

Análisis de Producción en dos Sistemas Cafeteros mediante Indicadores de Productividad y Financieros para Identificar Factores que Promuevan la Sostenibilidad

Production Analysis in two Coffee Systems Using Productivity and Financial Indicators to Identify Factors yhat Promote Sustainability

ALEGRÍA-FERNÁNDEZ, GUSTAVO-ADOLFO¹; MUÑOZ-GIRALDO, LENIN-ALONSO².

RESUMEN

Este artículo busca analizar la sostenibilidad económica en un sistema cafetero con manejo agroecológico, mediante una metodología de costos basados en actividades, comparando el manejo de dos fincas, una finca con manejo productivo convencional en café y otra finca alternativa en transición agroecológica. Este tipo de análisis en Colombia ha sido muy limitado, la información encontrada es muy escasa y la mayoría no tiene un carácter científico. En las dos unidades productivas se realizó una delimitación de 5000 árboles de café, terminada la cosecha del año 2022, se inició la recoleta de los datos de la cosecha del 2023, para el análisis de la información se realizó la evaluación de costos e ingresos, con dicha información se proyectó el comportamiento financiero de cada unidad productiva, con el propósito de determinar

- 1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de investigaciones TULL. PhD. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-7211-108X>
- 2 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de investigaciones TULL. MSc. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-6537-245X>

Correspondencia: gustavoalegria@unicauca.edu.co

los indicadores de costos y beneficios, como métrica o línea de comparación entre los dos modelos de producción, el convencional y el alternativo de ahora en adelante. Esto permitió determinar la rentabilidad de cada cultivo y con ello su permanencia en el tiempo, y así estudiar la mayor capacidad de sostenibilidad. Como resultado se concluye que el modelo alternativo basado en transición agroecológica, es más rentable, debido a factores internos, como los costos de producción que fueron menores, y la producción en la cosecha en el año evaluado fue mayor, comparado con la convencional que se obtuvo mayores costos, y una menor producción. Afirmando que, a mayor diversidad, interacción y complementariedad, mayor posibilidad de ser sostenible. Las investigaciones deben seguir avanzando, pero no sólo en el cultivo de café, sino en toda la unidad productiva, para con ello, poder generar rutas de transición a sistemas cafeteros sostenibles.

ABSTRACT

This article seeks to analyze economic sustainability in an agroecologically managed coffee system using an activity-based costing methodology, comparing the management of two farms: one farm with conventional coffee production and another farm in an alternative agroecological transition. This type of analysis in Colombia has been very limited; the information found is scarce and most of it is not scientific. In both production units, 5,000 coffee trees were delimited. After the 2022 harvest, data collection began for the 2023 harvest. For data analysis, a cost and income evaluation was conducted. With this information, the financial behavior of each production unit was projected, with the purpose of determining cost-benefit indicators as a metric or line of comparison between the two production models, the conventional and the alternative, going forward. This made it possible to generate the profitability of each crop and, consequently, its permanence over time, thus determining the greatest capacity for sustainability. As a result, it is concluded that the alternative model based on agroecological transition is more profitable, due to internal factors, such as lower production costs and higher harvest production in the year evaluated, compared to the conventional model, which had higher costs and lower production. Affirming that the greater the diversity, interaction, and complementarity, the greater the likelihood of sustainability, research must continue to advance, not only in coffee cultivation but throughout the entire production unit, in order to generate transition paths to sustainable coffee systems.

PALABRAS CLAVES:

Café; Costos de producción; Finanzas; Sostenibilidad; Sistemas integrados de producción agropecuarios; Diversificación de fincas; Agroecología; Agricultura familiar; Diversificación productiva; Soberanía alimentaria; Biodiversidad.

KEYWORDS:

Coffee; Production costs; Finance; Sustainability; Integrated agricultural production systems; Farm diversification; Agroecology; Family farming; Productive diversification; Food sovereignty; Biodiversity.

Transformación de Residuos Agroindustriales para la Producción de Bioenergías: Una Aportación de Economía Circular

Transformation of Agro-Industrial Waste for Bioenergy Production: A Contribution to Circular Economy

PALACIOS-HINESTROZA, HASBLEIDY¹

RESUMEN

El crecimiento de la población y la urbanización han llevado a un aumento significativo en el consumo global y en los costos de producción de combustibles fósiles, resultando en una disminución de la disponibilidad de estos recursos y en una mayor vulnerabilidad frente al cambio climático. Esta situación plantea importantes desafíos en el ámbito energético, impulsando la búsqueda intensiva de fuentes de energía alternativas que se alineen con el cumplimiento del séptimo Objetivo de Desarrollo Sostenible, establecido por las Naciones Unidas y la UNESCO en la Agenda 2030. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la capacidad de producción de bioetanol de un sistema soporte-levadura, utilizando residuos de bagazo de agave como fuente de carbono. Para la inmovilización de levaduras en el bagazo de agave, se llevaron a cabo dos modificaciones químicas mediante fosilación y tosilación respectivamente. La presencia de grupos funcionales (R-SO₂-OR, C=C y C-F) en los materiales modificados fue confirmada mediante espectroscopia de infrarrojo (FTIR). Además, la inmovilización fue corroborada a través de microfotografías obtenidas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). El bagazo tosilado resultó ser el material más eficiente para la inmovilización de levaduras, alcan-

1 Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Tlajomulco. Departamento de Ciencias Básicas; Departamento de Ingeniería Biológica, Sintética y de Materiales-Laboratorio de Biotecnología Acuática. Doctora en Agua y Energía. Guadalajara, México. <https://orcid.org/0000-0002-0604-3357>

Correspondencia: hasbleidy.palacios@academicos.udg.mx

*zando un porcentaje máximo del 74 % en un periodo de 24 horas. Este material fue utilizado en la producción de bioetanol a través de la fermentación del hidrolizado de bagazo de agave, siendo analizado por resonancia magnética nuclear (RMN). Los resultados mostraron que, para la cepa de *Saccharomyces sp*, la concentración de etanol alcanzó los 24 g/L, con un rendimiento teórico del 86 % y una tasa de producción máxima de etanol (QPEtOH) de 0,60 g/L*h. En conclusión, los residuos agroindustriales constituyen una fuente significativa de polímeros naturales que pueden ser eficientemente aprovechados y modificados para la producción de bioenergías, así como para la fabricación de materiales de inmovilización celular.*

ABSTRACT

*The growth of the population and urbanization have led to a significant increase in global consumption and the production costs of fossil fuels, resulting in a decrease in the availability of these resources and greater vulnerability to climate change. This situation poses important challenges in the energy sector, driving the intensive search for alternative energy sources that align with the achievement of the seventh Sustainable Development Goal established by the United Nations and UNESCO in the 2030 Agenda. The present study aimed to evaluate the bioethanol production capacity of a support-yeast system, using agave bagasse waste as a carbon source. For the immobilization of yeasts in the agave bagasse, two chemical modifications were carried out through foylation and tosylation, respectively. The presence of functional groups (R-SO₂-OR, C=C, and C-F) in the modified materials was confirmed by Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR). Additionally, the immobilization was corroborated through microphotographs obtained via scanning electron microscopy (SEM). The tosylated bagasse proved to be the most efficient material for yeast immobilization, achieving a maximum percentage of 74 % within a 24-hour period. This material was used in the production of bioethanol through the fermentation of agave bagasse hydrolysate, which was analyzed by nuclear magnetic resonance (NMR). The results showed that, for the *Saccharomyces sp* strain, the ethanol concentration reached 24 g/L, with a theoretical yield of 86 % and a maximum ethanol production rate (QPEtOH) of 0,60 g/L*h. In conclusion, agro-industrial waste constitutes a significant source of natural polymers that can be efficiently utilized and modified for bioenergy production, as well as for the manufacture of cellular immobilization materials.*

PALABRAS CLAVE:

Biomasa lignocelulósica;
Residuos agroindustriales;
Bagazo de agave; Energías
alternativas; Bioenergías;
Bioetanol; Biocombustibles;
Inmovilización celular;
Bioeconomía; modificación
química; Microorganismos;
Saccharomyces sp.

KEYWORDS:

Lignocellulosic biomass;
Agro-industrial waste; Agave
bagasse; Alternative energies;
Bioenergies; Bioethanol;
Biofuels; Cellular immobilization;
Bioeconomy; Chemical
modification; Microorganisms;
Saccharomyces

Aprovechamiento Sostenible de Residuos de Raleo Forestal para la Obtención de Nanomateriales Celulósicos

Sustainable Use of Forest Thinning Residues to Obtain Cellulosic Nanomaterials

SULBARÁN-RANGEL, BELKIS¹; HAKAMADA, RODRIGO²; ESQUIVEL-ALFARO, MARIANELLY³; GARCÍA-GARDOZA, ÁNGEL-OBED⁴; SUANCATL-COLORADO, KAREN⁴; ANZALDO-HERNANDEZ, JOSÉ⁵.

RESUMEN

*La valorización de residuos forestales en el marco de la bioeconomía circular ha cobrado relevancia como estrategia para mejorar la sostenibilidad de los procesos productivos. En este estudio se evaluó el potencial de las maderas de raleo provenientes de plantaciones de *Acacia mangium* (4 años) y *Gmelina arborea* (5 años), ubicadas en Las Choapas, Veracruz-México, para la obtención de celulosa y nanofibras de celulosa (NFC). Estas especies son generalmente subutilizadas tras el aclareo de plantaciones forestales, lo que representa una oportunidad para su aprovechamiento. Los árbo-*

- 1 Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Tonalá. PhD. Tonalá, México. <https://orcid.org/0000-0002-5758-6140>
- 2 Universidad de Sao Paulo, Departamento de Ciencias Forestales. PhD. Sao Paulo, Brasil. <https://orcid.org/0000-0002-1377-8669>
- 3 Universidad Nacional de Costa Rica. Laboratorio de Polímeros (POLIUNA). MSc. San José, Costa Rica. <https://orcid.org/0000-0001-8101-5463>
- 4 Instituto Tecnológico Las Choapas. Bachiller. Veracruz, México. <https://orcid.org/0009-0003-3942-1048>, <https://orcid.org/0009-0004-5764-2255>
- 5 Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería. PhD. Guadalajara, México. <https://orcid.org/0000-0002-2300-6195>

Correspondencia: belkis.sulbaran@academicos.udg.mx

les fueron sometidos a un proceso de pulpeo alcalino tipo Kraft para remover lignina y hemicelulosas, seguido de un blanqueamiento con peróxido de hidrógeno. Posteriormente, la celulosa se realizó un procesamiento mecánico mediante microfluidización para obtener NFC. El análisis morfológico mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) y transmisión (TEM) confirmó la obtención de celulosa y celulosa nanofibrilada, con longitudes promedio de 215-218 nm y diámetros de 28-31 nm, evidenciando una nanofibrilación efectiva. Los rendimientos del pulpeo variaron significativamente entre especies: *Gmelina arborea* mostró un rendimiento del 77,9 % con 22,1 % de astillas sin cocción, mientras que *Acacia mangium* presentó un rendimiento de 26,2 % y 73,8 % de astillas sin cocción. Esta diferencia se atribuye a la mayor complejidad química y contenido de extractivos de *Acacia mangium*. Las NFC obtenidas mostraron propiedades comparables a las elaboradas a partir de otras biomásas lignocelulósicas, lo que las posiciona como candidatas viables para aplicaciones en materiales compuestos, bioplásticos, empaques biodegradables y productos con alto valor agregado. En conclusión, la utilización de maderas de raleo para la obtención de celulosa y NFC representa una alternativa tecnológica prometedora para el aprovechamiento integral de residuos forestales, reduciendo su impacto ambiental y contribuyendo al fortalecimiento de cadenas de valor sustentables en el sector forestal mexicano.

ABSTRACT

The valorization of forest residues within the framework of the circular bioeconomy has gained relevance as a strategy to improve the sustainability of production processes. This study evaluated the potential of thinned wood from *Acacia mangium* (4 years old) and *Gmelina arborea* (5 years old) plantations located in Las Choapas, Veracruz, Mexico, for obtaining cellulose and cellulose nanofibers (CNF). These species are generally underutilized after the thinning of forest plantations, which represents an opportunity for their exploitation. The trees were subjected to a Kraft-type alkaline pulping process to remove lignin and hemicelluloses, followed by bleaching with hydrogen peroxide. The cellulose was subsequently mechanically processed using microfluidization to obtain CNF. Morphological analysis by scanning electron microscopy (SEM) and transmission electron microscopy (TEM) confirmed the production of cellulose and nanofibrillated cellulose, with average lengths of 215–218 nm and diameters of 28–31 nm, demonstrating effective nanofibrillation. Pulping yields varied significantly between species: *Gmelina arborea* showed a yield of 77,9 % with 22,1 % uncooked chips, while *Acacia mangium* presented a yield of 26,2 % and 73,8 % uncooked chips. This difference is attributed to the greater chemical complexity and extractive content of *Acacia mangium*. The NFCs obtained showed properties comparable to those made from other lignocellulosic biomasses, which positions them as viable candidates for applications in composite materials, bioplastics, biodegradable packaging, and high-added value products. In conclusion, the use of thinned wood to obtain cellulose and NFC represents a promising technological alternative for the comprehensive use of forest residues, reducing their environmental impact and contributing to the strengthening of sustainable value chains in the Mexican forestry sector.

PALABRAS CLAVE:

Maderas de raleo; Celulosa; Nanofibras de celulosa; Bioeconomía circular; Valorización de residuos; Pulpeo alcalino Kraft; Microfluidización; Caracterización de materiales; nanomateriales orgánicos; Sostenibilidad forestal.

KEYWORDS:

Thinning wood; Cellulose; Cellulose nanofibers; Circular bioeconomy; Waste recovery; Alkaline Kraft pulping; Microfluidization; Materials characterization; Organic nanomaterials; Forest sustainability

Transición Agroecológica para Sistemas Agropecuarios más Sostenibles*

Agroecological Transition for More Sustainable Agricultural Systems

PLATA-REYES, DALIA-ANDREA¹; LÓPEZ-ROJAS, ELIOT-GAMALIEL¹; GÓMEZ-MIRANDA, AIDA¹; MARTÍNEZ-GARCÍA, CARLOS-GALDINO¹; WATTIAUX, MICHEL ANDRÉ²; ALBARRÁN-PORTILLO, BENITO³ Y ARRIAGA-JORDÁN, CARLOS-MANUEL¹

RESUMEN

Los sistemas agropecuarios enfrentan desafíos ambientales, sociales y económicos que comprometen su sostenibilidad. Reducir la degradación del suelo, la deforestación, la pérdida de biodiversidad y la contaminación derivada de prácticas no sostenibles requiere iniciar con la evaluación de la sostenibilidad, que permite analizar los pilares ambiental, social y económico para identificar áreas de mejora. En el Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR) de la Universidad Autónoma del Estado de México, el Cuerpo Académico en Producción Animal Campesina ha aplicado diversos métodos de evaluación, destacando el método IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles), el cual posibilita comparaciones entre fincas y sistemas productivos distintos. Posteriormente, la transición agroecológica se plantea como

* Proyecto de origen: Evaluación del desempeño agroecológico para sistemas de producción de leche más sostenibles. Financiación: Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI). Culminación: 30 de noviembre de 2027.

1 Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Cuerpo Académico en Producción Animal Campesina. Dr. en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. PhD. MVZ. Toluca, México <https://orcid.org/0000-0001-9017-1177>, <https://orcid.org/0000-0002-0283-3992>, <https://orcid.org/0000-0001-9924-3376>, <https://orcid.org/0000-0002-6140-0847>, <https://orcid.org/0009-0005-4763-6764>

2 University of Wisconsin-Madison, Department of Animal and Dairy Sciences. PhD. Madison, Estados Unidos. <https://orcid.org/0000-0001-8713-1641>.

3 Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Temascaltepec, Cuerpo Académico en Sistemas Agropecuarios y Recursos Naturales. PhD. Toluca, México. <https://orcid.org/0000-0001-9807-8452>

Correspondencia: cmarriagaj@uaemex.mx

una estrategia esencial para reducir la huella ambiental y promover sistemas productivos sostenibles basados en el conocimiento local, la gestión ecológica y la participación social. En este contexto, la herramienta TAPE (Tool for Agroecology Performance Evaluation), desarrollada por la FAO, permite evaluar el desempeño agroecológico de los sistemas ganaderos de doble propósito mediante 10 elementos agroecológicos y 36 índices. Con esta metodología se evaluaron 20 fincas, de las cuales 16 no fueron agroecológicas, 2 se hallaron en transición agroecológica y 2 fueron clasificadas como fincas agroecológicas. Estas últimas destacaron por sus sinergias en sistemas agrosilvopastoriles bien manejados, su eficiencia productiva, integración de tradiciones locales, menor uso de insumos externos y diversificación de productos. La evaluación holística mediante la herramienta TAPE evidencia el valor de integrar criterios ambientales, sociales y económicos para comprender el desempeño agroecológico y orientar estrategias hacia la sostenibilidad de los sistemas ganaderos de doble propósito, fortaleciendo su transición agroecológica y fomentando la mejora continua en su gestión productiva y ambiental.

PALABRAS CLAVE:

Sostenibilidad; Evaluación de la sostenibilidad; Método IDEA; Transición agroecológica; Herramienta TAPE; Desempeño agroecológico, Elementos agroecológicos; Sistemas agropecuarios; Sistemas ganaderos de doble propósito; Fincas agroecológicas.

ABSTRACT

Agro-livestock systems face environmental, social, and economic challenges that compromise their sustainability. Reducing soil degradation, deforestation, biodiversity loss, and pollution from unsustainable practices requires beginning with a sustainability assessment that analyzes the environmental, social, and economic pillars to identify areas for improvement. At the Institute of Agricultural and Rural Sciences (ICAR) of the Universidad Autónoma del Estado de México, the Academic Body in Peasant Animal Production has applied various assessment methods, highlighting the IDEA method, which allows comparative evaluations among farms and different production systems. Subsequently, the agroecological transition is proposed as an essential strategy to reduce the environmental footprint and promote sustainable production systems based on local knowledge, ecological management, and social participation. In this context, the TAPE tool, developed by FAO, enables the assessment of agroecological performance in dual-purpose livestock systems through 10 agroecological elements and 36 indices. Using this methodology, 20 farms were evaluated, of which 16 were non-agroecological, 2 were in agroecological transition, and 2 were classified as agroecological farms. The latter stood out for their synergies in well-managed silvopastoral systems, productive efficiency, integration of local traditions, lower use of external inputs, and product diversification. The holistic evaluation using the TAPE tool demonstrates the value of integrating environmental, social, and economic criteria to understand agroecological performance and to guide strategies toward the sustainability of dual-purpose livestock systems, strengthening their agroecological transition and promoting continuous improvement in both productive and environmental management.

KEYWORDS:

Sustainability; Sustainability assessment; IDEA method; Agroecological transition; TAPE tool; Agroecological performance; Agroecological elements; Agro-livestock systems; Dual-purpose livestock systems; Agroecological farms.

Contribución de los Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala a los Objetivos de Desarrollo Sostenible*

Contribution of Small-Scale Dairy Production Systems to Sustainable Development Goals

CARRILLO-HERNÁNDEZ, SIRLEY²; PLATA-REYES, DALIA-ANDREA¹; WATTIAUX, MICHEL-ANDRÉ²; ARRIAGA-JORDÁN, CARLOS-MANUEL¹

RESUMEN

La Producción de leche en pequeña escala constituye un componente estratégico de la sostenibilidad agropecuaria frente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, pues integra simultáneamente dimensiones ambiental, social y económico. En países en desarrollo, estos sistemas representan cerca del 80% del volumen lácteo total y se articulan en unidades familiares cuyo sustento depende de la actividad, por lo que su relevancia es directa para la seguridad alimentaria, la reducción de la pobreza y la generación de ingresos rurales. Desde el enfoque conceptual de desarrollo sostenible -derivado del informe Brundtland- este tipo de sistemas exige una visión holística que contemple productividad, ges-

* Proyecto de origen: Evaluación del desempeño agroecológico para sistemas de producción de leche más sostenibles. Financiación: Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI). Culminación: 30 de noviembre de 2027.

1 Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Cuerpo Académico en Producción Animal Campesina. Dra. en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; PhD in Dairy Cattle Feeding and Nutrition. <https://orcid.org/0000-0002-3804-9139>, <https://orcid.org/0000-0001-9017-1177>, <https://orcid.org/0000-0002-6140-0847>

2 University of Wisconsin-Madison, Department of Animal and Dairy Sciences. PhD. in Ruminant Nutrition. Madison, Estados Unidos. <https://orcid.org/0000-0001-8713-1641>

tión ambiental, continuidad económica y bienestar social de las familias productoras y sus comunidades. Su aporte a los Objetivos de Desarrollo Sostenible se expresa en metas como No Pobreza, Hambre Cero, Trabajo Decente, Salud y Bienestar, Igualdad de Género, Reducción de Desigualdades, Acción Climática, Producción y Consumo Responsables, Agua Limpia y Vida de Ecosistemas Terrestres. Para valorar su desempeño, resulta indispensable medir la sostenibilidad y, en este sentido, el método IDEA (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles) ha permitido identificar limitantes críticas en los Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala del Altiplano Central mexicano, particularmente en el manejo de recursos naturales y en la dimensión económica. Con base en ello, se han evaluado estrategias orientadas a reducir costos de alimentación, mejorar productividad e intensificar prácticas de gestión ambiental que disminuyan impactos negativos. En síntesis, estos sistemas contribuyen de forma verificable a múltiples Objetivos de Desarrollo Sostenible y reforzar sus puntos débiles permite maximizar su aporte a la sostenibilidad multisectorial.

ABSTRACT

Small-scale dairy production constitutes a strategic component of agricultural sustainability in relation to the Sustainable Development Goals, since it simultaneously integrates environmental, social, and economic dimensions. In developing countries, these systems represent approximately 80% of total milk volume and are organized as family-based units whose livelihood depends on the activity, which makes their relevance direct for food security, poverty reduction, and rural income generation. From the conceptual approach of sustainable development—as derived from the Brundtland Report—this type of system requires a holistic vision that considers productivity, environmental management, economic continuity, and the social well-being of farming families and their communities. Their contribution to the Sustainable Development Goals is expressed in goals such as No Poverty, Zero Hunger, Decent Work, Good Health and Well-being, Gender Equality, Reduced Inequalities, Climate Action, Responsible Production and Consumption, Clean Water, and Life on Land. To assess their performance, it is essential to measure sustainability; in this sense, the IDEA method (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles) has made it possible to identify critical limitations in Small-Scale Milk Production Systems of the Mexican Central Highlands, particularly in natural resource management and in the economic dimension. Based on this, strategies have been evaluated to reduce feeding costs, improve productivity, and intensify environmental management practices to decrease negative impacts. In summary, these systems contribute in a verifiable manner to multiple Sustainable Development Goals, and strengthening their weak points makes it possible to maximize their contribution to multisectoral sustainability. optimize their management to maximize their contribution to sustainable development.

PALABRAS CLAVE:

Producción de leche en pequeña escala; Sostenibilidad; Objetivos de desarrollo sostenible; Ambiental; Social; Económico; Método IDEA; Pobreza; Productividad; Gestión ambiental.

KEYWORDS:

Small-scale dairy production; Sustainability; Sustainable development goals; environmental; Social; Economic; IDEA method; Poverty; Productivity; Environmental management.

Biotecnología de levaduras

Yeast Biotechnology

SALDAÑA-TRINIDAD, SERGIO¹

RESUMEN

Las levaduras son microorganismo ampliamente utilizados en diversas aplicaciones caseras e industriales para generar valor agregado. Las especies del género Saccharomyces son preferidas por las bondades de su metabolismo, adaptabilidad a los procesos y la utilidad como modelo biotecnológico, sin embargo, existen diversos esfuerzos para valorar el papel de especies no Saccharomyces en procesos similares. Este trabajo tuvo como propósito aislar nuevas cepas de levaduras y aplicar a diversos procesos biotecnológicos para la producción de bioetanol, elaboración de bebidas fermentadas a base de frutas y fermentación controlada de café. Para lo cual, se aislaron 10 cepas de levaduras de la fermentación natural de diversas fuentes capaces de degradar monosacáridos y disacáridos. Se realizaron las caracterizaciones morfológicas macro y microscópicas de formas levaduriformes. Para cada una de las cepas se determinó la tolerancia a etanol en medios sólidos PDA enriquecidos con etanol (0 al 15 % V/V). Los parámetros cinéticos de crecimiento se realizaron en medios sintéticos de YPD (hexosa). En este trabajo la población a estudiar fueron 10 aislamientos obtenidos en las diversas etapas de la fermentación natural de frutas. Las cepas fueron obtenidas de nance, piña, pitaya, café, uva, fresa, zarzamora, rambután, carambola, guayaba y arándanos. En el nance (Byrsonima crassifolia) se identificaron las 3 cepas con mayor rendimiento teórico de alcohol Pichia kudriavzevii con un 25 %, Kazachstania humilis 21 %, Candida humilis 19 %, se pudo demostrar la presencia de microorganismos nativos en los frutos de nance por lo que podrá atribuirse a estos la capacidad de fermentar y otorgar propiedades organolépticas especiales al producto. Se ha evaluado la fermentación de productos de la hidrólisis enzimática de fibras vegetales pretratadas de cacao, lirio acuático y plátano. Cabe destacar la importancia de las levaduras para generar productos biotecnológicos para distintos sectores que ofrecen nuevas oportunidades para diversificar los procesos fermentativos.

PALABRAS CLAVE:

Levaduras; Bioconversión; Fermentación; Fenotipo killer; Bioetanol; Propiedades organolépticas; Frutas tropicales; Café; Saccharomyces; procesos biotecnológicos.

1 Universidad Politécnica de Chiapas, Ingeniería en Alimentos, Cuerpo Académico de Investigación y Desarrollo Agroindustrial. PhD. Tuxtla-Gutiérrez, México. <https://orcid.org/0000-0002-8073-3209>

ABSTRACT

Yeasts are microorganisms widely used in various home and industrial applications to generate added value. Species of the genus *Saccharomyces* are preferred due to the advantages of their metabolism, adaptability to processes, and utility as a biotechnological model; however, there are various efforts to assess the role of non-*Saccharomyces* species in similar processes. This work aimed to isolate new strains of yeast and apply them to various biotechnological processes for the production of bioethanol, preparation of fermented beverages based on fruits, and controlled fermentation of coffee. To achieve this, 10 yeast strains were isolated from the natural fermentation of various sources capable of degrading monosaccharides and disaccharides. Macro and microscopic morphological characterizations of yeast-like forms were carried out. For each of the strains, ethanol tolerance was determined in solid PDA media enriched with ethanol (0 to 15 % V/V). The kinetic growth parameters were carried out in synthetic YPD media (hexose). In this study, the population to be analyzed consisted of 10 isolates obtained at various stages of the natural fermentation of fruits. The strains were obtained from nance, pineapple, pitaya, coffee, grape, strawberry, blackberry, rambutan, starfruit, guava, and blueberries. In the nance (*Byrsonima crassifolia*), the 3 strains with the highest theoretical alcohol yield were identified: *Pichia kudriavzevii* with 25 %, *Kazachstania humilis* 21 %, and *Candida humilis* 19 %. The presence of native microorganisms in the nance fruits was demonstrated, which can be attributed to their ability to ferment and provide special organoleptic properties to the product. The fermentation of products from the enzymatic hydrolysis of pretreated vegetable fibers from cocoa, water lily, and banana has been evaluated. It is important to highlight the significance of yeasts in generating biotechnological products for various sectors that offer new opportunities to diversify fermentation processes.

KEYWORDS:

Yeast; Bioconversion; Fermentation; Killer phenotype; Bioethanol; Organoleptic properties; Tropical fruits; Coffee; *Saccharomyces*; biotechnological process.

