, and phytosanitary status.

These results reflect a clear stimulation in the physiology of the treated seedlings, probably associated with the synergy between the organic nutrients available in the composted pulp and the effects of SR Plus on cell division and elongation.

Both groups showed good main root length (>18 cm); however, the thickness was greater in the BluePlanet seedlings (9,3 cm vs. 6,6 cm in control), indicating a higher number of secondary roots and absorbent hairs. This behavior reinforces the hypothesis that biostimulation from the seed improves water and nutrient absorption capacity in early stages.

Beyond the physiological findings, this approach offers productive and environmental benefits: it promotes regenerative agriculture practices by reintegrating organic residues into the production cycle, can be extrapolated to other tropical crops such as avocado, cacao, or banana, and contributes to agricultural sustainability goals aligned with FAO guidelines and the SDG. Overall, biostimulation with SR Plus combined with composted coffee pulp fertilizer showed a synergistic effect on the vigor, growth, and health of coffee seedlings.

However, the use of immature coffee pulp caused root phytotoxicity, highlighting the importance of complete composting to prevent the accumulation of phytotoxic compounds such as caffeine or phenols. Corrective management with biostimulation allowed for the recovery of much of the affected material, demonstrating the physiological resilience of the biologically treated seedlings.

In conclusion, combining biostimulation from the germination stage with organic fertilizer derived from coffee pulp significantly increased germination percentage, plant height, root thickness, and leaf number compared with conventional management. Composted coffee pulp appears to be a viable alternative for partially replacing commercial nursery substrates, provided it is fully mature. Likewise, biological management reduces reliance on chemical inputs and supports the production of higher-performing seedlings; however, technical monitoring and timely corrective actions are essential to maximize benefits and minimize risks associated with phytotoxicity.

Keywords: coffee pulp, organic fertilizer, soil, biostimulation, environment.

Referencias

CATIE. (s. f.). Producción de abono orgánico a partir de pulpa de café mediante lombricompostaje como alternativa para reducir la contaminación de las cuencas. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6714

Estepa Sánchez, A. (2025). Aprovechamiento comunitario de pulpa de café para la producción de abonos orgánicos mediante las tecnologías de bioextrusión y compostador giratorio en Viotá, Cundinamarca. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. https://repository.udca.edu.co/handle/11158/6238.

Ferrás-Negrín, Y., Bustamante-González, A. y Pérez-Salina, V. (2024). Ciclos de aplicación de un bioestimulante sobre el desarrollo de plantas de café en viveros. Agronomía Costarricense, 48(2), 141–148. https://doi.org/10.15517/rac.v48i2.62494

Serna-Jiménez, Johanna Andrea, Torres-Valenzuela, Laura Sofía, Martínez-Cortínez, Katherine y Hernández-Sandoval, María Camila. (2018). Aprovechamiento de la pulpa de café como alternativa de valorización de subproductos. Revista ION, 31(1), 37-42. https://doi.org/10.18273/revion.v31n1-2018006

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1IcPMR1JrMgd66h9-hDrug9MJ7VtmzpxY

USO DE SUBPRODUCTOS DE CACAO (*THEOBROMA CACAO L.*) COMO BIOFERTILIZANTE EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*ZEA MAYS L.*) EN SANTANDER

USE OF CACAO (THEOBROMA CACAO L.) BY-PRODUCTS AS BIOFERTILIZER IN MAIZE (*ZEA MAYS L.*) CULTIVATION IN SANTANDER

Nebis Mercedes Saucedo Serrano
nebis.saucedo@unad.edu.co
Semillero de investigación SECAPMA
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Ludy Elena Rojas Hernández
lerojashern@unadvirtual.edu.co
CIDAGRO
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Resumen

El presente estudio se desarrolló en el municipio de Rionegro, Santander, y se propuso valorar el uso de subproductos del cacao (*Theobroma cacao L.*), como el mucílago y la cáscara, como biofertilizantes aplicados al cultivo de maíz (*Zea mays L.*) variedad SV 7019, bajo un enfoque agroecológico. Esta propuesta surge como respuesta a la necesidad de fortalecer la sostenibilidad en sistemas agrícolas diversificados, donde coinciden cultivos de cacao y maíz, y de fomentar el aprovechamiento de residuos orgánicos generados en la agroindustria local.

La aplicación de prácticas de manejo sostenible mediante el uso de residuos como fuente de fertilización orgánica es una estrategia con potencial para mejorar la productividad sin comprometer la salud del suelo ni del entorno.

Se estableció un experimento de campo bajo un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones cada uno: un control sin aplicación, mucílago de cacao, cáscara de cacao y la combinación de ambos subproductos. Las aplicaciones se realizaron en el momento de la siembra y durante el estado de macollamiento. Se evaluaron variables como altura de planta, número de hojas, diámetro del tallo, biomasa seca y rendimiento de mazorca. También se efectuaron análisis de fertilidad del suelo antes y después del experimento para evaluar el impacto de los tratamientos en las condiciones edáficas.