Biofertilizantes para Mitigar el uso de Fertilizantes: Una Experiencia en Cultivos Tropicales

Biofertilizers to Mitigate Fertilizer use: An Experience in Tropical Crops

CABRALES-HERRERA, ELIECER-MIGUEL¹

RESUMEN

La adopción de tecnologías intensivas durante la Revolución Verde impulsó el incremento de la producción de alimentos, pero el uso inadecuado de dichas prácticas generó deterioro acelerado del suelo y del ambiente. Este escenario ha favorecido el desarrollo de alternativas de Manejo ecológico y Manejo sostenible, con énfasis en Ecología de suelos y en Sistemas agrícolas sostenibles orientados a salvar la funcionalidad edáfica. En este contexto emergen los Biofertilizantes y otros Biopreparados como herramientas de enfoque Agroecológica, pues incorporan Microorganismos beneficiosos y Microorganismos eficientes cuyo rol es incrementar la disponibilidad de nutrientes y mejorar la condición biológica del suelo sin recurrir exclusivamente a insumos de síntesis. Su uso ha aumentado debido al incremento en el costo y a la escasez de fertilizantes convencionales, impulsando a Pequeños productores a buscar insumos generados con material local. Con base en este enfoque se trabajó con tres tipos de insumos: Bioles en cultivos, Purines en cultivos y formulaciones microbianas, los cuales fueron evaluados en Cultivo de maíz V-114 y Cultivo de arroz FEDEARROZ 67, cuantificando variables fisiológicas y productivas. Al utilizar Biofertilizantes es posible reducir hasta 50 % la dosis de NPK sin afectar el rendimiento; asimismo, cuando se incrementan dosis convencionales en presencia de Microorganismos eficientes y/o Microorganismos beneficiosos se obtienen rendimientos superiores al promedio regional. Estos resultados indican que los Biofertilizantes y Biopreparados constituyen una alternativa tecnológicamente viable para Manejo ecológico y Manejo sostenible en sistemas cerealistas, favoreciendo la productividad, disminuyendo impactos ambientales y reduciendo costos de producción, en coherencia con los principios de Sistemas agrícolas sostenibles y con las necesidades actuales de los pequeños productores.

1 Universidad de Córdoba, Profesor de tiempo completo área de suelos. PhD. Montería, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-6564-1664>

Correspondencia: ecabralesh@correo.unicordoba.edu.co

PALABRAS CLAVE:

Biofertilizantes; Biopreparados; Ecología de suelos; Manejo ecológico; Manejo sostenible; Agroecológica; Sistemas agrícolas sostenibles; Bioles en cultivos; Purines en cultivos; Microorganismos beneficiosos; Microorganismos eficientes; Cultivo de maíz; Cultivo de arroz; Pequeños productores.

ABSTRACT

The adoption of intensive technologies during the Green Revolution boosted food production, but inappropriate use of those practices has led to accelerated soil degradation and broader environmental harm. This situation has prompted the development of alternatives grounded in ecological management and sustainable management, with emphasis on soil ecology and sustainable agricultural systems aimed at preserving soil function. In this context, biofertilizers and other biopreparations have emerged as agroecological tools: they incorporate beneficial microorganisms and effective microorganisms that increase nutrient availability and improve the biological condition of soils without relying exclusively on synthetic inputs. Their uptake has risen in response to higher costs and shortages of conventional fertilizers, encouraging smallholders to seek locally produced inputs. Following this approach, a proposal was developed to produce three types of inputs: biol in crops, manure slurries in crops, and microbial inoculants—which were evaluated in corn cultivation (var. V-114) and rice cultivation (FEDEARROZ 67), measuring physiological and yield variables. Use of biofertilizers made it possible to reduce NPK application by up to 50 % without compromising yields; moreover, when conventional fertilizer rates were increased in combination with efficient or beneficial microorganisms, yields significantly exceeded regional averages. These findings indicate that biofertilizers and biopreparations constitute a technologically viable alternative for ecological and sustainable management in cereal systems, enhancing productivity, mitigating environmental impacts, and lowering production costs—outcomes that align with the principles of sustainable agricultural systems and the needs of small producers.

KEYWORDS:

Biofertilizers; Biopreparations; Soil ecology; Ecological management; Sustainable management; Agroecology; Sustainable agricultural systems; Biols in crops; Slurry in crops; Beneficial microorganisms; Efficient microorganisms; Corn cultivation; Rice cultivation; Small producers.

Biotecnología en el Aprovechamiento de Residuos Frutihortícola del Estado de Chiapas, México para la Producción de Bioenergéticos

Biotechnology in the use of Fruit and Vegetable Waste from the State of Chiapas, Mexico for the Production of Biofuels

SÁNCHEZ-ROQUE, YAZMIN¹

RESUMEN

Actualmente, se promueven alternativas energéticas que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero y aumenten la seguridad del suministro energético. Se espera que los biocombustibles líquidos, el biodiesel y el bioetanol puedan sustituir a la gasolina. Para ello, las microalgas han sido identificadas como una fuente excepcional de energía renovable debido a su alta plasticidad metabólica para la acumulación de lípidos, destinados a la producción de biodiesel. La viabilidad económica de una industria de biocombustibles basada en microalgas dependerá de varios factores, la selección de cepas resistentes, tasas excepcionales de crecimiento de la biomasa microalgal, perfiles lipídicos adecuados para la producción de biodiesel y tolerancia a una amplia gama de parámetros ambientales. De acuerdo a lo anterior, las condiciones ideales en relación a los nutrientes disponibles en los residuos agroindustriales, frutihortícola, así como variables de condiciones ambientales definen el crecimiento en las que las microalgas pueden realizar actividades metabólicas para la generación de lípidos para la producción de biodiesel. Así también, estas características

1 Universidad Politécnica de Chiapas, Programa de Ingeniería en Alimentos. PhD. Tuxtla-Gutiérrez, México. <https://orcid.org/0000-0001-8345-2392>

Correspondencia: ysanchez@ia.upchiapas.edu.mx

fisicoquímicas de residuos orgánicos generados en el municipio de Suchiapa, Chiapas, México, como la cáscara de calabaza, cáscara de tamarindo, hojas de mazorca de maíz y residuos fecales ganaderos: estiércol de ganado bovino, ovino y aves de corral, permitirán determinar su uso óptimo en la producción de biogás y metano. Los parámetros analizados fueron humedad, cenizas, pH, sólidos totales (ST), sólidos totales volátiles (STV), carbón (C) y nitrógeno (N), aplicando los métodos de las Normas Oficiales Mexicanas (NMX-AA-016 a la NMX-AA-025). Los resultados permiten estimar una producción teórica de metano/kg de STV mediante el uso de cáscara de calabaza, siendo el mejor residuo para garantizar la producción de biogás. De este modo, con la caracterización fisicoquímica de los residuos se permite revalorizar el potencial de éstos para la producción de bioenergéticos.

PALABRAS CLAVE:

Biogás; Digestión anaerobia; Metano; Residuos orgánicos; Biodiesel; Microalgas; Biomasa microalgal; Lípidos, Metabolismo; Sustrato.

ABSTRACT

Currently, energy alternatives are being promoted that reduce greenhouse gas emissions and increase the security of energy supply. Liquid biofuels, biodiesel, and bioethanol are expected to replace gasoline. To this end, microalgae have been identified as an exceptional source of renewable energy due to their high metabolic plasticity for the accumulation of lipids for biodiesel production. The economic viability of a microalgae-based biofuel industry will depend on several factors: the selection of resistant strains, exceptional growth rates of microalgal biomass, lipid profiles suitable for biodiesel production, and tolerance to a wide range of environmental parameters. According to the above, ideal conditions related to the nutrients available in agroindustrial and fruit and vegetable waste, as well as environmental variables, define the growth in which microalgae can perform metabolic activities to generate lipids for biodiesel production. Likewise, the physicochemical characteristics of organic waste generated in the municipality of Suchiapa, Chiapas, Mexico, such as pumpkin peel, tamarind husk, corn cob husks, and livestock fecal waste (cattle, sheep, and poultry manure), will allow determining their optimal use in biogas and methane production. The parameters analyzed were moisture, ash, pH, total solids (TS), total volatile solids (TVS), carbon (C), and nitrogen (N), applying the methods of the Mexican Official Standards (NMX-AA-016 to NMX-AA-025). The results allow estimating a theoretical methane production/kg of TVS using pumpkin peel, which is the best waste to guarantee biogas production. Thus, the physicochemical characterization of the waste allows reevaluating its potential for bioenergy production.

KEYWORDS:

Biogas; Anaerobic digestion; Methane; Organic waste; Biodiesel; Microalgae; Microalgal biomass; Lipids; Metabolism; Substrate.

Factores Determinantes para Invertir en Parcelas de Cultivos y en la Conservación de Suelos y Aguas en la Comunidad de Tomoroco*

Key Determinants of Investment in Agricultural Land and Soil and Water Conservation Practices: A Case Study of the Tomoroco Community

BORGES-HUANCA, ARNULFO¹

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en la comunidad rural de Tomoroco con el objetivo de identificar los factores clave que influyen en la decisión de las familias para invertir en parcelas de cultivo, con especial énfasis en las prácticas de conservación de suelos y aguas (CSA). Se trabajó con una muestra de 20 familias, aplicando un enfoque metodológico cuantitativo, descriptivo y correlacional. El análisis se centró en la interacción entre factores físicos, económicos y socioculturales, y cómo estos se relacionan con la inversión comunitaria en la conservación de los recursos naturales. Se aplicaron encuestas estructuradas para recopilar datos sobre decisiones de inversión agrícola, tipos de prácticas de CSA implementadas, recursos utilizados y las motivaciones subyacentes. Se tomaron en cuenta variables importantes como

* Proyecto de origen: "Factores determinantes para invertir en parcelas de cultivos y en la conservación de suelos y aguas en la comunidad de Tomoroco. Financiación: Proyecto JALDA. Culminación: 31 de diciembre de 2022

1 Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca. Facultad de Ciencias Agrarias. MSc. Sucre, Bolivia <https://orcid.org/0009-0003-7087-2349>

Correspondencia: borges.arnulfo@usfx.bo

la pendiente del terreno, accesibilidad, tamaño de parcela, la disponibilidad de materiales locales como piedras. Asimismo, en el ámbito económico, se evaluó el acceso a mercados y la capacidad de inversión en múltiples parcelas. En cuanto a los aspectos socioculturales, se consideraron el dinamismo familiar, la responsabilidad comunitaria y las relaciones sociales. Los resultados mostraron que la erosión del suelo y la pendiente fueron los factores físicos más determinantes para incentivar la inversión. Las parcelas con mayor accesibilidad y superficie cultivable fueron más propensas a recibir prácticas de CSA. Desde lo económico, la posibilidad de comercializar productos e invertir en diversas parcelas actuó como factor motivador. Socialmente, la participación comunitaria, el relacionamiento entre familias y el sentido de responsabilidad colectiva favorecieron las inversiones. En conclusión, la inversión en conservación de suelos y aguas en Tomoroco resulta de la convergencia de condiciones físicas, económicas y sociales. Sin embargo, factores limitantes como la migración, la insatisfacción de necesidades básicas y la baja integración comunitaria restringen la adopción de prácticas sostenibles en las comunidades rurales de la región

ABSTRACT

This study was conducted in the rural community of Tomoroco with the objective of identifying the key factors influencing families' decisions to invest in farmland, with a particular emphasis on soil and water conservation (SWC) practices. A sample of 20 households was selected, employing a quantitative, descriptive, and correlational methodological approach. The analysis focused on the interaction among physical, economic, and socio-cultural factors, and how these relate to community-level investment in the conservation of natural resources. Structured surveys were administered to collect data on agricultural investment decisions, types of SWC practices adopted, resources used, and underlying motivations. Key variables considered included land slope, plot accessibility, plot size, and the availability of local materials such as stones. In the economic dimension, market access and the capacity to invest in multiple plots were evaluated. Regarding the socio-cultural aspect, family dynamism, community responsibility, and social relations were analyzed. The results indicated that soil erosion and land slope were the most critical physical determinants encouraging investment. Plots with greater accessibility and larger cultivable area were more likely to receive SWC interventions. Economically, the opportunity to commercialize agricultural products and diversify investments across plots served as strong motivators. Socially, active community participation, strong inter-household relationships, and a collective sense of responsibility significantly fostered conservation investment. In conclusion, investment in soil and water conservation in Tomoroco is driven by the convergence of physical, economic, and social conditions. Nevertheless, limiting factors such as migration, unmet basic needs, and low community integration were found to hinder the adoption of sustainable practices in rural communities of the region.

PALABRAS CLAVE:

Inversión rural; Conservación de suelos; Manejo del agua; Factores socioeconómicos; Toma de decisiones familiares; Sostenibilidad agrícola; Comunidades campesinas; Uso del suelo; Participación comunitaria; Resiliencia ambiental.

KEYWORDS:

Rural investment; Soil conservation; Water management; Socioeconomic factors; Household decision-making; Agricultural sustainability; Peasant communities; Land use practices; Community participation; Environmental resilience.

Conservación, Coexistencia y Sostenibilidad Agropecuaria: Experiencias en la Implementación de Estrategias Antidepredatorias en Contextos Rurales*

Conservation, Coexistence and Agricultural Sustainability: Experiences in the Implementation of Anti-Predatory Strategies in Rural Contexts

ALEGRIA-ALEGRIA, HENRY-DUBAN¹; QUIÑONES-LÓPEZ, YERLY-FERNANDA²; VELASCO- RIASCOS, MARÍA-VICTORIA³.

RESUMEN

La conservación ambiental, es concebida como un proceso integral que busca mantener la funcionalidad ecológica de los ecosistemas y asegurar el bienestar de las generaciones presentes y futuras, es un eje central en la gestión ambiental del departamento del Cauca. Esta visión supera la idea de protección pasiva, y promueve una gestión activa, justa y participativa de los recursos naturales, en la cual las comunidades locales desempeñan un papel fundamental. En este marco, la sostenibilidad

* Proyecto de origen: Conservación, coexistencia y sostenibilidad agropecuaria: experiencias en la implementación de estrategias antidepredatorias en contextos rurales. Financiación: Corporación Autónoma Regional del Cauca. Culminación: 30 de diciembre de 2024

1 Corporación Autónoma Regional del Cauca. Administrador de Empresas Agropecuarias, Popayán, Cauca. <https://orcid.org/0009-0003-2782-6769>

2 Corporación Autónoma Regional del Cauca. Bióloga, Popayán, Cauca. <https://orcid.org/0009-0004-3364-2170>

3 Corporación Autónoma Regional del Cauca. Administrador de Empresas, Popayán, Cauca. <https://orcid.org/0009-0009-3594-817X>

Correspondencia: alegriaduban91@gmail.com

agropecuaria se posiciona como una estrategia clave que articula la producción de alimentos con la conservación y el desarrollo rural. Este enfoque no se limita a la productividad, sino que integra la rentabilidad económica con la justicia social, la viabilidad ecológica y la pertinencia cultural. Su relevancia es aún mayor en paisajes compartidos con fauna silvestre amenazada, como el oso andino (Tremarctos ornatus) y grandes felinos como el puma y el jaguar, especies que cumplen funciones ecológicas esenciales. La coexistencia humano-fauna es, por tanto, indispensable para lograr sostenibilidad. Esta no implica excluir, sino adaptar prácticas, reducir conflictos y minimizar interacciones negativas, como la caza, el uso de agroquímicos o la pérdida de hábitat, que amenazan tanto la biodiversidad como los modos de vida rurales. Ante este reto, la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) ha liderado un modelo innovador de conservación participativa que combina educación ambiental, monitoreo comunitario y proyectos demostrativos (como cultivos de agraz, galpones y Cercas eléctricas con sistemas de energía solar). Estas acciones fortalecen la convivencia entre comunidades y fauna, promoviendo el uso de herramientas como cámaras trampa y mapas de interacciones. Los resultados muestran avances significativos en conocimiento ecológico y transformación social, destacando experiencias exitosas en Puracé, Inzá, Sotará, Almaguer, Buenos Aires y Santa Rosa. Este proceso consolida un enfoque replicable de gestión territorial sostenible y conservación comunitaria.

ABSTRACT

Environmental conservation, conceived as a comprehensive process that seeks to maintain the ecological functionality of ecosystems and ensure the well-being of present and future generations, is a central pillar of environmental management in the department of Cauca. This vision goes beyond the idea of passive protection and promotes active, fair, and participatory management of natural resources, in which local communities play a fundamental role. Within this framework, agricultural sustainability is positioned as a key strategy that articulates food production with conservation and rural development. This approach is not limited to productivity but integrates economic profitability with social justice, ecological viability, and cultural relevance. Its relevance is even greater in landscapes shared with threatened wildlife, such as the Andean bear (Tremarctos ornatus) and big cats like the puma and the jaguar, species that perform essential ecological functions. Human-wildlife coexistence is, therefore, essential to achieving sustainability. This does not imply exclusion, but rather adapting practices, reducing conflicts, and minimizing negative interactions, such as hunting, the use of agrochemicals, or habitat loss, which threaten both biodiversity and rural livelihoods. Faced with this challenge, the Corporacion Autonoma Regional del Cauca (CRC) has pioneered an innovative participatory conservation model that combines environmental education, community monitoring, and demonstration projects (such as grape crops, sheds, and electric fences with solar energy systems). These actions strengthen coexistence between communities and wildlife, promoting the use of tools such as camera traps and interaction maps. The results show significant advances in ecological knowledge and social transformation, highlighting successful experiences in Puracé, Inzá, Sotará, Almaguer, Buenos Aires, and Santa Rosa. This process consolidates a replicable approach to sustainable territorial management and community conservation.

PALABRAS CLAVE:

Conservación; Sostenibilidad; Coexistencia; Participación; Monitoreo; Educación; Biodiversidad; Territorio; Fauna; Comunidades.

KEYWORDS:

Conservation; Sustainability; Coexistence; Participation; Monitoring; Education; Biodiversity; Territory; Wildlife; Communities

Agroindustria Rural, Calificación de Productos y Diversificación: El Caso del Mezcal en el Estado de México

Rural agroindustry, product qualification and diversification: The case of mezcal in the State of Mexico

THOMÉ-ORTIZ, HUMBERTO¹

RESUMEN

La conferencia analiza la agroindustria rural como una estrategia para el desarrollo sostenible en territorios rurales latinoamericanos, centrando el estudio en la experiencia de los productores de mezcal artesanal en el Estado de México. A través de un enfoque interdisciplinario respaldado por literatura científica y evidencia empírica, se abordan tres ejes fundamentales: i) la transformación local de productos agropecuarios; ii) la calificación territorial mediante figuras como la Denominación de Origen, y iii) la diversificación productiva, a través de prácticas sostenibles. El caso del mezcal permite ilustrar cómo los productores en pequeña escala articulan saberes tradicionales con procesos de innovación social para agregar valor económico y simbólico a sus productos. Se destacan elementos como el cultivo agroecológico del agave, el proceso artesanal de destilación, la creación de marcas colectivas y la inclusión de mujeres y jóvenes en las cooperativas. Asimismo, se expone cómo estas iniciativas se vinculan con el turismo rural, la conservación ambiental y la revalorización cultural del territorio. Esta presentación aporta reflexiones comparativas con otras experiencias de productos calificados en América Latina, como la panela en Colombia o el queso Cotija en México. Se concluye que la agroindustria rural con enfoque territorial puede fortalecer la resiliencia económica, social y ecológica de las comunidades. Finalmente, se plantean recomendaciones de política pública orientadas a mejorar el acceso a la certificación, fomentar la asociatividad y consolidar alianzas entre academia, productores y Estado.

1 Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Cuerpo Académico en Estudios Agroalimentarios. Doctor en Ciencias Agrarias. Toluca, México. <https://orcid.org/0000-0002-6714-3490>

PALABRAS CLAVE:

Agroindustria Rural; Latinoamérica; Desarrollo Sustentable; Indicaciones Geográficas; Sellos de Calidad; Alimentos Emblemáticos; Valorización; Mezcal; Estado de México; Denominación de Origen.

ABSTRACT

This conference analyses rural agro-industry as a strategy for the sustainable development of rural territories in Latin America, with a focus on the experience of artisanal mezcal producers in Mexico. Adopting an interdisciplinary approach supported by scientific literature and empirical evidence, the study addresses three fundamental issues: i) the local transformation of agricultural products, ii) territorial qualification through designations such as Denomination of Origin, and iii) productive diversification through sustainable practices. The case study of mezcal production illustrates how small-scale producers combine traditional knowledge with social innovation processes to add economic and symbolic value to their products. Key elements include the agroecological cultivation of agave, the artisanal distillation process, the development of collective brands, and the integration of women and young individuals into cooperatives. It also demonstrates how these initiatives are connected to rural tourism, environmental conservation, and the cultural revaluation of the region. The presentation draws comparisons with other examples of quality products in Latin America, such as panela in Colombia and Cotija cheese in Mexico. It concludes that a territorial approach to rural agro-industry can strengthen the economic, social and ecological resilience of communities. Finally, public policy recommendations are put forward aimed at improving access to certification, fostering associativity and consolidating alliances between academia, producers and the state.

KEYWORDS:

Rural agroindustry; Latin America; Sustainable development; Geographical indications; Quality seals; Emblematic foods; Valorisation; mezcal; State of Mexico; Denomination of origin.

Manejo y Conservación de Bosques de Alta Montaña: El Rol de los Actores Locales

Management and Conservation of High Mountain Forests: The Role of Stakeholders

ENDARA-AGRAMONT, ÁNGEL-ROLANDO¹; LUNA-GIL, ALMA-ABIGAIL²; ENRÍQUEZ-SÁNCHEZ, CLAUDIA-GUADALUPE³

RESUMEN

*Los bosques de alta montaña enfrentan los efectos del cambio climático, caracterizado por un aumento en las temperaturas y alteraciones en los patrones de precipitación. Por lo anterior, se establecieron más de 4,000 sitios de muestreo en cinco montañas de México y una de Bolivia. Además, se realizó un análisis climático que revela una tendencia al aumento de la temperatura de hasta 4,8 °C en el período de 1958-2023. Los resultados muestran que estos cambios han provocado un ascenso altitudinal en la distribución de especies forestales (*Pinus hartwegii*) en México y la vulnerabilidad al ataque de enfermedades forestales (*Leptosphaeria polylepidis*) en bosques de kewiña (*Polylepis tarapacana*) de Bolivia, además de alterar la composición de sus poblaciones, por un lado, la superficie de los bosques de *P. hartwegii* disminuirán, dando paso a nuevas comunidades forestales en zonas bajas; por otro, los bosques de kewiña reducirán sus densidades debido a la mortalidad ocasionada por las enfermedades forestales. Ante este panorama se concluye que,*

- 1 Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales. Dr. en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Toluca, México. <https://orcid.org/0000-0001-8413-6551>
- 2 Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales. Estudiante del Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Toluca, México. <https://orcid.org/0000-0003-0253-1991>
- 3 Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales. Especialista en Cartografía Automatizada, Teledetección y Sistemas de Información Geográfica, Toluca, México. <https://orcid.org/0009-0006-5859-0949>

Correspondencia: arendaraa@uaemex.mx

es necesario cambiar el paradigma de cómo enfrentar este decaimiento de los bosques de alta montaña, entendiendo que los procesos de adaptación de los árboles son muy lentos comparados a los cambios en el clima, por lo que, se debe de acelerar los procesos de adaptación de estos árboles a través de la migración asistida, así como inducción a la regeneración natural en rodales cercanos a los límites altitudinales arbóreos, donde ya existes ciertos mecanismos de adaptación de los árboles a las nuevas condiciones de clima, identificación de árboles con aparente resistencia al ataque de plagas y enfermedades y que sirvan de semilleros para las siguientes generaciones de bosques de alta montaña, y fomentar el manejo forestal comunitario bajo estas nuevas condiciones de manejo.

ABSTRACT

High-mountain forests are facing the effects of climate change, characterized by rising temperatures and altered precipitation patterns. Therefore, more than 4,000 sampling sites were established in five mountains in Mexico and one in Bolivia. A climate analysis was also conducted, revealing a temperature increase trend of up to 4.8°C between 1958 and 2023. The results show that these changes have caused an altitudinal increase in the distribution of forest species (*Pinus hartwegii*) in Mexico and vulnerability to attack by forest diseases (*Leptosphaeria polylepidis*) in kewiña forests (*Polylepis tarapacana*) in Bolivia, in addition to altering the composition of their populations. On the one hand, the surface area of *P. hartwegii* forests will decrease, giving way to new forest communities in lowland areas; on the other hand, kewiña forests will reduce their densities due to mortality caused by forest diseases. Given this panorama, it is concluded that it is necessary to change the paradigm of how to face this decline of high mountain forests, understanding that the adaptation processes of trees are very slow compared to changes in climate, therefore, the adaptation processes of these trees must be accelerated through assisted migration, as well as induction of natural regeneration in stands close to the tree altitudinal limits, where there are already certain adaptation mechanisms of trees to the new climate conditions, identification of trees with apparent resistance to attack by pests and diseases and that serve as seedbeds for the next generations of high mountain forests, and promote community forest management under these new management conditions.

PALABRAS CLAVE:

Manejo adaptativo; Comunidades forestales; Estrategias de manejo forestal; Cambio global; Plagas y enfermedades forestales; Alta montaña; Nevado de Toluca; Parque Nacional Sajama; Monte Tlálloc; Pico de Orizaba.

KEYWORDS:

Adaptive management; Forest communities; Forest management strategies; Global change; Forest pests and diseases; High mountains, Nevado de Toluca; Sajama National Park; Monte Tlálloc; Pico de Orizaba

Treinta Años de Investigación en Podocarpaceas en Colombia: Aprendizajes y Desafíos

Thirty Years of Research on Podocarpaceae in Colombia: Lessons Learned and Future Challenges

MARIN-VELEZ, ADRIANA-MARIA¹; RAMIREZ-CORREA, JORGE-ANDRES²

RESUMEN

Las especies de la familia Podocarpaceae son las únicas coníferas nativas de Colombia. Estas especies habitan principalmente los bosques andinos, donde se encuentran altamente amenazadas por la deforestación y la tala selectiva. Hace más de 30 años se iniciaron estudios orientados a comprender su autoecología y silvicultura, con el objetivo de promover su conservación y uso sostenible. A través de investigaciones de campo recorriendo remanentes boscosos en las cordilleras central y occidental y el establecimiento de plantaciones experimentales, se han evaluado aspectos relacionados con el hábitat, la fenología, la propagación, el manejo silvícola, el incremento de biomasa y la captura de carbono. Entre los principales resultados de los estudios se tiene que los tratamientos pregerminativos aplicados a las semillas (como la escarificación mecánica combinada con citoquinina y ácido giberélico) incrementaron la germinación hasta en un 85 % respecto al testigo. Asimismo, una fertilización temprana (entre el primer y segundo año), con niveles intermedios a altos de nitrógeno y fósforo (sin necesidad de potasio), incrementó significativamente el volumen de la especie hasta en un 25 % a largo plazo. Las plantaciones establecidas alcanzaron dimensiones relativamente bajas después de 20 años, en comparación con individuos creciendo en bosques naturales: 22 cm de diámetro, 18,1 m de altura y 159,4 m³ ha⁻¹ de volumen. La acumulación de biomasa fue de 125 Mg ha⁻¹, equivalente a 54 MgC ha⁻¹ o 194 MgCO₂e ha⁻¹. Estos resultados representan los principales hallazgos de algunos de los pocos experimentos de largo plazo con especies nativas, y evidencian la posible contribución de plantaciones a gran escala con especies locales a la mitigación del cambio climático.

1 Smurfit Westrock Colombia, Departamento de Planeación Forestal. MsC. Cali, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-5434-8016>

2 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias. PhD. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-3101-052X>

Correspondencia: j.ramirez@unicauca.edu.co

ABSTRACT

Species of the Podocarpaceae family are the only native conifers in Colombia. These species primarily inhabit the Andean forests, where they are highly threatened by deforestation and selective logging. More than 30 years ago, studies were initiated to understand their autoecology and silviculture, with the aim of promoting their conservation and sustainable use. Through field research conducted in forest remnants of the Central and Western Cordilleras, and the establishment of experimental plantations, various aspects have been evaluated, including habitat, phenology, propagation, silvicultural management, biomass accumulation, and carbon sequestration. Among the main findings, pre-germination treatments applied to seeds—such as mechanical scarification combined with cytokinin and gibberellic acid—increased germination rates by up to 85% compared to the control. Likewise, early fertilization (between the first and second year) with intermediate to high levels of nitrogen and phosphorus (without the need for potassium) significantly increased long-term volume growth by up to 25%. After 20 years, established plantations reached relatively modest dimensions compared to individuals growing in natural forests: 22 cm in diameter, 18,1 m in height, and 159,4 m³ ha⁻¹ in volume. Biomass accumulation reached 125 Mg ha⁻¹, equivalent to 54 MgC ha⁻¹ or 194 MgCO₂e ha⁻¹. These results represent the main findings from some of the few long-term experiments with native species and highlight the potential contribution of large-scale plantations with local species to climate change mitigation.

PALABRAS CLAVE:

Biomasa; Bosques naturales; Carbono; Crecimiento forestal; Plantaciones con especies nativas; *Podocarpus oleifolius*; *Prumnopitys* sp; Fertilización; Reproducción; *Retrophyllum rospigliosii*.

KEYWORDS:

Biomass; Carbon; Fertilization; Forest growth; Natural forests; Plantations with native species; *Podocarpus oleifolius*; *Prumnopitys* sp.; Reproduction; *Retrophyllum rospigliosii*

Desarrollo de Híbridos Interspecíficos de *Eucalyptus spp.*, para Enfrentar Desafíos Productivos Asociados al Cambio Climático

Development of Interspecific Hybrids of *Eucalyptus spp.*, to Face Productive Challenges Associated with Climate Change

ZACARIAS-DIAZ, GIOVANY¹

RESUMEN

El cambio climático impone desafíos significativos a la productividad de las plantaciones forestales y a la sostenibilidad de la industria del papel. Las proyecciones del IDEAM en Colombia, señalan que habrá un aumento en la temperatura media, acompañada por mayor variabilidad climática y estrés hídrico en las próximas décadas. En este contexto, los programas de mejoramiento genético de especies forestales afrontan el reto de producir genotipos con mayor adaptabilidad y resistencia a enfermedades, capaces de mantener o incrementar su productividad en condiciones ambientales cambiantes. En este sentido, el programa de mejoramiento genético de Smurfitwestrock, Colombia, ha desarrollado un programa de híbridos interspecíficos, como alternativa para la obtención de materiales genéticos con mayor capacidad de adaptación frente a las futuras variaciones climáticas. Los híbridos se obtuvieron mediante cruces controlados entre especies de *Eucalyptus spp.* y las plántulas resultantes de estos cruces se plantaron en bancos de selección clonal para identificar de forma temprana genotipos superiores de cada uno de estos. Luego de un año, se seleccionaron los mejores

1 Smurfit Westrock Colombia, Departamento de Investigación Forestal. Magister en Ciencias del Suelo. Cali, Colombia. <https://orcid.org/0009-0008-7671-9958>

Correspondencia: giovany.zacarias@smurfitwestrock.co

individuos de cada híbrido, se clonaron y se llevaron a una serie de pruebas clonales para comparar su crecimiento con los clones operativos de Eucalyptus spp. Los resultados de las mediciones del volumen y la sobrevivencia a tres años muestran la superioridad de varios de los clones de los híbridos E. grandis x E. pellita, E. grandis x E. globulus y E. urophylla x E. pellita, comparado con los clones de tercera generación de la especie pura E. grandis.

ABSTRACT

Climate change represents one of the main challenges for the productivity of forest plantations and the sustainability of the pulp and paper industry. According to projections from IDEAM in Colombia, the coming decades are expected to bring an increase in average temperature, accompanied by greater climatic variability and periods of water stress. These conditions pose significant challenges to tree breeding programs, which must generate more adaptable genotypes with greater disease resistance, capable of maintaining or even increasing their productivity under changing environmental scenarios. In response to this outlook, the tree breeding program of Smurfit WestRock Colombia has developed a strategy based on interspecific hybrids of Eucalyptus spp. as an alternative to obtain genetic material with greater adaptive capacity to future climate variations. The hybrids were obtained through controlled crosses between Eucalyptus species, and the resulting seedlings were established in clonal selection banks to enable the early identification of superior genotypes. After one year of evaluation, the most promising individuals of each hybrid were selected, cloned, and subjected to clonal trials for comparison against operational Eucalyptus clones. The results obtained at three years, based on measurements of volume and survival, demonstrate the superiority of several clones of the hybrids E. grandis x E. pellita, E. grandis x E. globulus, and E. urophylla x E. pellita when compared with third-generation clones of pure E. grandis. These findings confirm the potential of interspecific hybrids as a key tool to address the productivity challenges imposed by climate change.

PALABRAS CLAVE:

Eucaliptus; Híbridos; Especies; Clones; Heterosis; Cambio Climático; Cruces Controlados; Mejoramiento Genético; Adaptación; Volumen; Sobrevivencia.

KEYWORDS:

Eucalyptus; Hybrids; Species; Clones; Heterosis; Climate Change; Controlled Crosses; Genetic Improvement; Adaptation; Volume; Survival.

Investigación, Desarrollo e Innovación en Embalajes Biodegradables

Research, Development and Innovation in Biodegradable Packaging

VILLADA-CASTILLO, HÉCTOR-SAMUEL¹

RESUMEN

Las Instituciones de Educación Superior, son entidades fundamentales que pueden generar impactos positivos en las sociedades a través de sus egresados quienes tienen la posibilidad de actuar como pilares de desarrollo tecnológico en la medida en que su desempeño brinde oportunidades y soluciones en su área de trabajo. Uno de los temas enmarcados en la problemática ambiental es el uso indiscriminado de plásticos provenientes de recursos fósiles, los cuales no son renovables y cuya alternativa es la disposición final no son amigables con el ambiente. La Universidad del Cauca, a través de del grupo de investigación Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial -CYTBIA- de la Facultad de Ciencias Agropecuarias ha trabajado desde el año 2000, en embalajes biodegradables obtenidos de recursos agrícolas, para productos alimentarios y no alimentarios. El grupo CYTBIA ha desarrollado productos plásticos flexibles a partir de almidón de yuca, con el apoyo de otras entidades del sector público como el Ministerio de Agricultura, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Gobernación del Cauca, Sistema General de Regalías y del sector privado el Centro Regional de Productividad e Innovación del Cauca-CREPIC, ASYUMOR, ASORACA. Han participado asociaciones de rallanderos y productores de yuca del departamento del Cauca, como actores fundamentales en la producción de materiales biodegradables, que se han llevado a escala industrial y articulando estos desarrollos con empresas del sector privado y público, promoviendo la articulación de Universidad-Empresa-Estado-Sociedad-Ambiental. Ahora bien, la innovación implica la implementación de los productos creados para su uso en un mercado definido, por ejemplo: bolsas de almuerzo, bolsas publicitarias, capuchones para flores, envolturas alimentarias, productos multicapa biodegradables para empaque de diferentes productos alimentarios de consumo masivo. En este sentido, la creación de "Spin Off" o "Starp UP" se ha convertido en un reto importante en este tipo de iniciativas en embalajes biodegradables.

1 Universidad de Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias. Doctor en Ingeniería Con Énfasis en Alimentos. Popayán, Colombia, <https://orcid.org/0000-0002-5557-3215>.

PALABRAS CLAVE:

Investigación; Desarrollo; Innovación; Empaques Biodegradables; Emprendimiento; Almidón; Harina; Fibra; Yuca; Agroindustria.

ABSTRACT

Higher education institutions are fundamental entities that can generate positive impacts on societies through their graduates, who have the potential to act as pillars of technological development to the extent that their work provides opportunities and solutions in their fields. One of the issues encompassed by environmental problems is the indiscriminate use of plastics derived from fossil resources, which are non-renewable and whose alternative is final disposal and are not environmentally friendly. The University of Cauca, through the Science and Technology of Biomolecules of Agroindustrial Interest (CYTBIA) research group of the Faculty of Agricultural Sciences, has been working since 2000 on biodegradable packaging obtained from agricultural resources for food and non-food products. The CYTBIA group has developed flexible plastic products from cassava starch, with the support of other public sector entities such as the Ministry of Agriculture, the Ministry of Science and Technology, the Cauca Governorate, the General Royalties System, and the private sector, such as the Cauca Regional Center for Productivity and Innovation (CREPIC), ASYUMOR, and ASO-RACA. Associations of cassava graters and producers from the department of Cauca have participated as key players in the production of biodegradable materials, which have been taken to an industrial scale. These developments have been coordinated with private and public sector companies, promoting the connection between the University-Business-State-Society-Environment partnerships. However, innovation involves the implementation of products created for use in a defined market, for example: seed bags, advertising bags, flower caps, food wrappers, and biodegradable multi-layer products for packaging various mass-market food products. In this sense, the creation of "Spin Off" or "Start Up" has become an important challenge in this type of biodegradable packaging initiatives.

KEYWORDS:

Research; Development; Innovation; Biodegradable Packaging; Entrepreneurship; Starch; Flour; Fiber; Cassava; Agroindustrial.

Detección de Zonas Agrícolas con Aprendizaje Profundo y Google Earth Engine: Estudio Aplicado al Estado de Jalisco

Mapping Agricultural Zones with Deep Learning and Google Earth Engine: A Case Study in Jalisco, Mexico

VILLOTA-GONZÁLEZ, FREDDY-HERNÁN¹; GURUBEL-TUN, KELLY-JOEL²; MOYA-SÁNCHEZ, EDUARDO-ULISES³

RESUMEN

Este trabajo presenta un modelo Transformer para identificar cultivos en Jalisco, México, combinando imágenes satelitales (Sentinel-1, Sentinel-2) y aprendizaje profundo. Basado en la iniciativa Openmapflow de NASA Harvest, el modelo utiliza datos etiquetados globales (Geowiki Landcover de 2017) adaptados a la región, con el objetivo de diferenciar áreas cultivadas y no cultivadas, y sentar bases para monitoreo agrícola en tiempo casi real. La metodología incluyó filtrar datos específicos de México, divididos en entrenamiento, prueba y validación. Se implementó una arquitectura Transformer con PyTorch, entrenada con optimizador Adam y evaluada mediante métricas como precisión, F1-score y sensibilidad. Los datos integran series temporales de píxeles, variables climáticas (ERA-5) y topografía (SRTM). El modelo logró un 88,31 % de precisión, destacando su capacidad para minimizar falsos positivos (96,55 % de precisión) y captar patrones estacionales. En pruebas cerca de la Zona Metropolitana de Guadalajara, el modelo distinguió efectivamente cultivos (áreas verdes) de

- 1 Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Centro de Posgrados. Doctor en Agua y Energía. Tonalá, México. <https://orcid.org/0000-0003-4413-6623>
- 2 Universidad de Guadalajara, Departamento de Agua y Energía. Doctorado en ciencias. Tonalá, México. <https://orcid.org/0000-0001-9999-9018>
- 3 Gobierno de Jalisco, Coordinación General de Innovación Gubernamental. Doctorado. Guadalajara, México. <https://orcid.org/0000-0002-5123-4881>

Correspondencia: freddyvillota@gmail.com

zonas urbanas y vegetación no cultivada (amarillo), demostrando su aplicabilidad en contextos reales. Entre las limitaciones, se identificaron desafíos técnicos como el poder computacional requerido para escalar el modelo y la necesidad de incluir más cultivos locales. Sin embargo, los resultados reflejan el potencial de adaptar modelos globales con datos regionales, mejorando la exactitud para agricultura de precisión. Como conclusión, este trabajo evidencia que los enfoques basados en Transformers y datos satelitales son viables para optimizar la gestión agrícola en Jalisco. El modelo no solo ofrece una herramienta para mapear cultivos, sino que también impulsa futuras investigaciones hacia sistemas integrales de monitoreo, contribuyendo a la seguridad alimentaria y sostenibilidad en la región.

ABSTRACT

This study presents a Transformer-based model for crop identification in Jalisco, Mexico, leveraging satellite imagery (Sentinel-1, Sentinel-2) and deep learning. Built on NASA Harvest's Openmapflow framework, the model integrates globally labeled datasets (Geowiki Landcover 2017) tailored to regional conditions, aiming to distinguish cultivated from non-cultivated areas and establish a foundation for near-real-time agricultural monitoring. The methodology involved filtering Mexico-specific data, split into training (70%), testing (20 %), and validation (10 %). Transformer architecture was implemented using PyTorch, trained with the Adam optimizer, and evaluated through metrics such as accuracy, F1-score, and recall. Input data included temporal pixel series, ERA-5 climate variables, and SRTM topography. The model achieved 88,31 % accuracy, demonstrating strong performance in minimizing false positives (96,55 % precision) and capturing seasonal patterns. When tested near the Guadalajara Metropolitan Area, it effectively differentiated croplands (green zones) from urban areas and non-cultivated vegetation (yellow), proving its practicality in real-world scenarios. Key limitations included computational constraints for scaling the model and the need to incorporate additional local crop types. However, results underscore the potential of adapting global models with regional data to enhance precision agriculture applications. In conclusion, this work highlights the viability of Transformer architectures combined with satellite data for optimizing agricultural management in Jalisco. The model not only provides a tool for crop mapping but also drives future research toward comprehensive monitoring systems, supporting food security and agricultural sustainability in the region.

PALABRAS CLAVE:

Clasificación de cultivos; Modelo Transformer; Aprendizaje profundo; Datos satelitales; Jalisco – México; Monitoreo agrícola; Datos climáticos; Openmapflow; NASA Harvest; Sostenibilidad agrícola; Seguridad alimentaria.

KEYWORDS:

Crop classification; Transformer model; Deep learning; Satellite data; Jalisco – Mexico; Agricultural monitoring; Climate data; Openmapflow; NASA Harvest; Agricultural sustainability; Food security

Inteligencia Artificial: Revolucionando el Futuro de las Ciencias Agrarias, Agroindustriales y Forestales

Artificial Intelligence: Revolutionizing the Future of Agricultural, Agroindustrial, and Forestry Sciences

ZÚÑIGA-GRAJEDA, VIRGILIO¹

RESUMEN

La inteligencia artificial (IA) se ha consolidado como una de las tecnologías más disruptivas del siglo XXI y su impacto en los sectores agrario, agroindustrial y forestal es cada vez más evidente. Frente a los retos globales de la seguridad alimentaria, el cambio climático y la sostenibilidad de los ecosistemas, la IA ofrece soluciones innovadoras que permiten optimizar procesos, mejorar la productividad y fortalecer la resiliencia. En el ámbito agrícola, la agricultura de precisión integra sistemas de riego inteligente, sensores y modelos predictivos para estimar rendimientos y reducir el uso de insumos. En la agroindustria, la visión por computadora y la robótica facilitan la clasificación automatizada de productos, la detección temprana de plagas y enfermedades, y la eficiencia en las cadenas de valor. En el área forestal, la teledetección y el aprendizaje automático se emplean en el monitoreo de incendios, la conservación de la biodiversidad y la gestión sustentable de los recursos. Junto a estas oportunidades surgen también desafíos éticos y técnicos relacionados con la calidad y accesibilidad de los datos, la transparencia de los algoritmos y la inclusión tecnológica en comunidades rurales. Tendencias emergentes como la agricultura vertical inteligente, la inteligencia artificial explicable (XAI) y la integración de ecosistemas digitales muestran un futuro donde las ciencias agrarias, agroindustriales y forestales avanzan hacia una mayor sostenibilidad y resiliencia.

1 Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Tonalá. PhD. Tonalá, México. <https://orcid.org/0000-0002-8248-0604>

Correspondencia: virgilio.zuniga@academicos.udg.mx

PALABRAS CLAVE:

Inteligencia artificial; Agricultura de precisión; Agroindustria; Silvicultura; Aprendizaje automático; Teledetección; Internet de las cosas (IoT); Agricultura sostenible; Robótica agrícola; Modelos predictivos.

ABSTRACT

Artificial intelligence (AI) has become one of the most disruptive technologies of the 21st century, and its impact on the agricultural, agroindustrial, and forestry sectors is increasingly evident. In the face of global challenges such as food security, climate change, and ecosystem sustainability, AI provides innovative solutions to optimize processes, enhance productivity, and strengthen resilience. In agriculture, precision farming integrates intelligent irrigation systems, sensors, and predictive models to estimate yields and reduce input usage. In agroindustry, computer vision and robotics enable automated product classification, early detection of pests and diseases, and greater efficiency across value chains. In forestry, remote sensing and machine learning are applied to wildfire monitoring, biodiversity conservation, and the sustainable management of resources. Alongside these opportunities, ethical and technical challenges arise, including data quality and accessibility, algorithm transparency, and inclusive adoption in rural communities. Emerging trends such as smart vertical farming, explainable artificial intelligence (XAI), and the integration of digital ecosystems highlight a future in which agricultural, agroindustrial, and forestry sciences move toward greater sustainability and resilience

KEYWORDS:

Artificial intelligence; Precision agriculture; Agroindustry; Forestry; Machine learning; Remote sensing; Internet of Things (IoT); Sustainable agriculture; Agricultural robotics; Predictive models.

Innovación Agroecológica: Aplicación de Biofertilizantes en la Agricultura

Agroecological Innovation: Application of Biofertilizers in Agriculture

PEREZ-LUNA, YOLANDA-DEL-CARMEN¹

RESUMEN

La presión de las actividades humanas sobre los ecosistemas naturales y los territorios ha ido en aumento, provocando efectos ambientales negativos que disminuyen la calidad de vida de sus habitantes actuales y futuros. En ese sentido, la innovación agrícola es un proceso continuo realizado por campesinos para mejorar sus sistemas de producción en búsqueda de la satisfacción de sus necesidades sin generar impacto negativo sobre los recursos naturales y maximizando el aprovechamiento de los recursos con los que cuentan, además de fortalecer sus sistemas de producción asociados a otros cultivos, incluyendo prácticas agroecológicas, aplicación de enmiendas orgánicas y el establecimiento de cultivos de cobertura/abonos verdes y la aplicación de biofertilizantes, estos últimos son insumos formulados con uno o varios microorganismos, los cuales proveen o mejoran la disponibilidad de nutrientes cuando se aplican a los cultivos y se definen como preparados de células vivas o latentes de cepas microbianas eficientes fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo o potenciadoras de diversos nutrientes, además de proteger a la raíz ante el ataque de patógenos, dotar de resistencia a las plantas ante condiciones de estrés abiótico en el suelo, mejoramiento de la calidad de éste, aumento en la diversidad, productividad y rendimiento de los cultivos prescindiendo del uso de fertilizantes sintéticos, cuyo costo elevado y efectos adversos los hacen menos necesarios. Aparte de todo esto, la innovación agroecológica también incluye el desarrollo de ciertas actividades en donde la participación de los productores es esencial, tal es el caso de esquemas para el intercambio de experiencias exitosas, establecimiento de Las redes solidarias, manejo agroecológico y por supuesto la vinculación con las instituciones de educación a través de la investigación aplicada en conjunto con el conocimiento y experiencia de los productores.

1 Universidad Politécnica de Chiapas, Cuerpo Académico de Investigación y Desarrollo Agroindustrial. PhD. Tuxtla-Gutiérrez, México. <https://orcid.org/0000-0003-3882-6660>

PALABRAS CLAVE:

Microorganismos; Biofertilizantes; Innovación agroecológica; Abonos verdes; Enmiendas orgánicas; Agroecología; Hongos micorrízicos; Vinculación; Maíz; Biofermentos.

ABSTRACT

The pressure of human activities on natural ecosystems and territories has been increasing, causing negative environmental effects that diminish the quality of life of current and future inhabitants. In this sense, agricultural innovation is a continuous process carried out by farmers to improve their production systems in pursuit of meeting their needs without generating a negative impact on natural resource and maximizing the use of available resources. This is in addition to strengthening their production systems associated with other crops, including agroecological practices, application of organic amendments and the establishment of cover crops/green manures and the application of biofertilizers, the latter are inputs formulated with one or more microorganisms, which provide or improve the availability of nutrients when applied to crops and are defined as preparations of live or dominant cells of efficient microbial strains that fix nitrogen, solubilize phosphorus or enhance various nutrients, in addition to protecting the root against the attack of pathogens, providing plants with resistance to abiotic stress conditions in the soil, improving its quality, increasing diversity, productivity and yield of crops without the use of synthetic fertilizers, whose high cost and adverse effects make them less necessary. Aside from all this, agroecological innovation also includes the development of certain activities where producer participation is essential, such as schemes for the exchange of successful experiences, the establishment of solidarity networks, agroecological management, and, of course, links with educational institutions through applied research combined with the knowledge and experience of producers.

KEYWORDS:

Microorganisms; Biofertilizers; Agroecological innovation; Green manures; Organic amendments; Agroecology, Mycorrhizal fungi; Bonding; Corn; Bioferments

Evaluación Bioinformática del Potencial Medicinal de los Fitoconstituyentes de la Hoja de Coca y su Aplicación en Enfermedades Neurodegenerativas*

Bioinformatic Evaluation of Medicinal Potential of the Phytoconstituents of The Coca Leaf and their Application in Neurodegenerative Diseases

ROSERO-MADROÑERO, JAVIER-FERNANDO¹; REYES-CARVAJAL, INGRID-YESENIA²; CASTILLO-ORDOÑEZ, WILLIAN-ORLANDO³

RESUMEN

La evaluación bioinformática de los fitoconstituyentes presentes en la hoja de coca ofrece un panorama prometedor en el campo de las enfermedades neurodegenerativas, especialmente en la enfermedad de Alzheimer. La bioinformática, como disciplina que integra biología, informática y matemáticas, constituye una herramienta estratégica para el análisis de interacciones moleculares y la predicción de propiedades farmacocinéticas, lo que contribuye a optimizar procesos

* Proyecto de origen: Prototipado de productos elaborados con coca a partir de extractos y hoja seca/fresca en los resguardos de Toribío, San Francisco y Tacueyó (Cauca). Financiación: SENNOVA Culminación: 30 de diciembre de 2025.

1 Servicio Nacional de Aprendizaje, Centro de Comercio y Servicios regional Cauca. MSc. Popayán, Colombia <https://orcid.org/0000-0001-5076-2749>

2 Servicio Nacional de Aprendizaje, Centro de Comercio y Servicios regional Cauca, Grupo de investigación en Toxicología Genética y Citogenética. MSc. Popayán, Colombia <https://orcid.org/0000-0003-3751-3865>

3 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación, Departamento de Biología. Grupo de Investigación en Microscopía y Análisis de Imágenes. PhD. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-9138-1248>

de descubrimiento de fármacos al reducir costos y riesgos asociados a la experimentación tradicional. Diversos alcaloides identificados en la hoja de coca, como higrina, cuscohigrina, tropina, metilecgonina, ecgonina y cinnamoilco- caína, han sido señalados como compuestos con estructuras de interés far- macológico, debido a su potencial capacidad de modular enzimas clave como la acetilcolinesterasa (AChE) y la butirilcolinesterasa (BChE). Estas enzimas se encuentran directamente implicadas en la hipótesis colinérgica del Alzhei- mer, que relaciona la deficiencia de acetilcolina con los déficits de memoria y aprendizaje característicos de la enfermedad. El análisis in silico mediante SwissADME permitió evaluar propiedades ADMET, así como la absorción in- testinal y la permeabilidad a la barrera hematoencefálica mediante el modelo BOILED-Egg, mientras que los estudios de docking molecular con AutoDock aportaron información sobre las energías de interacción ligando-enzima, re- flejadas en afinidades energéticas negativas de interés farmacológico. Los resultados sugieren que varios alcaloides presentan perfiles compatibles con la actividad terapéutica potencial. No obstante, se reconoce que las simulacio- nes computacionales no reproducen completamente la complejidad biológica, por lo que resulta indispensable complementar estos hallazgos con dinámicas moleculares, inteligencia artificial y ensayos experimentales que permitan va- lidar su eficacia y seguridad en contextos clínicos.

ABSTRACT

The bioinformatic evaluation of phytoconstituents from coca leaves provides new insights into their potential role against neurodegenerative diseases, particularly Alzheimer's disease. Bioinformatics, as an integrative discipline combining biology, informatics, and mathematics, enables the prediction of mole- cular interactions and pharmacokinetic properties, optimizing drug discovery processes by reducing experimental costs and risks. Several alkaloids from coca leaves, including hygrine, cuscohygrine, tropine, methylecgonine, ecgo- nine, and cinnamoylcocaine, exhibit pharmacological relevance due to their possible modulation of key enzymes such as acetylcholinesterase (AChE) and butyrylcholinesterase (BChE). These enzymes play a critical role in the choli- nergic hypothesis of Alzheimer's disease, which associates acetylcholine defi- ciency with memory and learning impairments. In silico analyses using Swis- sADME enabled the evaluation of ADMET properties, intestinal absorption, and blood-brain barrier permeability through the BOILED-Egg model, while molecular docking studies with AutoDock provided interaction energies that revealed promising binding affinities. The results suggest that certain alka- loids possess favorable pharmacological profiles compatible with therapeutic activity. However, computational simulations cannot fully replicate biological complexity; therefore, molecular dynamics, artificial intelligence approaches, and experimental validation in vitro, in vivo, and clinical trials are required to confirm efficacy and safety.

PALABRAS CLAVE:

Hoja de coca; Alcaloides; Bioinformática; Docking molecular; Enfermedades neurodegenerativas; Fitoconstituyentes; Cuscohigrina; Tropina; Metilecgonina; Ecgonina

KEYWORDS:

Coca leaf; Alkaloids; Bioinformatics; Molecular docking; Neurodegenerative diseases; Phytoconstituents; Cuscohygrine; Tropine; Methylecgonine; Ecgonin

Curva de Crecimiento y Extracción de Nutrientes de *Cannabis sativa* L*

Growth and Nutrient Uptake Curves of *Cannabis sativa* L.

ALZATE-CATAÑO, LUISA YULIANA¹; MEJÍA-MONTOYA, JHON WILSON²; DE-LOS-RIOS, JUAN PABLO³

RESUMEN

La comprensión de la dinámica de absorción de nutrientes en los cultivos es esencial para optimizar su manejo agronómico, mejorar la eficiencia en el uso de fertilizantes y reducir el impacto ambiental. En *Cannabis sativa* L., las restricciones legales han limitado la investigación agronómica, situación desfavorable frente a la creciente demanda del mercado medicinal e industrial por productos de calidad, inocuos y estandarizados. Esta investigación tuvo como objetivo conocer la dinámica de extracción de nutrientes y la curva de crecimiento de un cultivar no psicoactivo de *C. sativa* L., en un ambiente protegido con cubierta plástica y sistema de fertirriego. Las plantas, obtenidas a partir de esquejes enraizados, se evaluaron durante 89 días. Se realizaron seis muestreos a los 19, 34, 47, 61, 75 y 89 días después del trasplante (ddt). En cada evaluación se consideraron tres repeticiones independientes de cinco plantas. Se registraron variables de crecimiento alométrico y extracción de nutrientes. Las variables de crecimiento siguieron un modelo polinomial de tercer grado, con la mayor tasa de acumulación de materia seca a los 75 ddt, alcanzando 6,04 g/día. El periodo de mayor absorción de macronutrientes se presentó entre los 47 y 61 ddt, mientras que para micronutrientes ocurrió entre los 61 y 75 ddt. La floración se inició a los 47 ddt, coincidiendo con los cambios en la dinámica de absorción de nutrientes. Las curvas de extracción mostraron una mayor demanda de nitrógeno, calcio, potasio y hierro en ambas fases fenológicas.