Los resultados obtenidos demostraron diferencias significativas entre los tratamientos, destacándose la mezcla de mucílago y cáscara, que mostró incrementos del 20 % en la altura de planta, 15 % en el diámetro del tallo y 25 % en el rendimiento, en comparación con el testigo. Estos resultados reflejan la efectividad del uso combinado de subproductos del cacao como fuente de nutrientes disponibles para el cultivo, promoviendo la actividad microbiológica y mejorando la estructura del suelo. Adicionalmente, se observó una mejora en la retención de humedad y en los niveles de materia orgánica, factores que favorecen el desarrollo del maíz bajo condiciones de clima tropical.

Se concluye que el uso de mucílago y cáscara de cacao como biofertilizantes representa una alternativa viable, sostenible y replicable en contextos agrícolas con condiciones agroclimáticas similares. Esta práctica no solo contribuye al cierre de ciclos productivos y a la reducción de desechos orgánicos, sino que también promueve la autonomía productiva de pequeños agricultores, reduciendo la dependencia de insumos externos.

Se recomienda dar continuidad a estas investigaciones para profundizar en el ajuste de dosis, modos de aplicación y evaluación a largo plazo del impacto sobre la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos.

Palabras clave: mucílago, cáscara, nutrientes, microbiota, agroecología, bioinsumos.

Abstract

This study was conducted in the municipality of Rionegro, Santander, with the aim of evaluating the use of cacao (Theobroma cacao L.) by-products, specifically mucilage and husk, as biofertilizers applied to maize (Zea mays L.) crop SV 7019 under an agroecological approach. The initiative emerged in response to the need for strengthening sustainability in diversified agricultural systems, where cacao and maize coexist, and to promote the utilization of organic waste produced by the local agroindustry.

Applying sustainable management practices through the use of these residues as organic fertilizers is a promising strategy to enhance productivity while preserving soil health and environmental balance.

A field experiment was implemented under a completely randomized design with four treatments and 3 replications: a control without application, mucilage, husk, and a combination of both by-products. Applications were performed at sowing and during the tillering stage. Agronomic variables assessed included plant height, number of leaves, stem diameter, dry biomass, and ear yield. Soil fertility analysis was conducted before and after the intervention to evaluate the treatments' impact on soil properties.

Results indicated significant differences among treatments, with the combination of mucilage and husk standing out, showing a 20 % increase in plant height, 15 % in stem diameter, and 25 % in yield compared to the control. These results highlight the effectiveness of using cacao by-products as a source of available nutrients, promoting microbial activity, and improving soil structure. Improvements were also observed in moisture retention and organic matter content, enhancing crop development under tropical climatic conditions.

It is concluded that the use of mucilage and husk from cacao as biofertilizers is a viable, sustainable, and replicable alternative in agricultural contexts with similar agroclimatic conditions. This practice not only contributes to closing production cycles and reducing organic waste but also promotes the productive autonomy of small farmers by decreasing dependence on external inputs.

Further research is recommended to refine dosage levels, application methods, and long-term evaluations of their impact on soil fertility and crop productivity.

Keywords: mucilage, husk, nutrients, microbiota, agroecology, bio-inputs.

Referencias

Ávila, J., Martínez, D. y Rivas, F. (2023). *El cultivo del maíz.* https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20MAIZ.pdf

Calvache, M., Nieto, Z. y Potosí, S. (2023). *Residuos aprovechables de la agrocadena del cacao: Una revisión con enfoque a la sostenibilidad gastronómica*. https://www.researchgate.net/publication/376077980_Residuos_aprovechables_de_la_agagrocade_del_cacac_Una_revision_con_enfoque_a_la_sostenibilidad_gastronomica_UsaUsa_residues_of_the_cocoa_agriculture_chain_A_review_with_a_focus_on_gastronomic_sustaina/link/6569062bb1398a779dc7f46d/download?_tp=eeyJj250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19

Castro, Y. (2023). *Extracción y procesamiento del mucílago de cacao (Theobroma cacao L.), y su uso en el campo agrícola.* http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/14850/E-UTB-FACIAG-AGRON-000078.pdf?sequence=1&isAllowed=y

García, A. y García, J. (2022). *Producción de maíz mediante el abonamiento al suelo con agua miel de cacao*. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/111958

Sánchez, D., Rodríguez, W., Castro, D. y Trujillo, E. (2019). *Respuesta agronómica de mucílago de cacao (Theobroma cacao L) en cultivo de maíz (Zea mays L.*). http://www.scielo.org.co/pdf/cide/v10n2/0121-7488-cide-10-02-43.pdf