* Proyecto de origen: Curva de crecimiento y extracción de nutrientes de *Cannabis sativa* L. Financiación: Green element. Culminación: 31 de diciembre de 2024

1 Universidad Nacional de Colombia, Departamento de ciencias agronómicas. Estudiante de ingeniería agronómica. Medellín, Colombia. <https://orcid.org/0009-0000-6911-7491>

2 Universidad Nacional de Colombia, Departamento de ciencias agronómicas. Magíster en Ciencias Agrarias. Medellín, Colombia. <https://orcid.org/0009-0004-5777-3749>

3 Universidad Nacional de Colombia, Departamento de ciencias agronómicas. Ingeniero agrónomo. Medellín, Colombia. <https://orcid.org/0009-0003-7635-3259>

PALABRAS CLAVE:

Crecimiento; Absorción; Nutrientes; Micronutrientes; Macronutrientes; Materia seca; Cultivar no psicoactivo; Cannabis; Acumulación; Fertirriego.

ABSTRACT

Understanding the nutrient uptake dynamics in crops is essential for optimizing their agronomic management, improving fertilizer use efficiency, and reducing environmental impact. In Cannabis sativa L., legal restrictions have limited agronomic research, creating a disadvantage in meeting the growing demand from medicinal and industrial markets for high-quality, safe, and standardized products. This study aimed to determine the nutrient extraction dynamics and growth curve of a non-psychoactive C. sativa L. cultivar, in a protected environment with plastic cover and fertigation system. Plants obtained from rooted cuttings were evaluated over 89 days. Six sampling dates were conducted at 19, 34, 47, 61, 75, and 89 days after transplanting (dat). Each evaluation included three independent replications of five plants. Allometric growth variables and nutrient extraction were recorded. Growth variables followed a third-degree polynomial model, with the highest dry matter accumulation rate recorded at 75 dat, reaching 6.04 g/day. The period of greatest macronutrient uptake occurred between 47 and 61 dat, while micronutrient uptake was highest between 61 and 75 dat. Flowering began at 47 dat, coinciding with changes in nutrient absorption dynamics. Extraction curves indicated a higher demand for nitrogen, calcium, potassium, and iron during both vegetative and reproductive phases.

KEYWORDS:

Growth; Uptake; Nutrients; Micronutrients; Macronutrients; Dry matter; Non-psychoactive cultivar; Cannabis; Accumulation; Fertigation.

Alternativas Arbustivas y Arbóreas para Silvopastoreo de Clima Medio*

Shrub and Tree Alternatives for Medium Climate Silvopasture

CHACÓN-FERNÁNDEZ, INGRITH-DAYANA¹; BOLAÑOS-HOYOS, VALENTINA²;
BURBANO-MUÑOZ, VÍCTOR-ANDRÉS³; VIVAS-QUILA, NELSON-JOSÉ⁴

RESUMEN

La ganadería ecoeficiente se apoya en los sistemas silvopastoriles para lograr una producción rentable y sostenible, es fundamental conocer la calidad agronómica y nutricional de especies forrajeras adecuadas para climas medios, lo que contribuye a mejorar la producción regional. Además, la ganadería transforma forrajes no aptos para consumo humano en proteínas como carne y leche. La investigación tuvo como objetivo evaluar la adaptación agronómica y el potencial nutricional de especies arbustivas y/o arbóreas para sistemas silvopastoriles de clima medio del departamento del Cauca. Un total de 15 especies fueron establecidas a 1800 msnm, temperatura media de 19 °C y precipitación anual de 1941 mm; se utilizó un diseño de bloques completos al azar, conformado por 3 bloques, en cada bloque se sembraron 15 tratamientos, y para cada tratamiento se establecieron 10 plantas (450 n). Se midieron variables agronómicas y composición nutricional cada 60 días después del corte de estandarización. Se realizó un Análisis de Varianza y cuando se identificaron diferencias entre los tratamientos se aplicó la prueba de comparación de medias de Duncan ($p =$

* Proyecto de origen: Evaluación Agronómica y Nutricional de Especies Arbustivas Arbóreas en Clima Medio, Enlazado a la tesis doctoral del profesor Víctor Burbano. Financiación: Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad del Cauca. Culminación: 05 de noviembre de 2024.

- 1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de investigación NUTRICAFA. Ingeniera Agropecuaria, Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0004-1464-5974>
- 2 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de investigación NUTRICAFA, Ingeniera Agropecuaria, Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0004-1464-5974>
- 3 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de investigación NUTRICAFA. Candidato a Doctor en Ciencias Agrarias, Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0004-1464-5974>
- 4 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de investigación NUTRICAFA, Doctor en Ciencias Agrarias, Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0004-1464-5974>.

0,05); Se destacaron cinco especies por su adaptación; *Tithonia diversifolia*, *Clibadium surinamense* y *Montanoa quadrangularis* mostraron los mejores resultados ($p = 0,05$), con vigor de 4,7;4,6;4,8; altura de 2,0;1,3;1,3 m; diámetro de 2,1;1,3;2,3 m; y producción de materia seca de 531,6; 310,8;159,0 g/planta, respectivamente; en cuanto a calidad nutricional, *Tithonia diversifolia*, *Montanoa quadrangularis* y *Sambucus nigra* alcanzaron altos contenidos de proteína (30, 27 y 27 %); por su parte *Sambucus nigra*, *Montanoa quadrangularis* y *Morus alba* presentaron los niveles más bajos de FDN (22; 22;24 %) y FDA (11;16;10 %); además, *Sambucus nigra* y *Morus alba* destacaron por su mayor digestibilidad, con valores de DIVMS del 81 y 80 %, respectivamente. Los resultados demuestran que estas especies fortalecen la oferta forrajera y promueven una ganadería más sostenible y eficiente en la región.

PALABRAS CLAVE:

Ganadería; Arbustos; Árboles; Ecoeficiente; Rentable; Agronómica; Nutricional; Forraje; Calidad; Materia Seca; Proteína; Fibra.

ABSTRACT

Eco-efficient livestock farming relies on silvopastoral systems to achieve profitable and sustainable production. It is essential to understand the agronomic and nutritional quality of forage species suitable for mid-altitude climates, as this contributes to improving regional productivity. Additionally, livestock farming transforms forages that are not suitable for human consumption into consumable proteins such as meat and milk. This research aimed to evaluate the agronomic adaptation and nutritional potential of shrub and/or tree species for silvopastoral systems in the mid-altitude climate of the Cauca department. A total of 15 species were established at 1800 meters above sea level, with an average temperature of 19 °C and an annual rainfall of 1941 mm. A randomized complete block design was used, consisting of 3 blocks. In each block, 15 treatments were planted, with 10 plants per treatment (450 plants in total). Agronomic variables and nutritional composition were measured every 60 days after the standardization cut. An analysis of variance (ANOVA) was performed, and when differences between treatments were found, Duncan's multiple range test was applied ($p = 0,05$). Five species stood out for their adaptation: *Tithonia diversifolia*, *Clibadium surinamense*, and *Montanoa quadrangularis* showed the best results ($p = 0,05$), with vigor ratings of 4,7; 4,6, and 4,8; heights of 2,0; 1,3 and 1,3 m; diameters of 2,1: 1,3 and 2,3 m; and dry matter production of 531,6; 310,8 and 159,0 g/plant, respectively. In terms of nutritional quality, *Tithonia diversifolia*, *Montanoa quadrangularis*, and *Sambucus nigra* achieved high protein contents (30, 27 and 27 %). *Sambucus nigra*, *Montanoa quadrangularis*, and *Morus alba* presented the lowest levels of NDF (22, 22 and 24 %) and ADF (11, 16 and 10 %). Furthermore, *Sambucus nigra* and *Morus alba* stood out for their higher digestibility, with in vitro dry matter digestibility (IVDMD) values of 81 and 80 %, respectively. The results demonstrate that these species strengthen forage supply and promote a more sustainable and efficient livestock system in the region.

KEYWORDS:

Livestock; Shrubs; Trees; Eco-efficient; Profitable; Agronomics; Nutrition; Forage; Quality; Dry Matter; Protein; Fiber.

Modelo de Producción Limpia en Mora sin Espina (*Rubus glaucus* Benth): Resultados y Metodologías Participativas en Risaralda*

Clean Production Model for Thornless Blackberry (*Rubus glaucus* Benth): Participatory Strategies and Agroecological Outcomes in Risaralda, Colombia

PATIÑO-MARTÍNEZ, ANDRÉS-ALFONSO¹; PALACIOS-CASTRO SHIRLEY²; CÁRDENAS-GRAJALES, GLORIA-INÉS³; ÁLVAREZ, LILIANA-MARÍA⁴; BETANCOURTH-VÁSQUEZ, MÓNICA⁵

- 1 Corporación Universitaria De Santa Rosa De Cabal - UNISARC, Grupo de investigación: Sistemas Sostenibles de Producción Agrícola. M.Sc. Santa Rosa de Cabal, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-0602-2422>
- 2 Corporación Universitaria De Santa Rosa De Cabal - UNISARC, Grupo de investigación: Sistemas Sostenibles de Producción Agrícola. Ph.D. Santa Rosa de Cabal, Colombia <https://orcid.org/0000-0002-0063-1828>
- 3 Corporación Universitaria De Santa Rosa De Cabal - UNISARC, Grupo de investigación: Sistemas Sostenibles de Producción Agrícola. M.Sc. Santa Rosa de Cabal, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-4247-8726>
- 4 Corporación Universitaria De Santa Rosa De Cabal - UNISARC, Grupo de investigación: Sistemas Sostenibles de Producción Agrícola. M.Sc. Santa Rosa de Cabal, Colombia. <https://orcid.org/0009-0001-5014-5879>
- 5 Corporación Colombiana De Investigación – AGROSAVIA. Ph.D. Mosquera. Colombia <https://orcid.org/0000-0002-6702-9524>

Correspondencia: decagricolas@unisarc.edu.co

RESUMEN

Esta investigación implementó un modelo de producción limpia en el cultivo de mora sin espina (*Rubus glaucus* Benth.) en Risaralda, definido como un sistema que minimiza insumos sintéticos mediante prácticas ecológicas integradas, para comprender la realidad económica, social, ambiental y productiva de los moricultores, ajustar el paquete tecnológico, caracterizar los suelos asociados y evaluar el manejo convencional frente al alternativo de plagas y enfermedades. Mediante enfoque participativo con 365 agricultores y análisis multivariado con técnica de correspondencias múltiples, se identificaron clústeres de productores y sus percepciones sobre insectos fitófagos y enfermedades. Se caracterizaron suelos de 113 predios identificando cuatro clústeres edáficos, predominando la Consociación Santa Isabel, y se evaluó el manejo de plagas (*Frankliniella* aff. *panamensis* y *Neohydatothrips burungae*, con distribución agregada y correlación negativa con temperatura máxima) y enfermedades (*Colletotrichum* spp., *Oidium* sp. y *Peronospora sparsa*). Los resultados demostraron mediante pruebas t-student y Kruskal-Wallis que el manejo biológico resultó igual o más efectivo que el convencional. Basado en estos hallazgos, en un cultivo piloto de 463 plantas se implementó nutrición fundamentada en análisis de suelos, monitoreo sistemático, biocontroladores y labores culturales consensuadas, reduciendo significativamente los insumos sintéticos. El modelo desarrollado destacó por su sostenibilidad ambiental, incremento en productividad y fortalecimiento de capacidades locales, ofreciendo un esquema replicable para la moricultura regional.

PALABRAS CLAVE:

Producción limpia; *Rubus glaucus*; Agroecología; Manejo integrado de plagas; Investigación participativa; Agricultura sostenible; Control biológico; Salud del suelo; Agricultura campesina; Colombia.

ABSTRACT

This research implemented a clean production model in thornless blackberry cultivation (*Rubus glaucus* Benth.) in Risaralda, defined as a system minimizing synthetic inputs through integrated ecological practices, to understand growers' economic, social, environmental, and productive realities, adjust technological packages, characterize associated soils, and evaluate conventional versus alternative pest and disease management. Through a participatory approach with 365 farmers and multivariate analysis using multiple correspondence techniques, producer clusters and their perceptions of phytophagous insects and diseases were identified. Soils from 113 properties were characterized, identifying four edaphic clusters with Santa Isabel Consociation predominating, and management of pests (*Frankliniella* aff. *panamensis* and *Neohydatothrips burungae*, showing aggregated distribution and negative correlation with maximum temperature) and diseases (*Colletotrichum* spp., *Oidium* sp., and *Peronospora sparsa*) was evaluated. Results demonstrated through t-student and Kruskal-Wallis tests that biological management was equally or more effective than conventional approaches. Based on these findings, in a pilot crop of 463 plants, nutrition based on soil analysis, systematic monitoring, biocontrollers, and agreed cultural practices were implemented, significantly reducing synthetic inputs. The developed model stood out for its environmental sustainability, increased productivity, and strengthening of local capacities, offering a replicable scheme for regional blackberry cultivation.

KEYWORDS:

Clean production; *Rubus glaucus*; Agroecology; Integrated pest management; Participatory research; Sustainable agriculture; Biocontrol; Soil health; Smallholder farming; Colombia.

Niveles de Inclusión y Contenido Químico de Ensilados a Base de Pulpa de Calabaza y Pollinaza*

Inclusion Levels and Chemical Content of Silage Based on Pumpkin Pulp and Poultry Litter

TRUJILLO-GUTIÉRREZ, DANIEL¹; URIBE-PALACIOS, DAVID²; MERLOS-BRITO, MAYRA-ISELA³; DOMÍNGUEZ-VARA, IGNACIO-ARTURO⁴; CARRILLO-HERNÁNDEZ, SIRLEY⁵

RESUMEN

La pulpa de calabaza (Cucurbita argyrosperma) (CAL) tiene alto contenido de azúcares, lo que propicia su rápida fermentación e impide su aprovechamiento por el ganado. Pero, el reciclaje de subproductos agrícolas mediante ensilaje puede reducir costos de producción en los sistemas ganaderos. Además, si se adiciona pollinaza (PO) puede conformarse un alimento nutritivo e inocuo. El objetivo fue estimar la composición química y los modelos predictivos de los niveles óptimos de inclusión de CAL y PO en ensilados. Se formularon 4 tratamientos (g/kg BH, base húmeda) de la combinación

* Proyecto de origen: Características fermentativas de micro ensilados con distintos niveles de pulpa de calabaza y pollinaza deshidratada. Financiación: Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Culminación: 10 de octubre de 2024.

1 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Doctor en ciencias. Toluca, Estado de México, México. <https://orcid.org/0000-0002-6048-8939>.

2 Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Centro de Estudios Profesionales. Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Iguala, Guerrero, México. <https://orcid.org/0009-0009-6085-1097>

3 Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Centro de Estudios Profesionales. Maestra en Ciencias. Iguala, Guerrero, México. <https://orcid.org/0009-0000-8820-4689>

4 Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Doctor en Ciencias. Toluca, Estado de México, México. <https://orcid.org/0000-0001-9718-8318>.

5 Universidad Autónoma del Estado de México. Doctora en Ciencias. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales. Toluca, Estado de México, México. <https://orcid.org/0000-0002-3804-9139>.

Correspondencia: trujillo.daniel@inifap.gob.mx

de 2 niveles de CAL (CAL+, 135 y CAL-, 115) $\times$ 2 niveles de PO (PO+, 215 y PO-, 195) con melaza de caña, rastrojo de maíz y agua, más un punto central (CAL, 125 y PO, 205) en un diseño factorial completo. Al término del periodo de ensilaje se determinó composición química y se estimaron los modelos predictivos con sus gráficos de contorno del área de experimentación. Se observó que, el contenido de materia seca (MS) y hemicelulosa fueron afectados por la interacción de CAL $\times$ PO ($p<0,05$), pero para el resto de las variables no hubo diferencia. Los modelos de predicción resultaron significativos ($p<0,05$) para todas las variables, excepto para fibra detergente neutro (FDN) y ácida (FDA) con pérdida de ajuste. Lo que indica que, en la superficie de respuesta (RSM) hay una curvatura; por lo que, los niveles de CAL y PO afectan su magnitud. Además, el contenido de FDN y FDA en el punto estacionario fue 396,45 y 219,28 g/kg BH, respectivamente. Se concluye que, la composición química de los ensilados fue similar entre tratamientos, excepto para MS y hemicelulosa. Los modelos de predicción para FDN y FDA mostraron curvatura en la RSM, por lo que la combinación de CAL y PO afecta el contenido de nutrientes de los ensilados.

ABSTRACT

Pumpkin pulp (*Cucurbita argyrosperma*) (PUP) has a high sugar content, which promotes rapid fermentation and prevents its use by livestock. However, recycling agricultural by-products through ensilage can reduce production costs in livestock systems. Furthermore, if poultry litter (PL) is added, a nutritious and safe food can be formed. The objective was to estimate the chemical composition and predictive models for optimal inclusion levels of PUP and PL in silages. Four treatments (g/kg WM, wet matter) were formulated from the combination of 2 levels of PUP (PUP+, 135 and PUP-, 115) $\times$ 2 levels of PL (PL+, 215 and PL-, 195) with sugarcane molasses, corn stover and water, plus a central point (PUP, 125 and PL, 205) in a full factorial design. At the end of the ensiling period, chemical composition was determined and prediction models were estimated using contour plots of the experimental area. It was observed that dry matter (DM) and hemicellulose contents were affected by the PUP $\times$ PL interaction ($p<0,05$) but there was no difference for the rest of the variables. The prediction models were significant ($p<0,05$) for all variables, except for neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF), with a loss of fit. This indicates that there is a curvature in the response surface (RSM); therefore, the levels of PUP and PL affect its magnitude. Furthermore, the NDF and ADF contents at the stationary point were 396,45 and 219,28 g/kg WM, respectively. It is concluded that the chemical composition of the silages was similar between treatments, except for DM and hemicellulose. The prediction models for NDF and ADF showed curvature in the RSM, so the combination of PUP and PL affects the nutrient content of silages.

PALABRAS CLAVE:

Pulpa; Calabaza; Pollinaza, Ensilaje, Bromatológico; Óptimos; Modelos; N No Proteico; Diseño Factorial Completo; Diseño de Experimentos.

KEYWORDS:

Pulp; Pumpkin; Poultry Litter; Silage; Bromatological; Optimum; Models; Non-Protein N; Full Factorial Design; Design of Experiments.

Evaluación de Parámetros Productivos mediante la Inclusión de Especies Vegetales Alternativas en Pollos de Engorde en el Occidente Del Huila*

Evaluation of Productive Parameters through the Inclusion of Alternative Plant Species in Broiler Chickens in Western Huila

PIZO-OSSA, MIGUEL-ADOLFO¹; RAMÍREZ-CUENCA, WILLIAM-EDUARDO²; RAMÍREZ-CUENCA, MAIRALEJANDRA³; MEDINA-PAREDES, TATIANA-DEL PILAR⁴

RESUMEN

El incremento en los costos de los concentrados comerciales ha incentivado la búsqueda de insumos locales en la alimentación avícola, particularmente en sistemas de producción familiar. En este contexto, el uso de especies vegetales alternativas se plantea como una estrategia viable, sostenible y económicamente accesible. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de dietas con diferentes proporciones de concentrado comercial y especies vegetales alternativas sobre parámetros productivos y económicos en pollos de engorde. Se emplearon 400 pollos línea COBB distribuidos aleatoriamente en cinco tratamientos dietarios: Dieta 1 (100 % concentrado comercial), Dieta 2 (100 % alternativa), compuesta por nacedero

* Proyecto de origen: Evaluación del rendimiento productivo y económico de dietas alternativas en especies menores de la GRANJA SENA CDATH LA PLATA HUILA. Financiación: Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA. Culminación: 30 de diciembre de 2024.

- 1 Centro de Desarrollo Agroempresarial y Turístico del Huila, SENNOVA, Nutrición Animal Sostenible. Magister en Ciencias Agrarias. La Plata-Huila, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-7754-1310>
- 2 Centro de Desarrollo Agroempresarial y Turístico del Huila, SENNOVA, Nutrición Animal Sostenible. Especialista en nutrición y alimentación animal. La Plata-Huila, Colombia. <https://orcid.org/0009-0008-3854-7593>
- 3 Centro de Desarrollo Agroempresarial y Turístico del Huila, SENNOVA, Nutrición Animal Sostenible. Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. La Plata-Huila, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-9184-1582>
- 4 Centro de Desarrollo Agroempresarial y Turístico del Huila, SENNOVA, Nutrición Animal Sostenible. Tecnóloga en Producción Agropecuaria Ecológica. La Plata-Huila, Colombia. <https://orcid.org/0009-0001-0200-2734>

Correspondencia: mpizo@unal.edu.co

(*Trichanthera gigantea*), yuca (*Manihot esculenta*), bore (*Alocasia macrorrhiza*), cascota de café (Coffe), frijol cachea (*Phaseolus dumosus*), ahuyama (*Cucurbita máxima*), arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), frijol calima (*Phaseolus vulgaris* L.) y bleo (*Amaranthus dubius*); Dieta 3 (75 % concentrado–25 % alternativa), Dieta 4 (25 % concentrado–75 % alternativa) y Dieta 5 (50 % concentrado–50 % alternativa). El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones. Se evaluaron diez variables productivas y un análisis económico. El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA y prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), y cuando no se cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, se aplicaron los test de Kruskal-Wallis y Dunnett no paramétricos. También se calcularon correlaciones de Pearson. El análisis se ejecutó en R versión 4.3. La Dieta 1 presentó el mayor peso final ($3208,38 \pm 476,7$ g), ganancia de peso ($3103,1 \pm 455,3$ g), rendimiento en canal ($78,26 \pm 1,7$ %) y porcentaje de grasa ($17,14 \pm 0,99$ %). No obstante, las Dietas 3 y 5 mostraron resultados comparables en peso, menor grasa en canal, mejor conversión alimenticia (1,62 y 1,34) y mayor utilidad económica (61,82 % y 60,39 %) frente a la Dieta 1 (38,04 %). Se concluye que el uso de dietas mixtas con inclusión de especies vegetales alternativas es una opción eficaz para reducir costos sin comprometer el rendimiento productivo en sistemas avícolas familiares.

ABSTRACT

The increase in the cost of commercial concentrates has encouraged the search for local feed inputs in poultry nutrition, particularly within family farming systems. In this context, the use of alternative plant species is proposed as a viable, sustainable, and economically accessible strategy. The objective of this study was to evaluate the effect of diets with different proportions of commercial concentrate and alternative plant species on productive and economic parameters in broiler chickens. A total of 400 COBB-line broilers were randomly assigned to five dietary treatments: Diet 1 (100 % commercial concentrate), Diet 2 (100 % alternative), composed of nacedero (*Trichanthera gigantea*), cassava (*Manihot esculenta*), bore (*Alocasia macrorrhiza*), coffee husk (Coffe), frijol cachea (*Phaseolus dumosus*), squash (*Cucurbita máxima*), arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), frijol calima (*Phaseolus vulgaris* L.), and bleo (*Amaranthus dubius*); Diet 3 (75 % concentrate–25 % alternative), Diet 4 (25 % concentrate–75 % alternative), and Diet 5 (50 % concentrate–50 % alternative). The experimental design was completely randomized with four replicates. Ten productive variables and one economic analysis were evaluated. Statistical analysis was conducted using ANOVA and Tukey's test ($p \leq 0,05$), and when the assumptions of normality and homogeneity of variances were not met, Kruskal-Wallis and non-parametric Dunnett tests were applied. Pearson correlation coefficients were also calculated. Data analysis was performed using R version 4.3. Diet 1 yielded the highest final weight (3208.38 ± 476.7 g), weight gain (3103.1 ± 455.3 g), carcass yield (78.26 ± 1.7 %), and fat percentage (17.14 ± 0.99 %). However, Diets 3 and 5 showed comparable final weights, lower carcass fat content, better feed conversion ratios (1.62 and 1.34), and higher economic profitability (61.82 % and 60.39 %) compared to Diet 1 (38.04%). It is concluded that mixed diets including alternative plant species are an effective option to reduce costs without compromising productive performance in small-scale poultry systems.

PALABRAS CLAVE:

Concentrado Comercial; Insumos Locales; Parámetros Productivos; Dieta Alternativa; Pollos De Engorde; Rentabilidad Económica; Análisis Estadístico; Alimentación Avícola; Eficiencia Alimenticia; Diseño Experimental.

KEYWORDS:

Commercial Concentrate; Local Inputs; Productive Parameters; Alternative Diet; Broiler Chickens; Economic Profitability; Statistical Analysis; Poultry Feeding; Feed Efficiency; Experimental Design.

Evaluación del Efecto de Microorganismos Promotores del Crecimiento Vegetal sobre el Desarrollo de Plántulas de *Theobroma cacao* L. (Cacao)*

Evaluation of the Effect of Plant Growth-Promoting Microorganisms on the Development of *Theobroma cacao* L. (Cacao) seedlings

RIVERA-MEDINA, LAURA-XIMENA¹; VARÓN-LÓPEZ, MARYEIMY²; RODRIGUÉZ, LAURA-DANIELA³

RESUMEN

El cultivo de Theobroma cacao L. es considerado de alto valor económico y social, especialmente en países productores como Colombia, reconocido por la calidad de su grano y por su papel crucial en el apoyo a comunidades rurales y la conservación de la biodiversidad. Entre las estrategias agroecológicas orientadas a mejorar su desarrollo, se ha planteado el

* Proyecto de origen: Microorganismos Rizosféricos nativos como estrategias para mejorar la salud del suelo en sistemas agroforestales. Financiación: Ministerio de Ciencias Tecnología e Innovación. Culminación: 30 de junio 2025.

1 Universidad del Tolima, facultad de ciencias, Grupo de investigación Genética y Biotecnología Vegetal, Maestrante en Ciencias Biológicas. Ibagué Tolima, Colombia. <https://orcid.org/0009-0007-3026-8787>

2 Universidad del Tolima, profesor titular Departamento de Biología, Grupo de investigación Genética y Biotecnología Vegetal. Ph.D en Ciencias. Ibagué Tolima, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-1125-2329>

3 Pontificia Universidad Javeriana, Departamento de Biología. Candidata a doctorado en Ciencias Biológicas. Bogotá Cundinamarca, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-9014-4483>

Correspondencia: lxriveram@ut.edu.co

uso de microorganismos promotores del crecimiento vegetal (MPCV), debido a sus funciones benéficas en la optimización de la disponibilidad de nutrientes. Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo establecer el potencial del uso de consorcios microbianos para mejorar las características morfológicas de plántulas de cacao en condiciones de vivero. Con base en lo anterior, se emplearon dos consorcios microbianos: el consorcio 1A, conformado por *Paenibacillus taichungensis* (B19) y *Pseudomonas juntendi* (B06); y el consorcio 2A, integrado por *Priestia aryabhattai* (DB1) y *Bacillus velezensis* (BB1). Las bacterias fueron cultivadas en medios líquidos BHI y TSB, ajustadas a una concentración de 1×10^8 cel/mL. Las semillas germinadas del genotipo ICM-67® fueron tratadas con las suspensiones microbianas durante 12 horas antes de la siembra en sustrato de suelo y cascarilla (50:50 v/v), aplicando fertilización al 50 %. Las plántulas fueron inoculadas cada 28 días al cuello de la raíz durante tres meses y se evaluaron variables morfológicas: altura total del tallo (ATT), diámetro del cuello de la raíz (DCR) y número de hojas (NH), a los 15 días postinoculación. Los resultados demostraron que ambos consorcios, en combinación con fertilización al 50 %, promovieron con diferencia estadística el desarrollo vegetal respecto a los controles sin fertilización o con fertilización al 100 %. El consorcio 1A mostró el mejor desempeño en todas las variables, contribuyendo a reducir el uso de fertilizantes químicos en sistemas de producción sostenibles.

ABSTRACT

The cultivation of *Theobroma cacao* L. is considered to have high economic and social value, especially in producing countries such as Colombia, recognized for the quality of its beans and for its crucial role in supporting rural communities and biodiversity conservation. Among the agroecological strategies aimed at improving its development, the use of plant growth-promoting microorganisms (PGPM) has been proposed, due to their beneficial functions in optimizing nutrient availability. Therefore, the objective of the present study was to establish the potential of using microbial consortia to improve the morphometric characteristics of cacao seedlings under nursery conditions. Based on the above, two microbial consortia were used: consortium 1A, composed of *Paenibacillus taichungensis* (B19) and *Pseudomonas juntendi* (B06); and consortium 2A, composed of *Priestia aryabhattai* (DB1) and *Bacillus velezensis* (BB1). The bacteria were cultured in BHI and TSB liquid media, adjusted to a concentration of 1×10^8 cells/mL. Germinated seeds of the ICM-67® genotype were treated with the microbial suspensions for 12 hours before sowing in a soil and husk substrate (50:50 v/v), with 50% fertilization applied. The seedlings were inoculated every 28 days at the root collar for three months, and morphometric variables were evaluated: total stem height (TSH), root collar diameter (RCD), and number of leaves (NL), 15 days post-inoculation. The results showed that both consortia, in combination with 50 % fertilization, significantly promoted plant development compared to the controls without fertilization or with 100 % fertilization. Consortium 1A showed the best performance in all variables, contributing to the reduction of chemical fertilizer use in sustainable production systems.

PALABRAS CLAVE:

Defensa vegetal; consorcio microbiano; cacao; Bacterias benéficas; Biocontrol; Rizosféricos; Fertilización reducida; Agroecología; MPCV; Biofertilización.

KEYWORDS:

Plant defense; Microbial consortium; Cacao; Beneficial bacteria; Biocontrol; Rhizospheric; Reduced fertilization; Agroecology; PGPM; Biofertilization.

Normalizar el Proceso de Elaboración del Abono Líquido Orgánico Mineralizado Fermentado Aeróbicamente Enriquecido con Harina de Coca (COCALOFA)*

Standardize the Production Process for Aerobically Fermented Mineralized Liquid Organic Fertilizer Enriched with Coca Flour (COCALOFA)

ANAYA-FLOREZ, MARÍA-DEL SOCORRO¹; MARTINEZ -AYALA, NENYER-YOLEIDER²; PECHENE-TUNUBALA, DIDIER-FABIAN³

RESUMEN

En Colombia existen registradas 253.000 ha de tierra dedicada a cultivos de coca (Erythroxylum coca), al realizar la erradicación voluntaria se produce toneladas de material vegetal que se puede utilizar como materia prima para la elaboración

* Proyecto de origen: Prototipado de productos elaborados con coca a partir de extractos y hoja seca/fresca en los resguardos de Toribío, San Francisco y Tacueyó (Cauca). Financiación: SENNOVA Culminación: 30 de diciembre de 2025.

1 Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Centro agropecuario alto Cauca, Grupo de Estudios en Investigación e Innovación Tecnológica Agropecuaria GEIITA. Especialista en Gerencia ambiental y Desarrollo Sostenible Empresarial. Cali, Valle del Cauca. <https://orcid.org/0000-0002-9208-2845>

2 Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Centro de comercio y servicios, grupo de Investigación SINERGIA. Ingeniero Agropecuario. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0005-4895-6815>

3 Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Centro de comercio y servicios, grupo de Investigación SINERGIA Tecnólogo en Agrobiotecnología. Popayán, Cauca. <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0007-7479-3575>

Correspondencia: manaya@sena.edu.co

de abonos orgánicos porque de "la hoja de coca no solamente se extrae cocaína". Cada 100 g de hojas de Coca contiene: 20,06 mg de Nitrógeno total, 0,70 mg de alcaloides totales no volátiles, 3,68 mg de grasa, 47,50 mg de Carbohidratos, vitaminas, calcio 997,62 mg, fósforo 412,67 mg, potasio 1739,33 mg, magnesio 299,30 mg, sodio 39,41 mg, aluminio 17,39 mg, bario 6,18 mg, hierro 136,64 mg, estroncio 12,02 mg, boro 6,75 mg, cobre 1,22 mg, zinc 2,21 mg, manganeso 9,15 mg, cromo 0,12 mg. El servicio nacional de aprendizaje SENA regional Cauca desarrolla el proyecto "Prototipado de productos elaborados con coca a partir de extractos y hoja seca/fresca en los resguardos de Toribío, San Francisco y Tacueyó (Cauca)", y uno de los objetivos específicos es normalizar el proceso de elaboración del abono líquido orgánico mineralizado fermentado aeróbicamente enriquecido con hoja de coca (COCALOFA). El producto se evaluará con el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) variedad AGROSAVIA rojo 43 en la granja del centro agropecuario SENA y en el municipio de Toribío en el resguardo de San Francisco. El diseño en bloques completos al azar con 5 tratamientos y 3 repeticiones, para un total de 15 parcelas, teniendo como referencia los tratamientos T1 abono orgánico mineral comercial; T2 COCALOFA 4 % foliar; T3 COCALOFA 4 % edáfico; T4 fertilización convencional con DAP, 10-20-10 y 15-15-15; T5 tratamiento blanco. Las variables a evaluar serán número de vainas/planta/tratamiento/bloque; número de semillas/planta/tratamiento/bloque; peso de 100 semillas/tratamiento/bloque. Las variables a medir se obtendrán en agosto ya que se está en proceso de ejecución.

ABSTRACT

According to UNODC data, in Colombia there are 253,000 hectares of land dedicated to coca cultivation, and voluntary eradication produces tons of plant material that can be used as raw material for the production of organic fertilizers because "coca leaves are not only used to extract cocaine". Each 100 gr of Coca Leaves contains: Total nitrogen 20,06 mg Total non-volatile alkaloids 0,70 mg Fat 3,68 mg Carbohydrates 47,50 mg vitamins, calcium 997,62 mg, phosphate 412.67 mg, potassium 1739,33 mg, magnesium 299,30 mg, sodium 39,41 mg, aluminum 17,39 mg, barium 6.18 mg, iron 136,64 mg, strontium 12,02 mg, boron 6,75 mg, copper 1,22 mg, zinc 2,21 mg, manganese 9,15 mg, chromium 0,12 mg. The Cauca regional SENA is developing the project "Prototyping of products made with coca from extracts and dry/fresh leaf in the Toribío, San Francisco and Tacueyó (Cauca) reserves", and one of the specific objectives is to standardize the process of making the aerobically fermented mineralized organic liquid fertilizer enriched with coca leaf (COCALOFA). The product will be evaluated with the bean crop (*Phaseolus vulgaris*) variety AGROSAVIA red 43 at the farm of the SENA agricultural and livestock center in upper Cauca and in the municipality of Toribío in the San Francisco reservation. The design was a randomized complete block design with 5 treatments and 3 replications, for a total of 15 plots, having as reference the following treatments: T1 commercial organic mineral fertilizer; T2 COCALOFA 4 % foliar; T3 COCALOFA 4 % edaphic; T4 conventional fertilization with DAP, 10-20-10 and 15-15-15; T5 white treatment. The variables to be evaluated will be number of pods/plant/treatment/block; number of seeds/plant/treatment/block; weight of 100 seeds/treatment/block.

PALABRAS CLAVE:

Prototipado; Normalización; Harina de coca; COCALOFA; Fertilización; Abonos orgánicos; Fermentación; Eficacia; frijol; Tratamientos.

KEYWORDS:

Prototyping; Standardization; Coca flour; COCALOFA; Fertilization; Organic fertilizers; Fermentation; Efficacy; Bean; Treatments.

Producción de Biogás Mediante la Co-Digestión Anaeróbica a partir de Residuos Sólidos Agroindustriales Generados en la Región Junín: Una Revisión Sistemática*

Biogas Production Through Anaerobic Co-Digestion from Agro-Industrial Solid Waste Generated in the Junín Region: A Systematic Review

BERNAOLA-PAUCAR, ROSARIO-MARILU¹; RODRÍGUEZ-CANGALAYA, NORA²; QUISPE-SANTIVANEZ, GRIMALDO-WILFREDO³; SULBARÁN-RANGEL, BELKIS⁴; ROSALES-DIAZ, YARECK-JESUS⁵; NIETO-APOLINARIO, ARTHUR-POOL⁶

- * Proyecto de origen: "Potencial de residuos agroindustriales generados en la región Junín para la producción de biogás mediante la co-digestión anaeróbica": Una solución energéticamente sostenible para la casa ecología de la UNAAT. Financiación: Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma. Culminación: 31 de diciembre de 2025.
- 1 Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, Escuela Profesional Ingeniería Agroindustrial, Soberanía y Seguridad Alimentaria al 2035. Doctorado. Tarma, Perú. <https://orcid.org/0000-0003-0397-3898>.
 - 2 Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, Escuela Profesional Ingeniería Agroindustrial, Soberanía y Seguridad Alimentaria al 2035. Maestría. Tarma, Perú. <https://orcid.org/0000-0003-2638-3719>.
 - 3 Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, Escuela Profesional Ingeniería Agroindustrial, Soberanía y Seguridad Alimentaria al 2035. Doctorado. Tarma, Perú. <https://orcid.org/0000-0001-6168-8935>.
 - 4 Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Tonalá, Aprovechamiento de residuos agrícolas y forestales para generación de materiales y biocombustibles. Doctorado. Guadalajara, México. <https://orcid.org/0000-0002-5758-6140>.
 - 5 Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, Escuela Profesional Ingeniería Agroindustrial, Soberanía y Seguridad Alimentaria al 2035. Pregrado. Tarma, Perú. <https://orcid.org/0000-0001-6341-1040>.
 - 6 Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, Escuela Profesional Ingeniería Agroindustrial, Soberanía y Seguridad Alimentaria al 2035. Pregrado. Tarma, Perú. <https://orcid.org/0000-0002-1518-6114>.

Correspondencia: rbernaola@unaat.edu.pe

RESUMEN

La creciente generación de residuos agroindustriales constituye un reto ambiental y energético para diversas regiones, al incrementar la presión sobre los ecosistemas y desaprovechar su potencial como recurso energético renovable. Estos subproductos, ricos en materia orgánica y en compuestos lignocelulósicos, al no ser gestionados de manera adecuada, se convierten en focos de contaminación y pérdida de valor. Frente a ello, la co-digestión anaerobia surge como una alternativa tecnológica que permite transformar dichos residuos en biogás, reduciendo la carga ambiental y favoreciendo la transición hacia una economía circular. El propósito de este trabajo fue analizar de manera sistemática el aprovechamiento de residuos agroindustriales para la obtención de biogás, considerando el tipo de sustratos, los pretratamientos aplicados y las condiciones operativas más efectivas. Se revisaron estudios recientes que demuestran que la adecuada combinación de residuos mejora la relación carbono-nitrógeno, incrementa la estabilidad del proceso y optimiza la producción de metano. Asimismo, se identificó que el uso de aditivos, como el bio-carbón, y la aplicación de pretratamientos físico-químicos, son factores clave para aumentar la eficiencia en la digestión anaerobia. Los hallazgos indican que la co-digestión no solo contribuye a la generación de energía renovable, sino que también representa una alternativa de gestión sostenible para zonas con fuerte actividad agroindustrial. No obstante, su implementación enfrenta limitaciones técnicas, económicas y logísticas que restringen su aplicación a gran escala, especialmente en áreas rurales.

PALABRAS CLAVE:

Fuentes energéticas; Residuos; Carbono; Anaeróbica; Residuos; Agroindustriales; Metano; Sostenibilidad; Energía renovable; Pretratamientos.

ABSTRACT

The growing generation of agro-industrial residues poses both environmental and energy challenges for many regions, as it increases pressure on ecosystems while underutilizing their potential as renewable energy sources. These by-products, rich in organic matter and lignocellulosic compounds, when inadequately managed, become sources of pollution and value loss. In this context, anaerobic co-digestion emerges as a technological alternative that transforms such residues into biogas, thereby reducing environmental burdens and supporting the transition toward a circular economy. The purpose of this study was to systematically analyze the use of agro-industrial residues for biogas production, considering substrate types, applied pretreatments, and the most effective operational conditions. Recent studies reviewed demonstrate that the proper combination of residues improves the carbon-to-nitrogen ratio, enhances process stability, and optimizes methane yield. Likewise, the incorporation of additives such as biochar and the application of physicochemical pretreatments were identified as key factors in improving the efficiency of anaerobic digestion. The findings indicate that co-digestion not only contributes to the generation of renewable energy but also represents a sustainable waste management strategy for regions with intensive agro-industrial activity. Nevertheless, its large-scale implementation still faces technical, economic, and logistical barriers, particularly in rural areas.

KEYWORDS:

Energy Sources; Residues; Carbon; Anaerobic; Residues; Agro-industrial; Methane; Sustainability; Renewable Energy; Pretreatments.

Optimización de los Procesos de Digestión Anaerobia de Residuos Orgánicos en Chiapas, México, para la Producción de Biogás*

Optimization of the Anaerobic Digestion Processes of Organic Waste in Chiapas, Mexico, for the Production Biogas

CASTILLEJOS-YUCA, DIEGO-ALEJANDRO¹; SÁNCHEZ-ROQUE, YAZMIN²; VILCHIS-BRAVO, HÉBER³; PÉREZ-LUNA, YOLANDA⁴; SALDAÑA-TRINIDAD, SERGIO⁵; BERRONES-HERNÁNDEZ, ROBERTO⁶; ZENTENO-CARBALLO, ANA-GABRIELA⁷; LÓPEZ-DE PAZ, PASCUAL⁸

RESUMEN

* Proyecto de origen: Optimización de los procesos de digestión anaerobia de residuos frutihortícolas del Municipio de Suchiapa, Chiapas, para la producción de biogás. Financiación: Secretaría de Ciencia, Humanidades Tecnología e Innovación (SECIHTI). Culminación: 15 de Agosto del 2023.

- 1 Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables, Doctorado en Materiales y Sistemas Energéticos Renovables. Chiapas, México. <https://orcid.org/0009-0007-1351-3242>
- 2 Universidad Politécnica de Chiapas, Ingeniería en Alimentos, Cuerpo Académico de Investigación y Desarrollo Agroindustrial. Doctorado. Chiapas, México. <https://orcid.org/0000-0001-8345-2392>
- 3 Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables, Cuerpo Académico de Investigación y Posgrado. Doctorado. Chiapas, México. <https://orcid.org/0000-0001-6042-9851>
- 4 Universidad Politécnica de Chiapas, Ingeniería en Alimentos, Cuerpo Académico de Investigación y Desarrollo Agroindustrial. Doctorado. Chiapas, México. <https://orcid.org/0000-0003-3882-6660>
- 5 Universidad Politécnica de Chiapas, Ingeniería en Alimentos, Cuerpo Académico de Investigación y Desarrollo Agroindustrial. Doctorado. Chiapas, México. <https://orcid.org/0000-0002-8073-3209>
- 6 Universidad Politécnica de Chiapas, Ingeniería en Alimentos, Cuerpo Académico de Investigación y Desarrollo Agroindustrial. Doctorado. Chiapas, México. <https://orcid.org/0000-0003-4394-4311>
- 7 Universidad Politécnica de Chiapas, Ingeniería en Alimentos, Cuerpo Académico de Investigación y Desarrollo Agroindustrial. Doctorado. Chiapas, México. <https://orcid.org/0009-0009-0422-1218>
- 8 Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables, Cuerpo Académico de Investigación y Posgrado. Doctorado. Chiapas, México. <https://orcid.org/0000-0003-1120-3834>

Correspondencia: alejandrocastillejos12@gmail.com

La producción de biogás mediante la descomposición anaeróbica de biomasa garantiza un proceso eficiente para reducir la contaminación ambiental derivada del tratamiento de residuos orgánicos, ya que es la tecnología del futuro. Esta investigación evalúa los parámetros fisicoquímicos y bromatológicos de los residuos orgánicos (cáscara de calabaza, cáscara de tamarindo, hojas de mazorca de maíz, estiércol de ganado bovino, ovino y aves de corral), para determinar los parámetros óptimos que definen las etapas para producir biogás. El proyecto surge porque México es el principal generador de estos residuos y carece de estudios para su gestión.

Los experimentos de esta investigación se llevaron a cabo en biodigestores discontinuos con una capacidad de 1,8 L a 36 ± 2 °C durante un tiempo de retención de 30 días, utilizando los métodos de las Normas Mexicanas de Protección al Ambiente. Entre los resultados, la relación carbono/nitrógeno de los residuos de cáscara de tamarindo y hojas de mazorca de maíz indicaron un efecto positivo para producir biogás en las mezclas de tratamientos 1 y 8, con valores de 21,87 y 24,34, considerados entre el rango óptimo de 20:1 a 30:1. Estos valores constituyen disponibilidad ideal de energía y nitrógeno para la replicación celular de las bacterias metanogénicas productoras de biogás. Los tratamientos se vieron influenciados por la Actividad Metanogénica Específica del inóculo de estiércol de ganado bovino, con un valor de biodegradabilidad de materia orgánica de 0,58 gramos de Demanda Química de Oxígeno de Metano entre gramos de Sólidos Volátiles Totales por día, favorable para asimilar la disponibilidad de la relación carbono/nitrógeno a partir de los valores mencionados. En estas condiciones, los tratamientos obtuvieron una producción acumulada de biogás de 3645 y 4250 mililitros de metano, respectivamente. Esta investigación contribuye a mejorar la calidad del biogás mediante la gestión de residuos estandarizados.

ABSTRACT

The production of biogas through the anaerobic decomposition of biomass guarantees an efficient process to reduce environmental pollution derived from the treatment of organic waste, as it is the technology of the future. This research evaluates the physicochemical and bromatological parameters of organic waste (pumpkin peel, tamarind shell, corn cob leaves, cattle, sheep, and poultry manure), to determine the optimal parameters that define the stages to produce biogas. The project arises because Mexico is the main generator of this waste and lacks studies for its management. The experiments of this research were carried out in batch biodigesters with a capacity of 1.8 L at 36 ± 2 °C for a retention time of 30 days, using the methods of the Mexican Environmental Protection Standards. Among the results, the carbon/nitrogen ratio of tamarind husk residues and corn cob leaves indicated a positive effect to produce biogas in treatment mixtures 1 and 8, with values of 21,87 and 24,34, considered between the optimal range of 20:1 to 30:1. These values constitute ideal availability of energy and nitrogen for cell replication of methanogenic biogas-producing bacteria. The treatments were influenced by the Specific Methanogenic Activity of the cattle manure inoculum, with an organic matter biodegradability value of 0,58 grams of Methane Chemical Oxygen Demand between grams of Total Volatile Solids per day, favorable to assimilate the availability of the carbon/nitrogen ratio from the aforementioned values. Under these conditions, the treatments

PALABRAS CLAVE:

Biodegradabilidad;
Biodigestores; Biogás; Biomasa;
Contaminación; Digestión
anaerobia; Energía; Inóculo;
Metano; Residuos orgánicos.

KEYWORDS:

Biodegradability, Biodigesters;
Biogas; Biomass; Contamination;
Anaerobic digestion; Energy;
Inoculum; Methane; Organic
waste.

obtained a cumulative biogas production of 3645 and 4250 milliliters of methane, respectively. This research contributes to improving the quality of biogas through the management of standardised waste.

Ensilaje de pulpa de café como alternativa sostenible en la alimentación de cerdos (*Sus scrofa domesticus*)*

Coffee pulp silage as a sustainable feed alternative in pigs (*Sus scrofa domesticus*)

SÁNCHEZ-MERA, VIOLETA-ELOISA¹; GARZÓN-RIVERA, ANDREA²; PEREA-ROMÁN, CRISPULO³

RESUMEN

En Colombia, la porcicultura se constituye como uno de los renglones más importantes de la producción pecuaria, y para mejorar la rentabilidad se requiere de alternativas más económicas que disminuyan los costos de alimentación. Con base en lo anterior, se evaluó el efecto de la inclusión de ensilaje de pulpa de café (EPC) en la dieta en cerdas (*Sus scrofa*

* Proyecto de origen: Evaluación de ensilaje de pulpa de café como alternativa de alimentación en *Sus scrofa domesticus*. Financiación: Universidad del Cauca. Culminación: en curso

1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, grupo de investigación NUTRIFACA. Estudiante Ingeniería Agropecuaria. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0000-4641-8777>

2 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, grupo de investigación NUTRIFACA. Ingeniera Agropecuaria. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0007-7875-2172>

3 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, grupo de investigación NUTRIFACA, Aprovechamiento de Subproductos y Residuos Agroindustriales (ASUBAGROIN). PhD Ciencias Agrarias. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-9604-4264>

Correspondencia: andreagarz@unicauca.edu.co

domesticus) en fase de levante y ceba. La evaluación se llevó a cabo durante 98 días, se utilizaron 12 cerdas de línea paterna Pietrain x Línea materna Yorkshire x Landrace de aproximadamente $13,0 \pm 1,0$ kg de peso inicial, se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y tres réplicas, de la siguiente manera: T1 (0 % EPC); T2 (10 % EPC); T3 (20 % EPC); T4 (30 % EPC). Para el resto de la alimentación se formuló un concentrado a partir de una mezcla de harinas, vitaminas, minerales y aditivos cumpliendo con los requerimientos nutricionales para cada fase. Mediante análisis estadístico ANOVA y la prueba TUKEY se evaluaron parámetros productivos: incremento de peso, tasa de crecimiento diaria, consumo de alimento, Índice de conversión alimenticia, tasa de alimentación diaria e índice de palatabilidad por consumo de materia seca y parámetros económicos: costo total de alimentación, índice de conversión económica e índice de rentabilidad económica, el cual determinó que la dieta T1 (0 % EPC) y T2 (10 % EPC) obtuvieron similitudes estadísticas y presentaron mejores rendimientos en parámetros productivos, por otra parte, el tratamiento T3 (20 % EPC) y T4 (30 % EPC) presentaron bajo rendimiento debido principalmente a la baja palatabilidad de las dietas. El análisis económico determinó que el tratamiento T2 (10 % EPC) presenta un mayor beneficio económico, evidenciando que el ensilaje de pulpa de café podría ser una materia prima alternativa en la formulación de dietas para la alimentación de cerdos.

ABSTRACT

In Colombia, pork farming is one of the main sectors of livestock production. However, for a profitability improvement is necessary more economic alternatives that allow to reduce feeding costs. Based on the above the effect of including coffee pulp silage (CPS) as an alternative feeding for pigs (*Sus scrofa domesticus*) in growth and finishing phase was evaluated. The evaluation was carried out for 98 days, for this, they were used 12 female pigs by paternal line PIETRAIN x maternal line YORKSHIRE x LANDRACE with 13 ± 1 Kg of initial weight; the animals were distributed under a completely randomized design with four treatments and three repetitions each one: T1 (control diet); T2 (10 % CPS); T3 (20 % CPS); T4 (30 % CPS). For the rest of the feeding it was formulated and prepare a concentrated based on mix of flours, vitamins, minerals and additives that fulfill the nutritional requirements of each phase. Through ANOVA and TUKEY statistical analysis were evaluated productive parameters: weight increase, daily growth rate, feed consumption, feed conversion factor, daily feeding rate and palatability by dry matter consume and economic parameters: total cost of the diet, economic conversion index and economic profitability index, which determined that T1 (0 % CPS) diet and T2 (10 % CPS) diet obtained statistical similarities and the best performance in nutritional and growth parameters; besides, the inclusions with 20 % and 30 % of coffee pulp silage inclusion presented low efficiency which principally to the low palatability of the diets. Regarding the economic analysis, it was determined that T2 (10 % CPS) treatment shows a better economic profit, reflecting that the coffee pulp silage could be an alternative raw matter in the formulation of pigs feed diets.

PALABRAS CLAVE:

Porcicultura; Ensilaje; Taninos; Agro alimento; Café; Nutrición; Biometría; Bromatológico; Microbiológico; bacterias ácido lácticas.

KEYWORDS:

Pork farming; Silage; Tannins; Agro-food; Coffee; Nutrition; Biometry; Bromatological; Microbiological; Lactic acid bacteria.

Efecto del Almidón de Yuca Como Estabilizante en la Aceptabilidad Sensorial del Néctar de Tumbo y la Concentración De Vitamina C*

Effect of Cassava Starch as a Stabilizer on the Sensory Acceptability of Tumbo Nectar and vitamin C Concentration

RODRIGUEZ-CANGALAYA, NORA¹; BERNAOLA-PAUCAR, ROSARIO-MARILU²; RAMIREZ-TIXE, EDSON-ELVIS³

RESUMEN

Las cifras sobre consumo del fruto de tumbo son relativamente bajas, por el desconocimiento de sus propiedades bioactivos del fruto de tumbo, tiene un alto contenido de nutrientes como vitamina C y antioxidantes; Los néctares están elaborados a base de frutas, estabilizante, agua y azúcar; La fruta influye directamente en el sabor, color y valor nutricional del producto. El cual se elaboró utilizando el fruto de tumbo (Passiflora mollissima); El objetivo de esta investigación fue evaluar el aprovechamiento del tumbo en néctar utilizando un producto natural como estabilizante almidón de yuca, se determinó el % adecuado procesamiento y evaluación de la aceptabilidad, se trabajó con diferentes porcentajes de

* Proyecto de origen: Efecto del almidón yuca como estabilizante en la aceptabilidad sensorial del néctar de tumbo y la concentración de vitamina C. Financiación: Universidad Nacional Autónoma Altonadina de Tarma. Culminación 31 de diciembre de 2025.

- 1 Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, Escuela Profesional Ingeniería Agroindustrial, Diseño e Innovación de productos agroindustriales / Diseño y Desarrollo de Procesos. Maestría. Tarma, Perú. <https://orcid.org/0000-0003-2638-3719>
- 2 Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, Escuela Profesional Ingeniería Agroindustrial, Diseño e Innovación de productos agroindustriales / Diseño y Desarrollo de Procesos. Doctorado. Tarma, Perú. <https://orcid.org/0000-0003-0397-3898>.
- 3 Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, Escuela Profesional Ingeniería Agroindustrial, Diseño e Innovación de productos agroindustriales / Diseño y Desarrollo de Procesos. Maestría. Tarma, Perú. <https://orcid.org/0000-0003-3320-2605>

Correspondencia: rbernaola@unaat.edu.pe

almidón de yuca (0,4 %; 0,5 % de almidón y 0,1 % de CMC) como estabilizante; se realizó la evaluación del % SST y pH del fruto, del néctar. y del néctar almacenado, así mismo se realizó la determinación de la concentración de vitamina C del néctar utilizando el método de Nielsen (2017) mediante la titulación con 2,6-Diclorofenolindofenol (DCPIP), posteriormente se realizó una evaluación sensorial de las características organolépticas a través de una prueba hedónica con 40 panelistas; los datos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) con pruebas de LSD al 5 % de significancia el de mayor aceptabilidad es el de 0,4 % de almidón y una concentración del ácido ascórbico del néctar se cuantificó $29,2950 \pm 0,80$ mg/100 ml ($p < 0,05$) a comparación con 0,5 % de almidón, y 0,1 % de CMC como estabilizante. De este modo, se asevera, el néctar de tumbo elaborado con 0,4 % de almidón; obtuvo el más alto % de ácido ascórbico y las características sensoriales con mayor aceptabilidad; debido a su alto poder estabilizante es adecuado para el néctar.