Documento autorización publicación de memorias: https://drive.google.com/open?id=1JxDyhdcTbctgYPHnbkAKVuoUK_QDsDLc

VALOR NUTRICIONAL Y APORTE ENERGÉTICO DE DOS TIPOS DE TORTA DE *PLUKENETIA VOLUBILIS L.* (SACHA INCHI) EN DIETAS PARA POLLOS DE ENGORDE

NUTRITIONAL VALUE AND ENERGY CONTRIBUTION OF TWO TYPES OF *PLUKENETIA VOLUBILIS* L. (SACHA INCHI) CAKE IN BROILER DIETS

Ana Milena Vanegas Azuero
ana.vanegas@unad.edu.co
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Ruth Amanda Acero Camelo
raaceroc@unal.edu.co
Nutrición animal
Universidad Nacional de Colombia

Resumen

La torta de *Plukenetia volubilis l.* (sacha inchi) es el principal subproducto de la extracción del aceite de sus semillas y se caracteriza por su alto contenido de proteína y su perfil favorable de aminoácidos. estas propiedades la convierten en una alternativa viable para sustituir parcialmente la torta de soya en dietas para pollos de engorde y en suplementos a nivel de finca. además, su uso puede contribuir a la sostenibilidad pecuaria al reducir la dependencia de insumos importados, disminuir la huella de carbono y fomentar prácticas de economía circular. sin embargo, uno de los principales limitantes para su inclusión en dietas balanceadas es el desconocimiento de su valor energético.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la composición nutricional de la torta de sacha inchi y determinar su aporte de energía metabolizable aparente (EMA) y energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno (EMAn). Se analizaron dos tipos de torta: una con bajo contenido de grasa (10 %) y otra con alto contenido de grasa (32,5 %). Se determinaron los contenidos de materia seca, proteína bruta (PB), cenizas, fibra detergente neutro (FDN), extracto etéreo (EE), calcio (Ca) y fósforo (P). La determinación de EMA y EMAn se realizó según metodologías de Sibbald (1975), Liu et al., (2017), López y Lesson (2008) y Sharma et al. (2021).

Se emplearon 120 pollos de engorde Ross de 14 días, distribuidos en tres tratamientos: dieta base (maíz–soya, control), sustitución del 2 % con torta baja en grasa y sustitución del 2 % con torta alta en grasa. Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones de 10 aves. Los

análisis bromatológicos mostraron un contenido de PB de 51,3 % y 51,1 % para las tortas baja y alta en grasa, respectivamente, empleando un factor de conversión de nitrógeno de 5,71, según recomendación de la FAO para recursos similares. Estos resultados coinciden con los reportados en la literatura y confirman el alto valor proteico del recurso.

El contenido de EE fue, como se esperaba, significativamente diferente entre ambos tipos de torta, reflejo del método de extracción del aceite: la torta baja en grasa se sometió a un prensado más eficiente y posteriormente a un proceso de extrusión, mientras que la torta alta en grasa provino de un sistema de prensado menos eficiente. Los valores de FDN fueron similares entre los dos tipos de torta (22,6 % para la baja en grasa y 26,1 % para la alta). En cuanto a los minerales, los niveles de Ca fueron de 0,4 % y 0,40 %, y los de P de 1,0 % y 1,02 % para la torta baja y alta en grasa, respectivamente.

Estos niveles de fósforo son superiores a los de la torta de soya (0,61 %) y podrían afectar la relación Ca:P en las dietas. Respecto al aporte energético, la torta alta en grasa presentó una EMA de 2641 Kcal/kg MS, mientras que la baja en grasa registró 1861 Kcal/kg MS. Al corregir por nitrógeno, los valores de EMAn fueron de 2554 y 1694 Kcal/kg MS, respectivamente, representando una diferencia del 5 %. Estas diferencias destacan la importancia del contenido de grasa residual en el valor energético del recurso.

Estos resultados permiten concluir que la torta de *Plukenetia volubilis L*., es un recurso con alto valor proteico y potencial en la nutrición avícola. No obstante, la variabilidad en el contenido de grasa derivada del método de extracción incide significativamente en su aporte energético. Su aprovechamiento requiere considerar esta variabilidad, junto con medidas de almacenamiento adecuado y la adición de antioxidantes en tortas con alto contenido lipídico para evitar enranciamiento. Estos hallazgos resaltan la importancia de la torta de sacha inchi como un insumo local que puede mejorar la sostenibilidad de la producción avícola, al tiempo que reduce la dependencia de la soya importada.

Palabras clave: torta de sacha inchi, energía metabolizable aparente (EMA), energía metabolizable corregida por nitrógeno (EMAn), composición nutricional.