PALABRAS CLAVE:

Estabilizante; Dilución;
Viscosidad; Degradación;
Almidón; Evaluación
sensorial: Ácido ascórbico;
Aceptabilidad; Titulación;
2,6-Diclorofenolindofenol

ABSTRACT

The figures on consumption of tumbo fruit are relatively low, due to the lack of knowledge of its bioactive properties of tumbo fruit, it has a high content of nutrients such as vitamin C and antioxidants; Nectars are made from fruits, stabilizers, water and sugar; The fruit directly influences the flavor, color and nutritional value of the product. Which was made using the tumbo fruit (*Passiflora mollissima*); The objective of this research was to evaluate the use of tumbo in nectar using a natural product as cassava starch stabilizer, the appropriate % processing and evaluation of acceptability were determined, working with different percentages of cassava starch (0,4 %; 0,5 % starch and 0,1 % CMC) as a stabilizer; The evaluation of the % TSS and pH of the fruit, nectar and stored nectar was carried out, and the vitamin C concentration of the nectar was also determined using the Nielsen method (2017) through titration with 2,6-Dichlorophenolindophenol (DCPIP). Subsequently, a sensory evaluation of the organoleptic characteristics was carried out through a hedonic test with 40 panelists; The data were analyzed using an analysis of variance (ANOVA) with LSD tests at 5 % significance level. The one with the greatest acceptability is 0,4 % starch. stabilizer, thus, it is stated, tumbo nectar made with 0,4 % starch; obtained the highest % of ascorbic acid and the sensory characteristics with greater acceptability; Due to its high stabilizing power it is suitable for nectar.

KEYWORDS:

Stabilizer; Dilution; Goo;
Degradation; Starch; Sensory
evaluation: Ascorbic acid;
Acceptability; Degree;
2,6-Dichlorophenolindophenol.

Ensilado de Pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) como Opción Forrajera para Sistemas de Producción de Leche en Pequeña Escala*

Kikuyu Grass Silage (*Cenchrus clandestinus*) as a Feed Option for Small-Scale Dairy Production Systems

ARIAS-ÁVILA, MÓNICA¹; LÓPEZ-GONZÁLEZ, FELIPE²; SAINZ-RAMÍREZ, AURORA²; ARRIAGA-JORDÁN, CARLOS-MANUEL³

RESUMEN

*En México, los sistemas de producción de leche en pequeña escala (SPLPE) son la mayoría. Se caracterizan por pequeñas fincas con hatos pequeños, mano de obra familiar, y una alimentación del hato con alta dependencia de insumos externos. El mayor reto son los altos costos de alimentación. Durante la temporada seca, la escasez de forraje agrava este problema. Se requieren estrategias como el ensilado para conservar forraje producido en época de lluvias. En los valles altos del centro de México, el pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) es una opción como alimentación ya que está natu-*

* Proyecto de origen: Evaluación del desempeño agroecológico para sistemas de producción de leche más sostenibles. Financiación: Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI). Culminación: 30 de noviembre de 2027.

1 Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Cuerpo Académico en Producción Animal Campesina, MVZ. Toluca, Estado de México, México <https://orcid.org/0009-0000-2967-0508>

2 Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Cuerpo Académico en Producción Animal Campesina, Doctor. Toluca, Estado de México. <https://orcid.org/0000-0001-7769-3755>

3 Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Cuerpo Académico en Producción Animal Campesina, Doctora. Toluca, Estado de México <https://orcid.org/0000-0002-8566-8653>

4 Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Cuerpo Académico en Producción Animal Campesina, Doctor. Toluca, Estado de México, México <http://orcid.org/0000-0002-6140-0847>

Correspondencia: mariasa652@alumno.uaemex.mx

lizado, y ha sido evaluado como ensilado en otros países. Sin embargo, en México no se cuenta con información sobre su implementación en la alimentación de ganado lechero. El objetivo fue evaluar el desempeño productivo de vacas lecheras a la inclusión de ensilado de kikuyo como complemento a ensilado de maíz durante la temporada seca en SPLPE. Se llevó a cabo un experimento en una finca en pequeña escala ubicada en los valles centrales de México (entre 20°06' y 20°17' N y 99°00' y 100°00' W, altitud de 2,440 m y temperatura media de 13,2 °C). Se utilizaron 8 vacas Holstein en lactación, y 5250 m² de pasto kikuyo para elaboración del ensilado. Se empleó un diseño experimental reversible sencillo ofertando 10 kg de materia seca (MS)/vaca/día con 2 tratamientos: Tx1= 40 % ensilado de kikuyo + 60 % ensilado de maíz y Tx2 =100 % ensilado de maíz (Mz) complementado 3,6 kg MS de concentrado comercial y pastoreo diurno de kikuyo en dos periodos experimentales de 14 días cada uno. No hubo diferencias ($P>0,05$) para rendimiento o composición química de la leche. El ensilado de kikuyo puede ser una opción para complementar el ensilado de maíz en la alimentación de vacas en época seca.

PALABRAS CLAVE:

Pasto kikuyo; Forrajes; Época seca; Conservación de forraje; Ensilado de maíz; Ensilado de kikuyo; Estrategias de alimentación; Vacas en lactación; Sistema Lechero; Sistemas de producción de leche en pequeña escala; Valles altos.

ABSTRACT

*Small-scale Dairy systems (SSDS) are most dairy farms in Mexico. These are characterized by small farms with small herds, family labour, and herd feeding with a high reliance of external inputs. The greatest challenge are the high feeding costs. In the dry season, forage scarcity aggravates the problem. Strategies as ensiling are required to conserve forage produced in the rainy season. In the highland valleys of central Mexico, kikuyu grass (*Cenchrus clandestinus*) is a feeding option as it is naturalized and has been assessed as silage in other countries. However, there is no information in Mexico on its implementation for dairy cattle. The objective was evaluating the productive performance of dairy cows to the inclusion of kikuyu grass silage as a complement to maize silage during the dry season in SSDS. An experiment was undertaken on a small-scale farm located in the central valleys of Mexico (between 20°06' y 20°17' N and 99°00' y 100°00' W, 2440 m altitude, and mean temperature of 13,2 °C). Eight Holstein lactating cows, and 5250 m² of kikuyu grass for silage were used. The experiment was a simple cross-over design offering 10 kg dry matter (DM)/cow/day of 2 treatments: Tx1= 40 % kikuyu silage + 60 % maize silage and Tx2= 100 % maize silage, complemented with 3,6 kg DM of commercial concentrate and day grazing of kikuyu grass in two experimental periods of 14 days each. There were no differences ($P>0,05$) in yield or chemical composition of milk. Kikuyu grass silage may be an option to complement maize silage for feeding dairy cows in the dry season.*

KEYWORDS:

Kikuyo grass; Forages; Dry season; Forage conservation; Maize silage; Feeding strategies; Milking cows; Dairy system; Small-scale dairy systems; Highland valleys.

Evaluación de la Fertilización Comercial NPK y la Porquinaza en el Crecimiento y Germinación de dos Variedades de Frijol Arbolito (*Phaseolus vulgaris* L.)

Evaluation of Fertilization Commercial NPK and Porquinaza on the Growth and Germination of Two Varieties of Tree Bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

AMORTEGUI -RAMOS, JENNIFER -LUCIA¹; QUINTERO-LAZO, OSCAR -ELIAN²; ULCHUR
-MONTANO, YU'MA -ISABELLA³ ; ROJAS -FERNÁNDEZ, ELIZABETH⁴

RESUMEN

El frijol común (Phaseolus vulgaris L.) es una leguminosa fundamental para la seguridad alimentaria gracias a su alto contenido proteico y minerales esenciales fundamentales en la dieta colombiana. El objetivo de este trabajo fue analizar

- 1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias. Estudiante de Ingeniería Agroindustrial. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0000-2209-1431>
- 2 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias. Estudiante de Ingeniería Agroindustrial. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0003-6921-8040>
- 3 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias. Estudiante de Ingeniería Agroindustrial. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0001-3242-1876>
- 4 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, ASUBAGROIN. Magister en Ingeniería. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0008-4142-2863>

Correspondencia: amorteguiramos1807@gmail.com

el crecimiento y germinación de las variedades de frijol arbolito cargamanto rojo y calima, usando el fertilizante químico NPK 15-15-15 y el abono orgánico porquinaza, para determinar cuál combinación es mejor en su desarrollo. Para ello se implementó un diseño experimental 3x2 con dos réplicas. En el que se evaluaron las dos variedades de frijol arbolito con tres tratamientos: fertilizante químico, abono orgánico y testigo. Las semillas se sembraron manualmente en el municipio de Silvia, Cauca (con coordenadas de 2°35'14"N 76°22'53"W a una altitud de 2600 metros sobre el nivel de mar, a una temperatura media de 15 °C) las cuales a los 35 días se midieron las variables de respuesta altura de la planta y tasa de germinación. Los datos se estudiaron por medio de un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de tukey ($p < 0,05$) en softwares estadísticos, validando supuestos de normalidad (Shapiro- Wilk) y homogeneidad de varianzas (Levene). Los resultados mostraron que la variedad cargamanto rojo superó significativamente a la variedad calima en porcentaje de germinación y altura, destacando que el fertilizante químico produjo una mayor altura en las plantas, mientras que el orgánico logró una mayor tasa de germinación. En conclusión, la mejor interacción de acuerdo a las variables de respuesta evaluadas correspondió al tratamiento de cargamanto rojo con el fertilizante químico. Este estudio demostró que la variedad Cargamanto rojo es superior a la variedad calima con respecto a su desarrollo vegetal, siendo ideal combinarla con abono orgánico para potenciar su germinación, o con fertilizante químico para obtener plantas más altas.

ABSTRACT

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is a legume essential for food security due to its high content of protein and essential minerals, making it a fundamental part of the Colombian diet. The objective of this work was to analyze the growth and germination of the varieties of tree bean Cargamanto Rojo and Calima, using the chemical fertilizer NPK 15-15-15 and organic fertilizer porquinaza, to determine which combination is better by vegetal development. It is use a 3x2 experimental design was implemented with two replicates. The two varieties of tree bean were evaluated with three treatments: chemical fertilizer, organic fertilizer, and control. The seeds were sown manually in the municipality of Silvia, Cauca (with coordinates 2°35'14"N 76°22'53"W at an altitude of 2600 meters above sea level, at an average temperature of 15 °C) and after 35 days the response variables plant height and germination rate were measured. The data were studied by means of an analysis of variance (ANOVA) and Tukey test ($p < 0,05$) in statistical softwares, validating assumptions of normality (Shapiro-Wilk) and homogeneity of variances (Levene). The results showed that the Cargamanto Rojo variety significantly outperformed the Calima variety in both plant height and germination percentage, highlighting that the chemical fertilizer resulted in greater plant height, while the organic fertilizer achieved a higher germination rate. In conclusion, the best interaction, according to the response variables evaluated, corresponds to the treatment of Cargamanto Rojo with chemical fertilizer. This study demonstrated that the Cargamanto Rojo variety is superior to the Calima variety in terms of vegetative development, making it ideal for combining with organic fertilizer to improve germination or with chemical fertilizer to obtain taller plants.

PALABRAS CLAVE:

Frijol arbolito; *Phaseolus vulgaris*; Fertilizante químico; Abono orgánico; Germinación; Cargamanto rojo; Porquinaza; Calima; Variedades; Análisis de varianza.

KEYWORDS:

Tree bean; *Phaseolus vulgaris*; Chemical fertilizer; Organic fertilizer; Germination; Cargamanto Rojo; Porquinaza; Calima; Varieties; Analysis of variance.

Hidrolizado Enzimático de Residuos del Faenamiento Animal como Alternativa Alimenticia para *Piaractus orinoquensis**

Enzymatic Hydrolysate of Animal Slaughter Waste as a Food Alternative for *Piaractus orinoquensis*

JIMENEZ-CHAMORRO, MARLY- ANDREINA¹; PEREA-ROMAN, CRÍSPULO²; VASQUEZ-GAMBOA, LUCENA³.

RESUMEN

En Colombia la alimentación en los sistemas de producción piscícola representa hasta el 70% de los costos operacionales, pero existen alternativas que podrían ser aprovechadas como los residuos del eviscerado animal, mediante hidrólisis para su utilización en el balance de dietas para animales. *Piaractus orinoquensis* o cachama blanca se destaca como la especie nativa de mayor producción es por esto que esta investigación tuvo como finalidad la evaluación nutricional y económica de hidrolizado enzimático de vísceras de pollo (HEVP) obtenido mediante la capacidad hidrolítica de enzimas endógenas de vísceras de trucha en la alimentación de *Piaractus orinoquensis*. Para lo cual, se utilizaron 144 juveniles con peso de $65,67 \pm 0,48$ g, los cuales se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos T1 (Dieta de referencia 0 % de HEVP), T2 (10 % de inclusión de HEVP), T3 (20 % de inclusión de HEVP) y T4 (30 % inclusión de HEVP) y tres réplicas por cada uno. Los peces se alimentaron con las dietas extruidas hasta saciedad

- 1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Aprovechamiento de Subproductos Agroindustriales ASUBAGROIN y Nutrición agropecuaria NUTRIFACA, Magister en Ciencias Agrarias, Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-6610-7228>
- 2 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Aprovechamiento de Subproductos Agroindustriales ASUBAGROIN y Nutrición agropecuaria NUTRIFACA, Doctor en Ciencias agrarias. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-9604-4264>
- 3 Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, Departamento de Ciencia Animal. Doctora. Palmira, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-3835-3699>

Correspondencia: marlyandrejimenez@unicauca.edu.co

aparente durante 42 días, durante los cuales se evaluaron los coeficientes de digestibilidad aparente de los nutrientes (DAMS, DAPC, DAEE, AACen, AACa y AAP), de la energía (DAEB y ED), parámetros de crecimiento (IP, IT, TCD, TCI y TCT), aprovechamiento nutritivo (CA, ICA, TAD, TEP y TEE) e índices económicos (ICE, IRE, BN, IBN y TRM). No se presentaron diferencias significativas ($p>0,05$) para DAMS y DAPC, los valores fueron superiores a los 87,2%. En los parámetros de crecimiento y aprovechamiento nutritivo, se evidenciaron diferencias significativas ($p<0,05$) para todas las variables analizadas, observando mejores resultados al incluir 30 % de HEVP. En cuanto al análisis económico se evidenció que a medida que se aumenta la inclusión de HEVP se reduce el costo por alimentación y se obtiene una mayor rentabilidad económica.

PALABRAS CLAVE:

Vísceras de pollo; vísceras de trucha; *Piaractus orinoquensis*; Hidrólisis enzimática; Digestibilidad; Parámetros crecimiento; Nutrición animal, Piscicultura, Alternativa alimenticia, Bioconversión

ABSTRACT

Fishing and aquaculture are part of a productive sector of global economic, cultural, and social interest. In Colombia, fish farming has positioned itself as a driving force for economic development, representing 2,88 % of the agricultural gross domestic product. This sector generates 205,200 direct and indirect jobs. Feed in modern fish farming systems represents up to 70 % of operational costs due to the limited availability of protein raw materials. However, there are alternatives that could be utilized, such as animal evisceration waste, which has high nutritional potential due to its protein and lipid content. Through bioconversion processes such as hydrolysis, these wastes are stabilized for subsequent use in fish diets, enabling their comprehensive utilization and reducing environmental impacts. One of the most important species in the country is *Piaractus orinoquensis* or white cachama, which represents about 19 % of the total national fish production, standing out as the native species with the highest production and consolidating itself as a highly promising species in fish production and farming. This is why this research aimed to evaluate the nutritional and economic effects of enzymatic hydrolyzate of chicken viscera (HEVP) obtained through the hydrolytic capacity of endogenous enzymes from trout viscera in the feeding of *Piaractus orinoquensis*. A total of 144 juveniles weighing $65,67 \pm 0,48$ g were used, distributed under a completely randomized design, with four treatments: T1 (0% EVHS reference diet), T2 (10 % EVHS inclusion), T3 (20 % EVHS inclusion), and T4 (30 % EVHS inclusion), and three replicates for each. The fish were fed the extruded diets to apparent satiation for 42 days, during which time the apparent digestibility coefficients of nutrients (DAMS, DAPC, DAEE, AACen, AACa and AAP), energy (DAEB and ED), growth parameters (IP, IT, TCD, TCI and TCT), nutritional utilization (CA, ICA, TAD, TEP and TEE) and economic indices (ICE, IRE, BN, IBN and TRM) were evaluated. No significant differences ($p>0,05$) were found for DAMS and DAPC, the values were higher than 87,2 %. In the growth and nutritional utilization parameters, significant differences ($p<0,05$) were evident for all the variables analyzed, observing better results when including 30 % HEVP. Regarding the economic analysis, it was evident that as the inclusion of HEVP increases, the cost per feed decreases and greater economic profitability is obtained.

KEYWORDS:

Chicken offal; Trout offal; *Piaractus orinoquensis*; Enzymatic hydrolysis; Digestibility; Growth parameters; Animal nutrition, Fish farming, Food alternative, Bioconversion

Efecto de la Inclusión de Ensilaje de Pulpa de Café en la Respuesta Productiva y Económica de Cerdos *Sus scrofa domesticus**

Effect of Including Coffee Pulp Silage on the Productive and Economic Response of Pigs *Sus scrofa domesticus*

ROSAS-PAZ, LUIS-EDUARDO¹; CHAGÜENDO-LATÍN, YERMINSON-LEANDRO²; PEREA-ROMÁN, CRÍSPULO³

RESUMEN

La porcicultura en Colombia ha experimentado un crecimiento significativo en la última década, consolidándose como una actividad económica de gran importancia. No obstante, enfrenta desafíos críticos relacionados con la eficiencia y rentabilidad de las unidades productivas, principalmente por el alto costo de la alimentación, que representa hasta el 70 % de los costos de producción. Esto ha llevado a la búsqueda de materias primas alternativas con alto valor nutricional y buena aceptabilidad por parte de los cerdos. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la inclusión de ensilado de pulpa

* Proyecto de origen: "Efecto de la inclusión de ensilaje de pulpa de café en la respuesta productiva y económica de cerdos *Sus scrofa domesticus*". Financiación: Universidad del Cauca. Culminación: en curso.

1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de investigación NUTRIFACA. Ingeniero Agropecuario. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0004-1464-5974>

2 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de investigación NUTRIFACA. Ingeniero Agropecuario. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0001-4202-9114>

3 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de investigación NUTRIFACA, Aprovechamiento de Subproductos y Residuos Agroindustriales (ASUBAGROIN). Ph.D. Ciencias Agrarias. Popayán, Colombia <https://orcid.org/0000-0002-9604-4264>

Correspondencia: lerosas@unicauca.edu.co

de café (EPC) teniendo en cuenta los parámetros productivos y económicos de *Sus scrofa domesticus*. Para ello se emplearon 12 cerdos con un peso promedio inicial de 26 kg distribuidos en un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones; La evaluación tuvo una duración de 98 días. Los tratamientos consistieron en la inclusión de diferentes cantidades de EPC de la siguiente manera: Tratamiento T1 (0 % EPC), T2 (10 % EPC), T3 (20 % EPC), T4 (30 % EPC), las variables de respuesta fueron: Tasa de crecimiento instantáneo, índice de conversión alimenticia, tasa de eficiencia energética, tasa de eficiencia proteica, incremento de peso, índice de rentabilidad económica, índice de conversión económica, beneficio neto e incremento de beneficio neto. El análisis de varianza permitió observar diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la inclusión de EPC. Los mejores resultados se obtuvieron con valores de 0 % y 10 %, se observó que al incrementar la inclusión a cantidades del 20 % y 30 % afecta negativamente el incremento de peso. Esto se atribuye al alto contenido de fibra bruta y a la presencia de compuestos anti nutricionales como taninos presentes en EPC. La dieta con el 10% de inclusión de ensilaje de pulpa de café, resultó presentar el mejor comportamiento, gracias a los resultados obtenidos en los parámetros evaluados.

ABSTRACT

Pig farming in Colombia has experienced significant growth in the last decade, consolidating its position as a major economic activity. However, it faces critical challenges related to the efficiency and profitability of production units, primarily due to the high cost of feed, which represents up to 70 % of production costs. This has led to the search for alternative raw materials with high nutritional value and good acceptability by pigs. This study aimed to evaluate the inclusion of coffee pulp silage (CPM) based on the productive and economic parameters of *Sus scrofa domesticus*. Twelve pigs with an initial average weight of 26 kg were used, distributed in a completely randomized design with four treatments and three replicates; the evaluation lasted 98 days. The treatments consisted of the inclusion of different amounts of EPC as follows: Treatment T1 (0% EPC), T2 (10 % EPC), T3 (20 % EPC), T4 (30 % EPC), the response variables were: Instantaneous growth rate, feed conversion ratio, energy efficiency rate, protein efficiency rate, weight gain, economic profitability index, economic conversion index, net benefit and net benefit increase. The analysis of variance allowed to observe statistically significant differences according to the inclusion of EPC. The best results were obtained with values of 0 % and 10 %, it will be observed that increasing the inclusion to quantities of 20 % and 30 % negatively affects weight gain. This is attributed to the high crude fiber content and the presence of anti-nutritional compounds such as tannins present in EPC. The diet with 10 % inclusion of coffee pulp silage turned out to present the best behavior, thanks to the results obtained in the evaluated parameters.

PALABRAS CLAVE:

Porcinos; Bioconversión;
Subproductos; Café;
Alimentación; Nutrición; Ensilaje;
Fibra; Taninos; Microorganismos.

KEYWORDS:

Swine; Bioconversion;
Byproducts; Coffee; Feed;
Nutrition; Silage; Fiber; Tannins;
Microorganisms.

Caracterización Metagenómica de Suelos Productores de Plátano Cultivar Dominico Hárton en Monocultivo y Asociación con Café*

Metagenomic Characterization of Soils Producing Dominico Hartón Plantain under Monoculture and Intercropping with Coffee

LÓPEZ-GUTIÉRREZ, ANA-MARÍA¹; RINCÓN-FLÓREZ, JUAN-CARLOS²; ISAZA-VALENCIA, LILIANA³; DUQUE-NIVIA, ANDRÉS⁴

RESUMEN

El cultivo de plátano en Colombia es una actividad tradicional de la economía campesina, subsistencia para los pequeños productores, de alta dispersión geográfica y gran importancia socioeconómica. Una de las variedades de plátano más cultivada en Colombia es el clon Dominico Hartón (Musa AAB Simmonds). Entre las condiciones requeridas para el

* Proyecto financiado por la Convocatoria Interna de Proyectos de Investigación. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia

1 Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Agrarias y Agroindustria, Grupo de investigación en Biodiversidad y Biotecnología. PhD. Pereira, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-5138-1806>.

2 Universidad Nacional de Colombia, Dependencia, Palmira Zoogenetic Resources Research Group. PhD. Palmira, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-6769-6407>.

3 Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales, Grupo de investigación en Biodiversidad y Biotecnología. PhD. Pereira, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-6055-6575>

4 Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales, Grupo de investigación en Biodiversidad y Biotecnología. PhD. Pereira, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-6238-7923>

Correspondencia: alopez@utp.edu.co

adecuado desarrollo y producción de esta variedad, el suelo presenta influencia directa sobre este cultivo, debido a que, de sus características físicas, de suministro oportuno y balanceado de los macro y micronutrientes, dependen el metabolismo, crecimiento y producción de las plantas. Con el objetivo de realizar una caracterización de las comunidades microbianas, asociadas a cultivos de plátano variedad Dominico Hartón, bajo dos esquemas de cultivo: monocultivo y cultivo de plátano asociado con café variedad Castillo (Coffea arabica), los cuales han presentado diferencias en cuanto a la producción, se realizó una aproximación metagenómica llevando a cabo la amplificación y secuenciación de las regiones que codifican los loci ADNr 16S e ITS, acompañados de caracterizaciones físico-químicas. Dentro de los resultados se destaca que el análisis de distribución taxonómica y abundancia relativa a partir del análisis 16S, correspondiente a organismos con células procariotas, encontró que el 99,07% de las secuencias correspondieron a bacterias, mientras que el 0,92% de las secuencias en promedio, correspondieron a Archaea. En tanto que, los análisis de las secuencias ITS, para microorganismos con células eucariotas, correspondieron casi siempre a hongos. Finalmente, el análisis de la abundancia de las familias pertenecientes a los órdenes Rizhobiales y Pseudomonadales y a la clase Glomeromycetes dada su importancia en la producción agrícola, arrojó una separación entre los monocultivos y los cultivos asociados.

ABSTRACT

Plantain cultivation in Colombia is a traditional activity of the rural economy, serving as a subsistence crop for small-scale farmers, characterized by wide geographic dispersion and significant socioeconomic importance. One of the most widely cultivated plantain varieties in Colombia is the Dominico Hartón clone (Musa AAB Simmonds). Among the conditions required for the proper growth and yield of this variety, soil plays a direct role, as plant metabolism, growth, and production depend on its physical characteristics and the timely, balanced supply of macro- and micronutrients. To characterize the microbial communities associated with Dominico Hartón plantain crops under two cultivation systems—monoculture and intercropping with Castillo variety coffee (Coffea arabica)—which have shown differences in productivity, a metagenomic approach was used. This involved the amplification and sequencing of regions coding for 16S rDNA and ITS loci, along with physicochemical soil characterizations. Among the results, the taxonomic distribution and relative abundance analysis based on 16S sequencing, which targets prokaryotic organisms, revealed that 99,07% of the sequences corresponded to bacteria, while on average, 0,92% corresponded to Archaea. Meanwhile, ITS sequence analyses, targeting eukaryotic microorganisms, mostly identified fungi. Finally, the analysis of the abundance of families belonging to the orders Rhizobiales and Pseudomonadales, and to the class Glomeromycetes, given their importance in agricultural production due to their active role in nitrogen fixation and/or phosphorus assimilation for plants, revealed a clear separation between monoculture and intercropped systems.

PALABRAS CLAVE:

Musa AAB Simmonds; ADNr 16S; Espacios de transcripción interna (ITS); Bacteria; Archaea; Hongos; Rizhobiales; Pseudomonadales; Glomeromycetes; Salud del suelo

KEYWORDS:

Musa AAB Simmonds; ADNr 16S; Internal Transcribed Space (ITS); Bacteria; Archaea; Fungi; Rhizobiales; Pseudomonadales; Glomeromycetes; Soil Healthy.

Efecto de la Fertilización en la Germinación, Emergencia y Altura de Tres Variedades de Maíz (*Zea mays*) en Popayán, Colombia

Effect of Fertilization on Germination, Emergence, and Height of Three Maize (*Zea mays*) Varieties in Popayan, Colombia

VALVERDE-MACA, LINA-ISABELLA¹; RUIZ-SANDOVAL, JUAN-JOSE²; MACIAS-OVIEDO, YAMID-ALEXANDER³; ROJAS-FERNÁNDEZ, ELIZABETH⁴

RESUMEN

El maíz (Zea mays L.) es uno de los cultivos más relevantes a nivel mundial por su valor nutricional, forrajero e industrial y su desarrollo óptimo depende tanto de la genética como de las condiciones del suelo y la nutrición del cultivo. La fertilización, especialmente en las etapas iniciales, es clave para estimular el crecimiento y mejorar el rendimiento. Este estudio evaluó tres variedades de maíz: amarillo-M305, blanco y un híbrido comercial, bajo tres tratamientos de ferti-

- 1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias. Estudiante de Ingeniería forestal. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0000-0334-3904>
- 2 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias. Estudiante de Ingeniería forestal. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0002-2464-0099>
- 3 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias. Estudiante de Ingeniería forestal. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0005-1238-0631>
- 4 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, ASUBAGROIN. Magister en ingeniería. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0008-4142-2863>

Correspondencia: juanjoseruiz@unicauca.edu.co

lización con una aplicación de 100 g/m² de nitrafos, 300 g/m² de abonissa y un testigo sin fertilizante. Se analizaron la tasa de germinación, emergencia y crecimiento en altura de la planta. Se sembraron 900 semillas en un diseño factorial 3² completamente aleatorizado por duplicado bajo condiciones homogéneas; el ensayo se realizó en Popayán, Cauca (2.4448° N y 76.6147° W) ubicada a 1760 msnm y temperatura promedio de 18 °C. A los siete días de evaluación, se observó que la mejor germinación ocurrió con nitrafos y la variedad híbrido comercial, obteniendo una tasa del 92 %. Asimismo, al analizar la emergencia, la fertilización con abonissa junto al híbrido comercial fue la más eficaz con una tasa del 87 %, favoreciendo un establecimiento rápido y homogéneo de las plántulas a los 35 días de la siembra. El crecimiento en altura estuvo influenciado por el tipo de fertilizante, destacando abonissa como el abono más eficaz en combinación con la variedad híbrido comercial, alcanzando las plantas una altura promedio de 34,16 cm a los 35 días. Estos resultados sugieren que mientras la germinación depende primordialmente de la genética del híbrido y la disponibilidad puntual de nutrientes aportada por nitrafos, la emergencia temprana y altura se beneficia más de las características de liberación y balance nutricional de abonissa en combinación con el mismo material genético.

ABSTRACT

Maize (*Zea mays* L.) is one of the most important crops worldwide due to its nutritional, forager, and industrial value. Its optimal development depends on genetics, on soil conditions and crop nutrition. Fertilization, especially in the early stages is important to stimulating growth and improving yield. This study evaluated three maize varieties: yellow-M305, white, and a commercial hybrid, under three fertilization treatments: 100 g/m² of Nitrafos, 300 g/m² of Abonissa and a control without fertilizer. Germination rate, emergence, and plant height growth were analyzed. A total of 900 seeds were sown in a completely randomized 3² factorial design in duplicate under homogeneous conditions. The experiment was conducted in Popayán, Cauca (2.4448° N and 76.6147° W), located at 1760 meters above sea level, with an average temperature of 18 °C. After seven days of evaluation, the best germination was observed with Nitrafos and the commercial hybrid variety, achieving a 92 % germination rate. Similarly, regarding emergence, fertilization with Abonissa combined with the commercial hybrid was the most effective, reaching an 87 % rate and promoting rapid and uniform seedling establishment by 35 days after sowing. Plant height growth was influenced by the type of fertilizer, with Abonissa standing out as the most effective in combination with the commercial hybrid variety, resulting in an average height of 34,16 cm at 35 days. These results suggest that while germination primarily depends on hybrid genetics and the immediate availability of nutrients provided by Nitrafos, early emergence and height benefit more from the release characteristics and nutritional balance of Abonissa combined with the same genetic material.

PALABRAS CLAVE:

Maíz; Germinación; Emergencia; Fertilización; *Zea mays*; Variedades; Altura; Diseño Experimental; Blanco; Amarillo-M305; Híbrido; Nitrafos; Abonissa.

KEYWORDS:

Maize; Germination; Emergence; Fertilization; *Zea mays*; Varieties; Height; Experimental Design; White; Yellow-M305; Hybrid; Nitrafos; Abonissa.

Impacto de los Tratamientos Térmicos sobre las Propiedades Fisicoquímicas y Antioxidantes del Tomate Amarillo Ciruelo*

Impact of Heat Treatments on the Physicochemical and Antioxidant Properties of Yellow Plum Tomato

MARTÍNEZ-ÁLVAREZ, JORGE ARMANDO¹; MARTÍNEZ-GIRÓN, JADER²; QUINTERO-ÁNGEL, MAURICIO³

RESUMEN

*El tratamiento térmico del tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) es una práctica convencional tanto en el hogar como en la agroindustria para la elaboración de diversos productos de consumo mundial, como purés, pastas, conservas y salsas. En esta investigación se estudió el efecto de distintos métodos de procesamiento como el freído, cocción y escaldado sobre los parámetros fisicoquímicos (% humedad, pH, % acidez, °Brix, índice de madurez y color CIEL*a*b*), la composición proximal (% cenizas, % proteína, % fibra, % carbohidratos y % grasa) y compuestos con actividad antioxidante (licopeno, betacaroteno, vitamina C) en el tomate amarillo ciruelo (*Solanum Lycopersicum* L., Var. Blondkopfchen); una variedad poca estudiada desde el punto de vista agroindustrial. Tres tratamientos térmicos fueron aplicados: freído en aceite ve-*

* Proyecto de origen: Propiedades fisicoquímicas y antioxidantes del tomate amarillo ciruelo. Financiación: Universidad del Valle Seccional Palmira. Culminación: 20 de julio de 2025.

- 1 Universidad del Valle - Cali, Grupo de investigación en Sistemas Socio-Ecológicos Sustentables. Estudiante de Ingeniería de Alimentos. Cali, Colombia. <https://orcid.org/0009-0004-6226-4922>
- 2 Universidad del Valle - Seccional Palmira, Grupo de investigación en Sistemas Socio-Ecológicos Sustentables. Doctor en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Palmira, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-4191-5445>
- 3 Universidad del Valle - Seccional Palmira, Grupo de investigación en Sistemas Socio-Ecológicos Sustentables. Doctor en Ciencias Ambientales. Palmira, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-3680-7458>

Correspondencia: martinez.jorge@correounivalle.edu.co

getal (150 °C por 3 minutos), escaldado en agua (90 °C por 5 minutos) y cocción en agua (92 °C por 10 minutos), en comparación con un control (tomate fresco). Los resultados mostraron que se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos principalmente en el freído donde se encontró una concentración de 1,25 mg/100 g de vitamina C y 2,60 mg/100 g de licopeno; el escaldado 4,98 mg/100 g de vitamina C y 1,82 mg/100 g de licopeno; mientras que la cocción 3,05 mg/100 g de vitamina C y 2,28 mg/100 g de licopeno con un ligero aumento del color a^* , b^* y betacaroteno frente al control. Con base en estos resultados se concluye que los procesos térmicos tradicionales modifican la calidad nutricional del tomate ciruelo amarillo. Aunque la vitamina C tiende a reducirse, el contenido de licopeno aumenta y la actividad antioxidante muestra una ligera disminución respecto al fruto en estado fresco. Esta información resulta valiosa para perfeccionar los procesos de transformación y promover el uso de esta variedad poco investigada.

ABSTRACT

Heat treatment of tomato (*Solanum Lycopersicum* L.) is a conventional practice both at home and in the agroindustry for the production of various products for global consumption, such as purees, pastes, preserves and sauces. This research studied the effect of different processing methods such as frying, cooking and blanching on the physicochemical parameters (% moisture, pH, % acidity, °Brix, maturity index and CIEL*a*b* color), proximate composition (% ash, % protein, % fiber, % carbohydrates and % fat) and compounds with antioxidant activity (lycopene, beta-carotene, vitamin C) of yellow plum tomato (*Solanum Lycopersicum* L., Var. Blondkopfchen), a variety little studied from the agroindustrial point of view. Three heat treatments were applied: frying in vegetable oil (150 °C for 3 minutes), blanching in water (90 °C for 5 minutes), and cooking in water (92 °C for 10 minutes), compared to a control (fresh tomato). The results showed significant differences between treatments, mainly in frying, where a concentration of 1,25 mg/100 g of vitamin C and 2,60 mg/100 g of lycopene was found; blanching 4,98 mg/100 g of vitamin C and 1,82 mg/100 g of lycopene; while cooking 3,05 mg/100 g of vitamin C and 2,28 mg/100 g of lycopene with a slight increase in the color a^* , b^* and beta-carotene compared to the control. Based on these results, it is concluded that traditional thermal processes modify the nutritional quality of the yellow plum tomato. Although vitamin C levels tend to decrease, lycopene levels increase, and antioxidant activity shows a slight decrease compared to fresh fruit. This information is valuable for improving processing processes and promoting the use of this under-researched variety.

PALABRAS CLAVE:

Vitamina C; Licopeno; Actividad antioxidante; Escaldado; Cocción; Freído; Tomate amarillo ciruelo; Tratamiento térmicos; Propiedades fisicoquímicas; Variedad Blondkopfchen.

KEYWORDS:

Vitamin C; Lycopene; Antioxidant activity; Blanching; Cooking; Frying; Yellow plum tomato; Heat treatment; Physicochemical properties; Blondkopfchen variety.

Análisis Sociocultural de la Finca Ancestral Afrodescendiente del Norte del Cauca

Sociocultural Analysis of the Afro-Descendant Ancestral Farm in Northern Cauca

ALEGRÍA-FERNANDEZ, GUSTAVO-ADOLFO¹; LONDOÑO-VELEZ, LUIS-ALFREDO²; PEREZ-LOBATO, CRISTIAN-ANDRES³.

RESUMEN

En el norte del departamento del Cauca (Colombia) la expansión del modelo agroindustrial de azúcar, junto con la crisis climática, puso en riesgo la finca ancestral afrodescendiente y la sustentabilidad territorial (el monocultivo de caña concentra del 50 al 90 % del área agrícola en los once municipios, acapara cerca del 90 % del recurso hídrico, afectó la biodiversidad, deterioró suelos, incrementó uso de agroquímicos y redujo la oferta alimentaria. Las organizaciones y comunidades negras se han propuesto fortalecer la Finca Ancestral como forma de resistencia, bienestar y producción sustentable. En este contexto la investigación se propuso: evaluar la sustentabilidad de fincas ancestrales, diseñar rutas de transición agroecológica para cada una e identificar principios que permitan escalar los resultados para el diseño de sistemas resilientes y pertinentes culturalmente. El estudio se desarrolló en ocho fincas representativas (≥ 1 ha), ubicadas en el Consejo Comunitario Alto Cauca (Municipio Puerto Tejada), seleccionadas por criterios de biodiversidad, arraigo cultural y liderazgo familiar. La metodología se fundamenta en la Investigación Acción Participativa (IAP), de tipo descriptiva-participativa, estructurada en tres momentos: (1) caracterización agroecológica y agrimensura de los sistemas productivos; (2) aplicación de batería de 56 indicadores de sustentabilidad agrupados en cinco dimensiones (ambien-

- 1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de investigaciones TULL. PhD. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-7211-108X>
- 2 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de investigaciones TULL. MSc. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-8319-6795>
- 3 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de investigaciones Bosques y Comunidad. MSc. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0001-5986-9355>

Correspondencia: cristianpl@unicauca.edu.co

tal, económica, sociocultural, técnico agrícola y técnico pecuario); y (3) diseño concertado de rutas de transición agroecológica con enfoque territorial. Los resultados evidencian: diversidad estructural y funcional en arreglos cacaoteros multiestrato superior al 80 %; prácticas agroecológicas con reducción del 40 % en uso de agroquímicos y mejora en condiciones de suelo >15 % frente a fincas convencionales; producción diversificada, escalonada y permanente; conservación de semillas criollas; alta oferta alimentaria, y manejo colectivo del conocimiento. Se concluye que las fincas ancestrales afrodescendientes representan modelos viables de transición agroecológica y resiliencia climática, y demandan políticas públicas diferenciadas que reconozcan su valor cultural, ambiental y productivo.

ABSTRACT

In the north of the department of Cauca (Colombia), the expansion of the agroindustrial sugar model, along with the climate crisis, has put ancestral Afro-descendant farms and territorial sustainability at risk. The sugarcane monoculture occupies between 50 % and 90 % of the agricultural area in the eleven municipalities, monopolizes nearly 90 % of water resources, affects biodiversity, degrades soils, increases the use of agrochemicals, and reduces food availability. Black organizations and communities have set out to strengthen the Ancestral Farm as a form of resistance, well-being, and sustainable production. In this context, the research aimed to: assess the sustainability of ancestral farms, design agroecological transition pathways for each, and identify principles to scale up the results for the design of resilient and culturally relevant systems. The study was carried out on eight representative farms (≥ 1 ha) located in the Alto Cauca Community Council (Municipality of Puerto Tejada), selected based on criteria of biodiversity, cultural rootedness, and family leadership. The methodology is based on Participatory Action Research (PAR), with a descriptive-participatory approach, structured in three stages: (1) agroecological characterization and land surveying of the production systems; (2) application of a set of 56 sustainability indicators grouped into five dimensions (environmental, economic, sociocultural, agricultural-technical, and livestock-technical); and (3) joint design of agroecological transition pathways with a territorial approach. The results show: structural and functional diversity in multi-strata cocoa-based systems exceeding 80%; agroecological practices that reduced agrochemical use by 40 % and improved soil conditions by more than 15 % compared to conventional farms; diversified, staggered, and continuous production; preservation of native seeds; high food availability; and collective knowledge management. It is concluded that Afro-descendant ancestral farms represent viable models of agroecological transition and climate resilience, and require differentiated public policies that recognize their cultural, environmental, and productive value.

PALABRAS CLAVE:

Resiliencia climática; Cultivos multiestratos; Sustentabilidad; Sistemas integrados de producción agropecuarios; Diversificación de fincas; Agroecología; Agricultura familiar; Diversificación productiva; Soberanía alimentaria; Biodiversidad.

KEYWORDS:

Climate resilience; Multi-strata crops; Sustainability; Integrated agro-livestock production systems; Farm diversification; Agroecology; Family farming; Productive diversification; Food sovereignty; Biodiversity.

Desempeño Agroecológico en Sistemas Ganaderos de Doble Propósito de la Zona Suroeste del Estado de México*

Agro-Ecological Performance in Dual- Purpose Livestock Systems of the Southwest Zone of the State of Mexico

SANTANA-CORRAL, JIMENA-MONSERRATH¹; PLATA-REYES, DALIA-ANDREA²; ESTRADA-FLORES, JULIETA-GERTRUDIS³; ARRIAGA-JORDÁN CARLOS-MANUEL⁴

RESUMEN

La producción ganadera de doble propósito en México es una de las actividades económicas primarias que contribuye significativamente al producto interno bruto (PIB) de la nación, representa aproximadamente el 40 % de la producción de carne bovina y el 30 % de la producción de leche. En función de las estrategias de gestión y manejo de estos sistemas

* Proyecto de origen: Evaluación del desempeño agroecológico para sistemas de producción lechera más sustentables. Financiación: Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI). Culminación: 30 de noviembre de 2027

1 Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Facultad de Planeación Urbana y Regional (FAPUR). Estudiante de la Licenciatura en Ciencias Ambientales. Toluca, México. <https://orcid.org/0009-0009-9503-4257>

2 Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Cuerpo académico en producción animal. Doctora en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Toluca, México. <https://orcid.org/0000-0001-9017-1177>.

3 Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Cuerpo académico en producción animal. Doctora en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Toluca, México. <https://orcid.org/0000-0002-3376-5128>

4 Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Cuerpo académico en producción animal. Doctor en Ciencias. Toluca, México. <https://orcid.org/0000-0002-6140-0847>

Correspondencia: daplatar@uaemex.mx

de producción hoy en día enfrentan grandes desafíos de índole ambiental, social y económico. La herramienta para la evaluación del desempeño agroecológico (TAPE) propuesta por la FAO en el año 2018, considera la evaluación multidimensional del desempeño agroecológico de los sistemas de producción. La parte de la encuesta (Pasos 0; contexto y descripción de las unidades de producción y 1; Caracterización de la transición agroecológica (CAET) de TAPE se desarrollaron en campo con 23 productores del municipio de Zacazonapan, en la región suroeste del Estado de México. Los productores participantes fueron seleccionados mediante un muestreo no probabilístico de bola de nieve. Las variables que describen a la unidad de producción se presentan utilizando estadísticas descriptivas usando la media y desviación estándar como medidas de tendencia central. El Paso 0, identificó que promedio de ganado de los productores participantes fue de $13 \pm 7,72$, la edad de $56,30 \pm 10,11$ años, los años de experiencia al frente de la unidad de producción de $29 \pm 17,14$. Para los resultados del Paso 1; Evaluación de los 10 elementos agroecológicos y tipología CAET, permitió identificar que el elemento agroecológico con mayor puntaje promedio fue Cultura y tradiciones alimentarias (68,84/100) y el de menor puntaje Co-creación e intercambio de conocimiento (16,66/100). En términos de CAET se identificó al 22 % de las unidades de producción en transición agroecológica inicial y al 78 % como no agroecológicas. Se concluye la necesidad de identificar y proponer estrategias tendientes a favorecer la transición agroecológica de los sistemas de producción.

PALABRAS CLAVE:

Agroecología; Desempeño; Impacto Ambiental; Sistemas de ganaderos de doble propósito; Sostenibilidad; Suroeste; TAPE; Tropical; Zacazonapan; México.

ABSTRACT

Dual-purpose livestock production in Mexico is one of the primary economic activities that contributes significantly to the nation's gross domestic product (GDP), accounting for approximately 40 % of beef production and 30 % of milk production. Depending on the management and management strategies of these production systems today, they face major environmental, social and economic challenges. The Agroecological Performance Assessment Tool (TAPE) proposed by FAO in 2018 considers the multidimensional assessment of the agroecological performance of production systems. The survey part (Step 0; context and description of the production units and Step 1; Characterisation of the agroecological transition (CAET) of TAPE were developed in the field with 23 producers from the municipality of Zacazonapan, in the southwest region of the State of Mexico. Participating farmers were selected through non-probabilistic snowball sampling. Variables describing the production unit are presented using descriptive statistics using mean and standard deviation as measures of central tendency. Step 0 identified the average number of cattle of the participating farmers as $13 \pm 7,72$, age as $56,30 \pm 10.11$ years, years of experience running the production unit as $29 \pm 17,14$. For the results of Step 1; Evaluation of the 10 agroecological elements and CAET typology, it was identified that the agroecological element with the highest average score was Food culture and traditions (68,84/100) and the lowest score was Co-creation and exchange of knowledge (16,66/100). In terms of CAET, 22 % of the production units were identified as being in initial agroecological transition and 78 % as non-agroecological. The conclusion is that there is a need to identify and propose strategies to favour the agroecological transition of the production systems.

KEYWORDS:

Agroecology; Performance; Environmental Impact; Dual Purpose Livestock Systems; Sustainability; Southwest; TAPE; Tropical; Zacazonapan; Mexico.

Consolidación de un Sistema Territorial de Innovación con Enfoque Diferencial en Comunidades Afrodescendientes e Indígenas del Pacífico Nariñense*

Strengthening a Territorial Innovation System with a Differential Approach in Afro-descendant and Indigenous Communities of the Nariño Pacific Region

ARDILA-FERNÁNDEZ, ANDRÉS-FELIPE¹; QUIÑONES-CHILLAMBO, JUAN-DAVID²; MORENO-CAICEDO, BETO-ALONSO³; ALARCÓN-BELTRÁN, KAREN-ANDREA⁴; VÁSQUEZ-CARDONA, DAVID⁵.

* Proyecto de origen: Consolidación del Sistema Territorial de Innovación con enfoque diferencial en comunidades afrodescendientes e indígenas del Pacífico nariñense. Financiación: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR. Culminación: 30 de noviembre de 2025.

- 1 Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA, Centro de Investigación El Mira. MSc. Tumaco, Nariño. <https://orcid.org/0000-0003-3636-4546>
- 2 Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA, Centro de Investigación El Mira. Ingeniero Agroforestal. Tumaco, Nariño. <http://orcid.org/0000-0003-3161-0226>
- 3 Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA, Centro de Investigación El Mira. Ingeniero Agroforestal. Tumaco, Nariño. <https://orcid.org/0000-0002-8283-5970>
- 4 Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA, Centro de Investigación El Mira. Ingeniero Agrónomo. Tumaco, Nariño. <https://orcid.org/0000-0003-4368-0395>
- 5 Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA, Centro de Investigación El Mira. PhD. Tumaco, Nariño. <https://orcid.org/0000-0003-0171-1915>

Correspondencia: aardila@agrosavia.co

RESUMEN

Las comunidades étnicas del Pacífico nariñense enfrentan barreras para el desarrollo rural, como la débil articulación institucional y la baja resiliencia de sus sistemas productivos, por tanto, para abordar esto, se implementó un proyecto que aporta al proceso de consolidar un Sistema Territorial de Innovación (STI) con enfoque diferencial, cuyo objetivo fue transformar los sistemas agroalimentarios locales en el Consejo Comunitario Bajo Mira y Frontera (afrodescendiente) y el Resguardo Indígena Awá El Gran Sábalo, mediante la integración de tecnologías y saberes locales. Se empleó una metodología de investigación-acción participativa que incluyó: 1) diagnóstico de los sistemas agroalimentarios; 2) co-diseño de estrategias para la reconversión productiva y el fortalecimiento de la gobernanza; y 3) implementación y validación de tecnologías adaptadas a cada contexto cultural y ambiental. El diagnóstico identificó una escasa apropiación tecnológica y una limitada planificación agroecológica, por tanto, como respuesta, en la comunidad Awá se implementó y validó un sistema agroalimentario piloto con enfoque agroecológico, diversificando con variedades de Agrosavia para validar de maíz, yuca, frijol y auyama. En la comunidad afrodescendiente, se rediseñaron sistemas agroforestales de cacao con clones de alta productividad (Agrosavia TCS 19) y especies forestales nativas, además de validar técnicas de rehabilitación y renovación para cacaotales improductivos. La experiencia demuestra que los STI, cuando se construyen desde las realidades territoriales y culturales, son motores efectivos de transformación rural. Este enfoque integra conocimientos ancestrales y científicos, promueve sistemas productivos resilientes y fortalece la autonomía y gobernanza de comunidades históricamente marginadas.

PALABRAS CLAVE:

Comunidades afrodescendientes;
Comunidades indígenas;
Sistemas agroalimentarios;
Agroecología; Gobernanza rural; Sistemas agroforestales (SAF); Reconversión productiva; Resiliencia socioecológica.

ABSTRACT

Ethnic communities in the Pacific region of Nariño face barriers to rural development, such as weak institutional coordination and the low resilience of their productive systems. To address this, a project was implemented to contribute to the consolidation of a Territorial Innovation System (TIS) with a differential approach. The goal was to transform local agri-food systems in the Bajo Mira y Frontera Community Council (Afro-descendant) and the Awá Indigenous Reserve El Gran Sábalo by integrating technologies and local knowledge. A participatory action research methodology was used, including: 1) diagnosis of agri-food systems, 2) co-design of strategies for productive transformation and governance strengthening, and 3) implementation and validation of technologies adapted to each cultural and environmental context. The diagnosis revealed low technological adoption and limited agroecological planning. In response, a pilot agri-food system with an agroecological approach was implemented and validated in the Awá community, diversifying crops with Agrosavia varieties of maize, cassava, beans, and squash. In the Afro-descendant community, cocoa agroforestry systems were redesigned using high-yield clones (Agrosavia TCS 19) and native forest species, along with the validation of rehabilitation and renovation techniques for unproductive cocoa plantations. This experience shows that TIS, when built from territorial and cultural realities, are effective drivers of rural transformation. This approach integrates ancestral and scientific knowledge, promotes resilient production systems, and strengthens the autonomy and governance of historically marginalized communities.

KEYWORDS:

Afro-descendant communities;
Indigenous communities; Agri-food systems; Agroecology; Rural governance; Productive reconversion; Agroforestry systems (AFS); Socio-ecological resilience.

Transformación Territorial Rural: Empoderamiento Femenino y Sostenibilidad a través de la Valorización de Residuos del Café

Rural Territorial Transformation: Women's Empowerment and Sustainability through Coffee Waste Valorization

GOMEZ-ESCUADERO, ANDREA¹; LOPEZ-VELASCO, DIANA-MARCELA²; MEJÍA-DORIA, CLARA-MARÍA³; MESA-MAZO, MONICA-JHOANA⁴.

RESUMEN

La producción cafetera colombiana genera aproximadamente el 43,6 % de residuos del peso del fruto, principalmente pulpa/cáscara y mucílago. Cuando no se gestionan adecuadamente, estos subproductos representan un problema ambiental, pero también una oportunidad para crear valor. Esta investigación evalúa su potencial como materia prima para alimentos funcionales, integrando sostenibilidad territorial y empoderamiento femenino rural. El estudio se realizó en Córdoba y Génova (Quindío), donde se recolectaron muestras de mucílago mediante fermentación controlada y cáscara por secado y molienda. Se realizaron análisis fisicoquímicos (humedad, pH, actividad de agua, °Brix) y funcionales (fibra, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante). En paralelo, se desarrollaron talleres con 35 mujeres caficultoras

- 1 Corporación Universitaria Empresarial Alexander Von Humboldt, Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Grupo de Investigación Eje cafetero, ciencia, ingeniería e industria. Doctorado en Ciencias. Armenia, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-8988-3553>
- 2 Corporación Universitaria Empresarial Alexander Von Humboldt, Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Grupo de Investigación Eje cafetero, ciencia, ingeniería e industria. Maestría en Ingeniería de Alimentos. Armenia, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-6487-0721>
- 3 Corporación Universitaria Empresarial Alexander Von Humboldt, Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Grupo de Investigación Eje cafetero, ciencia, ingeniería e industria. Doctorado en Ingeniería Química. Armenia, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-6248-6681>
- 4 Corporación Universitaria Empresarial Alexander Von Humboldt, Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Grupo de Investigación Eje cafetero, ciencia, ingeniería e industria. Doctorado en Ingeniería Automática. Armenia, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-7814-917X>

Correspondencia: andrea.gomez@unihumboldt.edu.co

para fortalecer capacidades en aprovechamiento de residuos y promover la apropiación social del conocimiento. Los resultados mostraron que el mucílago tiene alto contenido de sólidos solubles ($12,9 \pm 3,7$ °Brix), lo que resalta su potencial alimentario. Se evidenció que el método convencional de recolección afecta su calidad, por lo que se implementó un nuevo protocolo que permitió obtener un mucílago homogéneo, flexible, brillante, maleable y con agradables características organolépticas tras el secado. Este conocimiento fue transferido a las participantes mediante talleres prácticos. La cáscara presentó elevado contenido de fibra ($56,3 \pm 1,4$ %) y significativa presencia de compuestos fenólicos ($25,5 \pm 1,07$), reafirmando su valor funcional. Con estos insumos se desarrollaron dos prototipos alimentarios: una bebida fermentada de mucílago y un ingrediente panificable de cáscara. El proceso fortaleció la autonomía productiva de las mujeres, generó nuevas oportunidades económicas y consolidó dinámicas de economía circular. Así, la valorización de residuos del café se posiciona como una estrategia replicable para diversificar ingresos, mitigar impactos ambientales y empoderar a comunidades rurales mediante ciencia, sostenibilidad e inclusión.

ABSTRACT

Colombian coffee production generates approximately 43,6 % of the fruit's total weight as waste, mainly pulp/husk and mucilage. When not properly managed, these by-products pose an environmental problem but also represent an opportunity to create value. This research evaluates their potential as raw materials for functional foods, integrating territorial sustainability and rural female empowerment. The study was conducted in the municipalities of Córdoba and Génova (Quindío), where mucilage samples were collected through controlled fermentation and husks through drying and milling. Physicochemical (moisture, pH, water activity, °Brix) and functional analyses (fiber, phenolic compounds, and antioxidant capacity) were performed. Simultaneously, workshops were held with 35 women coffee growers to strengthen their capacities in waste utilization and promote the social appropriation of knowledge. The results showed that mucilage has a high content of soluble solids ($12,9 \pm 3,7$ °Brix), highlighting its potential as a food ingredient. It was found that the conventional collection method affects mucilage quality, prompting the implementation of a new protocol that yielded a homogeneous product with flexibility, shine, malleability, and pleasant organoleptic properties after drying. This knowledge was shared with participants through hands-on workshops. The husk exhibited a high fiber content ($56.3 \pm 1,4$ %) and a significant presence of phenolic compounds ($25,5 \pm 1,07$), reaffirming its functional value. Using these materials, two functional food prototypes were developed: a fermented mucilage beverage and a baking ingredient derived from husk. This process strengthened the productive autonomy of the women involved, created new economic opportunities, and fostered circular economy dynamics. Thus, coffee waste valorization emerges as a replicable strategy to diversify income, reduce environmental impacts, and empower rural communities through science, sustainability, and social inclusion.

PALABRAS CLAVE:

Transformación Territorial;
Empoderamiento Femenino;
Economía Circular; Bioeconomía;
Residuos Agrícolas; Café;
Desarrollo Rural Sostenible;
Innovación Alimentaria;
Apropiación Social;
Valor Agregado.

KEYWORDS:

Territorial Transformation;
Women's Empowerment;
Circular Economy; Bioeconomy;
Agricultural Waste; Coffee;
Sustainable Rural Development;
Food Innovation; Social
Appropriation; Added Value.