Abstract

The press cake of *Plukenetia volubilis L*. (sacha inchi) is the main by-product of oil extraction from its seeds and is characterized by its high-protein content and favorable amino acid profile. These properties make it a viable alternative to partially replace soybean meals in broiler diets and in on-farm supplements. In addition, its use may contribute to livestock sustainability by reducing dependence on imported inputs, decreasing the carbon footprint, and promoting circular economy practices. However, one of the main limitations for its inclusion in balanced diets is the lack of knowledge about its energy value.

The objective of this work was to evaluate the nutritional composition of SIPC and determine its apparent metabolizable energy (AME) and nitrogen-corrected apparent metabolizable energy (AMEn). Two types of cake were analyzed: one with low-fat content (10 %) and another with high-fat content (32,5 %). The contents of dry matter, CP, ash, NDF, ether extract (EE), calcium (Ca), and phosphorus (P) were determined. The determination of AME and AMEn was carried out according to the methodologies of Sibbald (1975), Liu et al. (2017), López y Lesson (2008), and Sharma et al. (2021).

A total of 120 Ross broilers of 14 days of age were used, distributed in 3 treatments: basal diet (corn–soybean, control), substitution of 25 % with low-fat cake, and substitution of 25 % with high-fat cake. Each treatment had 4 replicates of 10 birds. The proximate analyses showed a CP content of 51,3 % and 51,1 % for the low- and high-fat cakes, respectively, using a nitrogen conversion factor of 5,71, according to FAO recommendations for similar resources. These results are consistent with those reported in the literature and confirm the high-protein value of the resource.

The EE content was, as expected, significantly different between the 2 types of cake, reflecting the oil extraction method: the low-fat cake was subjected to a more efficient pressing and subsequently to an extrusion process, while the high-fat cake came from a less efficient pressing system. The NDF values were similar between the two types of cake (22,6 % for the low-fat and 26,1 % for the high-fat). Regarding minerals, Ca levels were 0,47 % and 0,40 %, and P levels were 1,05 % and 1,02 % for the low- and high-fat cakes, respectively.

These phosphorus levels are higher than those of soybean meals (0,61 %) and could affect the Ca:P ratio in diets. Regarding energy contribution, the high-fat cake presented an AME of 2641 kcal/kg DM, while the low-fat cake recorded 1861 kcal/kg DM. When corrected for nitrogen, the AMEn values were 2554 and 1694 kcal/kg DM, respectively, representing a 55 % difference. These differences highlight the importance of residual fat content in the energy value of the resource.

These results allow us to conclude that the press cake of *Plukenetia volubilis* L. is a resource with high-protein value and potential in poultry nutrition. Nevertheless, the variability in fat content derived from the extraction method significantly affects its energy contribution. Its utilization requires considering this variability, together with proper storage measures and the addition of antioxidants in cakes with high lipid content to prevent rancidity. These findings highlight the importance of SIPC as a local input that can improve the sustainability of poultry production while reducing dependence on imported soybean meals.

Keywords: sacha inchi cake, AME, nitrogen-corrected apparent metabolizable energy (AMEn), nutritional composition.

Referencias

Liu, W., Liu, G. H., Liao, R. B., Chang, Y. L., Huang, X. Y., Wu, Y. B., Yang, H. M., Yan, H. J. y Cai, H. Y. (2017). Apparent metabolizable and net energy values of corn and soybean meal for broiler breeding cocks. *Poultry Science, 96*(1), 135-143. https://doi.org/10.3382/ps/pew195

López, G. y Leeson, S. (2007). Relevance of Nitrogen Correction for Assessment of Metabolizable Energy with Broilers to Forty-Nine Days of Age. *Poultry Science, 86*(8), 1696-1704. https://doi.org/10.1093/ps/86.8.1696

López, G. y Leeson, S. (2008). Assessment of the Nitrogen Correction Factor in Evaluating Metabolizable Energy of Corn and Soybean Meal in Diets for Broilers. P*oultry Science, 87*(2), 298-306. https://doi.org/10.3382/ps.2007-00276

Sharma, N. K., Ban, Z., Classen, H. L., Yang, H., Yan, X., Choct, M. y Wu, S.-B. (2021). Net energy, energy utilization, and nitrogen and energy balance affected by dietary pea supplementation in broilers. *Animal Nutrition, 7(*2), 506-511. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.06.012

Sibbald, I. R. (1975). The Effect of Level of Feed Intake on Metabolizable Energy Values Measured with Adult Roosters. *Poultry Science, 54*(6), 1990-1997. https://doi.org/10.3382/ps.0541990

Documento autorización publicación de Memorias: https://drive.google.com/open?id=1SqEmd1Z2W1Kacb6DgQQxa3QrUdsg20jX.


Sello Editorial
Universidad Nacional
Abierta y a Distancia