Caracterización y Priorización de Productos Alimenticios de Hoja de Coca (*Erythroxylum novogranatense*): Un Análisis para su Revalorización*

Characterization and Prioritization of Food Products from Coca Leaf (*Erythroxylum novogranatense*): An Analysis for its Revalorization

GUTIERREZ-VÉLEZ, LEADITH-ALEXANDRA¹; VIDAL-MORCILLO, MERLY-GISSELA²; SOLANO-RAMIREZ, SUSAN-JOHANA²

RESUMEN

La hoja de coca (*Erythroxylum coca* o *Erythroxylum novogranatense*) es un recurso biocultural con profundo arraigo nutricional y medicinal en las culturas andinas. No obstante, su potencial de mercado se ve limitado por normativas internacionales sobre sustancias psicoactivas que restringen su comercialización. Este estudio tuvo como objetivo caracterizar productos alimenticios derivados de la hoja de coca y priorizar uno de ellos, desde el análisis de la admisibilidad sanitaria en el marco de los requerimientos de la revisión crítica ante Naciones Unidas. Se implementó un diseño de investigación

* Proyecto de origen: Prototipado de productos elaborados con coca a partir de extractos y hoja seca/fresca en los resguardos de Toribío, San Francisco y Tacueyó (Cauca). Financiación: SENNOVA Culminación: 30 de diciembre de 2025.

1 Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Centro de Comercio y Servicios, Regional Cauca. Doctora en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-6589-1452>

2 Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Centro de Comercio y Servicios, Regional Cauca. Trabajadora social. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0002-3729-6231>

3 Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Centro de Comercio y Servicios, Regional Cauca. Especialista en alta gerencia. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0006-9524-6813>

Correspondencia: lagutierrezv@sena.edu.co

qualitativo basado en la Investigación Acción Participativa (IAP). Se realizó una revisión documental y normativa sobre los criterios de seguridad alimentaria aplicables. La recolección de datos primarios se llevó a cabo mediante entrevistas semiestructuradas y talleres participativos con actores clave de los resguardos indígenas de Toribío, San Francisco y Tacueyó (Cauca, Colombia), lo cual, permitió diagnosticar el contexto productivo y los usos tradicionales de la hoja. El análisis de admisibilidad sanitaria permitió establecer una hoja de ruta técnica y legal para la validación de productos de coca, se caracterizaron los sistemas de producción y manejo del cultivo, identificando puntos críticos para el cumplimiento de estándares de calidad; como resultado principal, se identificó y priorizó la harina de hoja de coca como el producto con mayor potencial para su desarrollo como prototipo alimentario, debido a su versatilidad y valor nutricional. El estudio establece un marco metodológico validado participativamente, que articula el conocimiento tradicional con los requisitos de la normativa sanitaria internacional, y la priorización de la harina de coca ofrece una vía tangible para la revalorización de este cultivo ancestral, promoviendo el desarrollo económico local y la soberanía alimentaria en las comunidades productoras. Este enfoque sirve como modelo para otros productos bioculturales subutilizados que enfrentan barreras regulatorias similares.

ABSTRACT

*The coca leaf (*Erythroxylum coca* and *Erythroxylum novogranatense*) is a biocultural resource with deep-rooted nutritional and medicinal significance in Andean cultures. However, its market potential remains limited by international regulations on psychoactive substances that restrict its commercialization. This study aimed to characterize food products derived from the coca leaf and prioritize one of them, based on an analysis of sanitary admissibility within the framework of the critical review requirements set by the United Nations. A qualitative research design was implemented, grounded in Participatory Action Research (PAR). A documentary and regulatory review was conducted on applicable food safety criteria. Primary data collection was carried out through semi-structured interviews and participatory workshops with key stakeholders from the Indigenous territories of Toribío, San Francisco, and Tacueyó (Cauca, Colombia). This process enabled the diagnosis of the productive context and the traditional uses of the coca leaf. The sanitary admissibility analysis led to the establishment of a technical and legal roadmap for the validation of coca-based products. The production systems and crop management practices were characterized, identifying critical control points to meet quality and safety standards. As a main outcome, coca leaf flour was identified and prioritized as the product with the greatest potential for development as a food prototype, due to its versatility and nutritional value. The study establishes a participatively validated methodological framework that integrates traditional knowledge with international sanitary regulations. The prioritization of coca flour offers a tangible pathway to revalue this ancestral crop, fostering local economic development and food sovereignty in coca-producing communities. This approach also serves as a model for other underutilized biocultural products facing similar regulatory barriers.*

PALABRAS CLAVE:

Admisibilidad sanitaria;
Erythroxylum coca; Conocimiento tradicional, Seguridad alimentaria; Desarrollo de productos; Investigación Acción Participativa (IAP); Normativa internacional; Actores claves; Territorios indígenas; Revisión crítica.

KEYWORDS:

Sanitary admissibility;
Erythroxylum coca; Traditional knowledge; Food safety; Product development; Participatory Action Research (PAR); International regulations; Key stakeholders; Indigenous territories; Critical review.

Hacerse Maestro en el Cauca desde la Soberanía Alimentaria y el Territorio

Becoming a Teacher in Cauca through Food Sovereignty and Territory

LOPEZ-HOYOS, CARLOS¹; SOLANO-PAZ, FERNEY²

RESUMEN

En los contextos rurales del Cauca, profundamente afectados por el aislamiento geográfico, la limitada presencia institucional, los impactos sociales del conflicto armado y la dependencia de cultivos ilícitos, la educación enfrenta el reto de replantear su pedagogía para responder a realidades complejas. Este trabajo documenta la experiencia de transformación pedagógica en la Institución Educativa Agrícola de Argelia, Cauca, orientada a recuperar la soberanía alimentaria y fortalecer el vínculo con el territorio. El problema identificado se centró en la pérdida progresiva de la identidad campesina, la disminución de cultivos tradicionales, el deterioro socio ambiental y la desvinculación entre el currículo escolar y las prácticas productivas locales. El objetivo fue desarrollar una práctica pedagógica que, desde el reconocimiento cultural y la participación comunitaria, promoviera aprendizajes significativos, productivos y sostenibles. A partir del año 2014 se rediseñaron contenidos en el área de producción agropecuaria, incluyendo prácticas pedagógicas contextualizadas como el cultivo de especies nativas, la valorización de la hoja de coca con fines alimenticios y medicinales, y la implementación de una tienda escolar alternativa que promueve hábitos alimenticios saludables y economía popular. La metodología adoptada combina trabajo colaborativo, investigación escolar y acciones prácticas articuladas al contexto local. Los resultados muestran un fortalecimiento del sentido de pertenencia, la autonomía y la conciencia crítica de los estudiantes, evidenciando la importancia de transformar la educación desde el territorio. La participación activa de familias y docentes demuestra la viabilidad de un modelo educativo que genera conocimiento significativo y fortalece el tejido social. Se concluye que la escuela puede ser un espacio vital para la reconstrucción de valores comunitarios, a partir de una propuesta educativa crítica, inclusiva y transformadora.

- 1 Institución Educativa Agrícola de Argelia, Área de Producción Agropecuaria, Argelia Soberana – Semillas de Resistencia. Ingeniero Agropecuario. Argelia, Colombia. <https://orcid.org/0009-0005-3375-6239>
- 2 Institución Educativa Agrícola de Argelia, Área de Producción Agropecuaria, Argelia Soberana – Semillas de Resistencia. Ingeniero Agroindustrial. Argelia, Colombia <https://orcid.org/0009-0009-4956-7036>

Correspondencia: carlopezhoyos@gmail.com

PALABRAS CLAVE:

Educación; Soberanía alimentaria; Identidad campesina; Territorio; Práctica pedagógica; Cultivos tradicionales; Contexto; Territorio; Aprendizaje significativo; Participación comunitaria; Tejido social.

ABSTRACT

In the rural contexts of Cauca, deeply affected by geographical isolation, limited institutional presence, the social impacts of armed conflict, and dependence on illicit crops, education faces the challenge of rethinking its pedagogy to address complex realities. This work documents the experience of pedagogical transformation at the Agricultural Educational Institution of Argelia, Cauca, aimed at recovering food sovereignty and strengthening the connection with the territory. The identified problem focused on the progressive loss of peasant identity, the decline of traditional crops, socio-environmental degradation, and the gap between the school curriculum and local productive practices. The objective was to develop a pedagogical practice that, through cultural recognition and community participation, would promote meaningful, productive, and sustainable learning. Since 2014, curricular content in the agricultural production area has been redesigned to include contextualized pedagogical practices such as the cultivation of native species, the valorization of coca leaves for food and medicinal purposes, and the implementation of an alternative school store that promotes healthy eating habits and a popular economy. The adopted methodology combines collaborative work, school-based research, and practical actions linked to the local context. The results show a strengthening of students' sense of belonging, autonomy, and critical awareness, highlighting the importance of transforming education from the territory. The active participation of families and teachers demonstrates the viability of an educational model that generates meaningful knowledge and strengthens the social fabric. It is concluded that the school can be a vital space for the reconstruction of community values through a critical, inclusive, and transformative educational proposal.

KEYWORDS:

Education; Food sovereignty; Peasant identity; Territory; Pedagogical practice; Traditional crops; Context; Territory; Meaningful learning; Community participation; Social fabric.

Transición Agroecológica y Valoración Territorial: Una Experiencia Participativa en la Caficultura Nariñense

Agroecological Transition and Territorial Valuation: A Participatory Experience in Nariñense Coffee Growing

REINA-LÓPEZ, ALEJANDRA-MAYELI¹; GÁLVEZ-CERÓN, ARTURO-LEONEL²

RESUMEN

La sostenibilidad de la agricultura familiar campesina, clave en la conservación de la agrobiodiversidad, se ve comprometida por la limitada participación local en proyectos agropecuarios. Por tanto, ante esta problemática, el presente estudio tuvo como objetivo construir estrategias de transición agroecológica mediante un proceso participativo de valoración territorial en la zona cafetera de Consacá, Nariño. Se empleó una metodología mixta que incluyó la reconstrucción histórica del territorio, la comparación de servicios ecosistémicos en dos fincas representativas (una en transición agroecológica y otra convencional), y la aplicación de la herramienta participativa 'Mi territorio ideal' para documentar las percepciones locales. Los resultados revelaron que la reforma agraria de 1963 impactó profundamente las dinámicas productivas y sociales, propiciando monocultivos y dependencia externa. Comparativamente, la finca en transición agroecológica exhibió una mayor diversidad (Índice de Shannon 4,15 vs. 2,46 en la finca convencional). El análisis

1 Universidad de Nariño, Programa de Zootecnia. Grupo de Investigación en Producción Pecuaria-PROPEC. MSc. Pasto, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-8626-2559>

2 Universidad de Nariño, Programa de Zootecnia. Grupo de Investigación en Producción Pecuaria-PROPEC. PhD. Pasto, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-4454-3405>

Correspondencia: amreina@udenar.edu.co

participativo destacó la alta valoración de sistemas productivos basados en asociaciones de café, plátano y banano por su relevancia económica, social y cultural, configurándolos como eje del 'territorio ideal'. Asimismo, la meliponicultura surgió como una alternativa viable para la polinización del café y la diversificación de ingresos, adaptada a las limitaciones de espacio y tenencia de la tierra de los predios familiares. Se concluye que la articulación de saberes tradicionales y conocimiento técnico mediante metodologías participativas es fundamental para diseñar estrategias de transición agroecológica que sean contextualizadas, sostenibles y socialmente legitimadas por las comunidades campesinas. Este enfoque resalta la importancia de la participación comunitaria para la construcción de sistemas agrícolas más resilientes.

ABSTRACT

The sustainability of family farming, key to the conservation of agrobiodiversity, is compromised by limited local participation in agricultural projects. Therefore, in response to this problem, this study aimed to develop agroecological transition strategies through a participatory territorial assessment process in the coffee-growing region of Consacá, Nariño. A mixed methodology was used, including historical reconstruction of the territory, comparison of ecosystem services on two representative farms (one in agroecological transition and one conventional), and the application of the participatory tool "My Ideal Territory" to document local perceptions. The results revealed that the 1963 agrarian reform profoundly impacted productive and social dynamics, fostering monocultures and external dependence. Comparatively, the farm in agroecological transition exhibited greater diversity (Shannon Index 4,15 vs. 2,46 in the conventional farm). The participatory analysis highlighted the high value placed on production systems based on coffee, plantain, and banana associations due to their economic, social, and cultural relevance, making them the cornerstone of the "ideal territory." Likewise, meliponiculture emerged as a viable alternative for coffee pollination and income diversification, adapted to the space and land tenure limitations of family farms. It is concluded that the integration of traditional knowledge and technical expertise through participatory methodologies is essential for designing agroecological transition strategies that are contextualized, sustainable, and socially legitimized by rural communities. This approach highlights the importance of community participation in building more resilient agricultural systems.

PALABRAS CLAVE:

Agricultura familiar;
Meliponicultura;
Servicios ecosistémicos;
Agrobiodiversidad; Sistemas participativos; Caficultura sostenible; Saberes locales; Nariño; Transición agroecológica; Valoración territorial.

KEYWORDS:

Family farming; Meliponiculture; Ecosystem services; Agrobiodiversity; Participatory systems; Sustainable coffee farming; Local knowledge; Nariño; Agroecological transition; Territorial valuation.

Perfil productivo de Unidades de Producción Familiar: Perspectiva de sustentabilidad y desarrollo territorial

Productive profile of Family Production Units: Perspective of sustainability and territorial development

RISUEÑO-SOLARTE, MÓNICA¹

RESUMEN

Las estrategias de desarrollo rural suelen enfocarse en la Unidad de Producción Familiar (UPF) como una entidad aislada. No obstante, la viabilidad de este modelo resulta cuestionable, dado que no todas las UPF logran consolidarse de manera sostenible. Este estudio examina los perfiles productivos de UPF cafeteras con el propósito de analizar cómo los modelos de gestión inciden en la sustentabilidad, y explorar la pertinencia de enfoques territoriales alternativos. Se adoptó una metodología cualitativa mediante el análisis comparativo de estudios de caso, en los que se contrastaron diversos perfiles productivos, desde sistemas centrados exclusivamente en el monocultivo de café hasta unidades diversificadas con procesos de transformación y comercialización. El análisis permitió identificar que, a medida que las UPF transitan hacia esquemas productivos más complejos, se incrementan las demandas en términos de gestión y recursos disponibles. Los hallazgos sugieren que la diversificación, entendida como estrategia de fortalecimiento económico y ecológico, no es factible para todas las fincas si se plantea de forma aislada. Esta limitación pone en evidencia la fragilidad de las políticas de desarrollo rural centradas exclusivamente en la escala predial. Como conclusión, se sostiene que la sustentabilidad de las UPF no depende únicamente de sus capacidades internas, sino también de su articulación con otras unidades productivas. Se propone, por tanto, una transición desde un enfoque centrado en la finca hacia un paradigma de desarrollo territorial. Este cambio posibilita mejoras en los procesos productivos, la diversificación de actividades, una vinculación más sólida con mercados locales, regionales e internacionales, y la consolidación de un campesinado visibilizado y valorado social y económicamente. Los resultados aspiran a incidir tanto en la formulación de políticas públicas como en el fortalecimiento organizativo de redes comunitarias campesinas.

1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de investigaciones TULL. PhD. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-3744-1355>

PALABRAS CLAVE:

Unidades de Producción Familiar; Perfil productivo; Gestión agrícola; Diversificación productiva; Sustentabilidad; Caficultura; Estudio de caso cualitativo; Sistema de Producción; Redes de productores; Desarrollo Territorial.

ABSTRACT

Rural development strategies tend to focus on the Family Production Unit (UPF) as an isolated entity. However, the viability of this model is questionable, given that not all of them are able to consolidate in a sustainable manner. This study examines the productive profiles of coffee FFPUs in order to analyze how management models affect sustainability, and to explore the relevance of alternative territorial approaches. A qualitative methodology was adopted through the comparative analysis of case studies, in which diverse productive profiles were contrasted, from systems focused exclusively on coffee monoculture to diversified units with transformation and commercialization processes. The analysis made it possible to identify that, as the UPFs move towards more complex production schemes, the demands in terms of management and available resources increase. The findings suggest that diversification, understood as a strategy for economic and ecological strengthening, is not feasible for all farms if approached in isolation. This limitation highlights the fragility of rural development policies focused exclusively on the farm scale. In conclusion, it is argued that the sustainability of UPFs depends not only on their internal capacities, but also on their articulation with other productive units. Therefore, a transition from a farm-centered approach to a territorial development paradigm is proposed. This change makes possible improvements in production processes, diversification of activities, stronger linkages with local, regional and international markets, and the consolidation of a peasantry that is visible and valued socially and economically. The results aspire to influence both the formulation of public policies and the organizational strengthening of rural community networks.

KEYWORDS:

Family Production Units; Productive Profile; Agricultural Management; Productive Diversification; Sustainability; Coffee Growing; Qualitative Case Study; Production System; Producer Networks; Territorial Development.

Modelo de Gestión Hídrica para los Sistemas de Producción de Aguacate en el Estado de México*

Water Management Model for Avocado Production Systems in the State of Mexico

LOAIZA-GONZÁLEZ, JEISON-JAVIER¹

RESUMEN

Esta investigación explora la importancia del agua para la producción agrícola y pone en evidencia los desafíos relacionados con su escasez y saqueo bajo los modelos agroalimentarios neoliberales. Frente a este problema, se propone un Modelo de Gestión Hídrica para la Agricultura (MOGHIPA), teniendo como referente empírico la asociación de pequeños productores de aguacate "La Libertad", del municipio de Donato Guerra-Estado de México. El modelo está estructurado metodológicamente desde un enfoque mixto dividido en tres fases: (1) partiendo del estudio de caso y diagnóstico participativo, se identifica los usos del agua por parte de los productores de aguacate y se revela la conciencia y disposición de los agricultores para proteger las fuentes hídricas; (2) aplicando el modelo de rendimiento hídrico "Water Yield" del software Terrset 2020, se establece la relación entre la cobertura forestal y la provisión hídrica para el cultivo de aguacate, llegando a la conclusión que se requieren 1,35 ha de bosque para sostener 1 ha de cultivo de aguacate en la zona; y (3) a partir de la elaboración de un plan de reforestación generado por medio del marco lógico, se discute, bajo los conceptos de soberanía hídrica y territorios hidrosociales, si efectivamente estos planes ayudan a resolver estructuralmente los problemas hídricos de los territorios. Los resultados indican que, aunque la reforestación no resuelve por sí sola la

* Proyecto de origen: "Modelo de gestión hídrica para los sistemas de producción de aguacate en el Estado de México". Financiación: Conacyt (hoy Secihti). Culminación: 4 de septiembre de 2024.

1 Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR), Maestro en Agroindustria Rural, Desarrollo Territorial y Turismo Agroalimentario. Toluca de Lerdo, México. <https://orcid.org/0000-0003-3021-247X>

Correspondencia: jloaizag001@alumno.uaemex.mx

escasez estructural de agua, su implementación fortalece la consciencia ambiental, cuestiona lógicas mercantilistas y, junto con los datos obtenidos con el despliegue del modelo de rendimiento hídrico y las directrices del MOGHIPA, ofrece una hoja de ruta práctica para la planificación y conservación del agua en territorios rurales aguacateros.

ABSTRACT

This research explores the importance of water for agricultural production and highlights the challenges related to its scarcity and exploitation under neoliberal agri-food models. In response to this problem, a Water Management Model for Agriculture (MOGHIPA) is proposed, using as an empirical reference the association of small avocado producers “La Libertad,” located in the municipality of Donato Guerra, State of Mexico. The model is methodologically structured from a mixed-methods approach, divided into three phases: (1) based on a case study and participatory diagnosis, the uses of water by avocado producers are identified, revealing farmers’ awareness and willingness to protect water sources; (2) by applying the “Water Yield” model from the TerrSet 2020 software, the relationship between forest cover and water provision for avocado cultivation is established, concluding that 1,35 hectares of forest are required to sustain 1 hectare of avocado crops in the area; and (3) through the development of a reforestation plan using the logical framework approach, it is discussed—under the concepts of water sovereignty and hydrosocial territories—whether these plans can structurally address the water-related challenges in the region. The results indicate that although reforestation alone does not resolve the structural scarcity of water, its implementation strengthens environmental awareness, challenges market-driven logics, and—together with data obtained through the water yield model and the guidelines of MOGHIPA—offers a practical roadmap for water planning and conservation in rural avocado-producing territories.

PALABRAS CLAVE:

Agricultura sustentable; Desarrollo territorial; Gestión hídrica; Aguacate; Centro de México; Rendimiento hídrico; Servicios ecosistémicos; Water Yield; Reforestación; Soberanía hídrica; Territorios hidrosociales.

KEYWORDS:

Sustainable agriculture; Territorial development; Water management; Avocado; Central Mexico; Water yield; Ecosystem services; Water Yield; Reforestation; Water sovereignty; Hydrosocial territories.

Gestión del Conocimiento. Una Herramienta para Fortalecer la Apropiación de la Ganadería Sostenible en los Territorios

Knowledge Management. A Tool to Strengthen the Appropriation of Sustainable Livestock Farming in the Territories

MUÑOZ-QUICENO, JHON-JAIRO¹

RESUMEN

La adopción de prácticas sostenibles es un desafío central para la competitividad del sector ganadero. Este estudio describe y analiza las Brigadas Tecnológicas Ganaderas (BTG) de FEDEGAN-FNG, como estrategia basada en la gestión del conocimiento, para acelerar la apropiación de innovaciones en ganadería sostenible en los territorios. Describir la experiencia de las BTG llevadas a cabo en el departamento del Cauca. Se aplicó una metodología de gestión del conocimiento entre 2022 y 2024. A través de 34 BTG, 930 productores del departamento del Cauca participaron en un proceso estructurado para gestionar y transformar su conocimiento tácito en un nuevo conocimiento complementado por un conocimiento explícito. El método incluyó fases de socialización, externalización, combinación e interiorización, utilizando talleres y matrices para jerarquizar y priorizar colectivamente las necesidades tecnológicas y de gestión en torno a la ganadería sostenible. El proceso de priorización comunitaria identificó cinco áreas de intervención clave: 1) planeación estratégica de la actividad ganadera, 2) implementación de sistemas silvopastoriles, 3) capacitación continua en

1 FEDEGAN – Fondo Nacional del Ganado. M.Sc. Gestión de Organizaciones y Proyectos. Popayán, Cauca. <https://orcid.org/0000-0001-7945-8716>

Correspondencia: jhon.munoz@fedegan-fng.org.co

ganadería sostenible, 4) fortalecimiento de la asociatividad y 5) mejora en la articulación a mercados. El modelo de BTG demuestra ser una herramienta eficaz para diagnosticar y direccionar estratégicamente los recursos hacia las demandas reales de los productores ya que, la gestión del conocimiento, aplicada de forma participativa, no solo genera planes de mejora pertinentes, sino que también fomenta la apropiación tecnológica, fortaleciendo la sostenibilidad y la competitividad del sector ganadero.

ABSTRACT

Sustainable practices adoption is a key challenge for the competitiveness of the livestock sector. This study describes and analyzes FEDEGAN-FNG's Livestock Technology Brigades (BTG) as a strategy based on knowledge management to accelerate the appropriation of sustainable livestock innovations in territories. To describe the experience of the BTGs carried out in the department of Cauca. A knowledge management methodology was applied between the years 2022 and 2024. Through 34 BTGs, a total of 930 producers in the department of Cauca participated in a structured process to manage and transform their tacit knowledge into new knowledge complemented by explicit knowledge. The method included socialization, externalization, combination and internalization stages through workshops, matrices to identify key priorities, and collectively organize, prioritize technological, and management practices according to sustainable livestock production needs. The community prioritization process identified five key areas of intervention: 1) strategic planning of livestock activities, 2) implementation of silvopastoral systems, 3) continuous training in sustainable livestock production, 4) strengthening of associativity and 5) improvement of market linkages. The BTG model proves to be an effective tool for diagnosing and strategically directing resources towards the real demands of producers due to knowledge management applied into a participatory manner, not only generates relevant improvement plans, but also fosters technological appropriation, strengthening the sustainability and competitiveness of the livestock sector.

PALABRAS CLAVE:

Brigadas Tecnológicas Ganaderas (BTG); Sostenibilidad; Sistemas silvopastoriles; Desarrollo rural; Transferencia de tecnología; Innovación agraria; Planeación estratégica; Investigación participativa; Extensión rural; Competitividad.

KEYWORDS:

Livestock Technology Brigades (BTG); Sustainability; Silvopastoral systems; Rural development; Technology transfer; Agricultural innovation; Strategic planning; Participatory research; Rural extension; Competitiveness.

Valorización de Residuos de Cáscaras de *Bixa orellana* y Aserrín de *Pinus maximinoi* para la Producción Sostenible de Tableros Aglomerados

Valorization of *Bixa Orellana* Husk Residues and *Pinus Maximinoi* Sawdust for Sustainable Particleboard

CAMPO-UNI, FAVER-ORLANDO¹; MENESES-SANTANA, HILLARY-ALEXANDRA²; TORRES-ANDRADE, PAOLA-ANDREA³

RESUMEN

El cultivo de achioté (*Bixa orellana*) en Colombia ha incrementado debido a la creciente demanda de bixina, un colorante natural extraído de sus semillas. Las cápsulas que envuelven las semillas, principal residuo generado tras la cosecha, representan una fracción significativa de biomasa y constituyen una fuente potencial para el desarrollo de materiales sostenibles. El objetivo de este estudio fue evaluar la viabilidad de fabricar materiales compuestos a partir de mezclas de cáscaras de achioté y aserrín de *Pinus maximinoi*. Se elaboraron tableros aglomerados utilizando cuatro formulaciones (100 % achioté; 80 % achioté-20 % aserrín; 50 %-50 %; y 100 % aserrín), y empleando poliacetato de vinilo (Afix Carpincol MR-60) como adhesivo en una proporción del 50 % respecto al peso total de cada mezcla. Las propiedades evaluadas incluyeron densidad, absorción de agua y módulo de elasticidad (MOE). Los tableros con 100 % achioté presentaron la mayor densidad con 739,67 kg/m³, mientras que los de 100 % aserrín registraron la más baja con 610,79 kg/m³. Todos los tratamientos muestra-

- 1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, estudiante de Ingeniería Forestal. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0006-2727-6201>
- 2 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, estudiante de Ingeniería Forestal. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0003-7462-748X>
- 3 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Programa de Ingeniería Forestal. PhD en Ciencias de la Madera. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-6699-8676>

Correspondencia: faveruni@unicauca.edu.co

ron alta capacidad de absorción de agua. El MOE fue similar entre los tableros de 100 % achioté (133,12 MPa) y 100 % aserrín (133,92 MPa). Estos resultados confirman la viabilidad de emplear cáscaras de achioté como materia prima alternativa en la producción de materiales compuestos. Por lo tanto, la cáscara de achioté podría ser utilizada como un sustituto parcial o total del aserrín en la fabricación de tableros aglomerados, sin comprometer significativamente las propiedades mecánicas, aunque se requiere mejorar su comportamiento frente a la absorción de agua para aplicaciones con alto riesgo de humedad.

ABSTRACT

The cultivation of *Bixa orellana* (achiote) has increased in Colombia due to rising demand for bixin, a natural pigment extracted from its seeds. The seed capsules, which represent the main post-harvest residue and account for a significant portion of the plant's biomass, are often discarded, yet offer potential as a raw material for sustainable product development. This study evaluated the feasibility of producing composite panels using combinations of achiote husks and *Pinus maximinoi* sawdust. Four formulations were prepared (100 % achiote, 80:20 achiote-to-sawdust, 50:50, and 100 % sawdust) using polyvinyl acetate (Afix Carpincol MR-60) as the binder at 50% of the total dry weight. Physical and mechanical properties—density, water absorption, and modulus of elasticity (MOE)—were assessed. Boards made from 100 % achiote had the highest density (739,67 kg/m³), while those from 100% sawdust showed the lowest (610,79 kg/m³). All boards exhibited high water absorption. MOE values were comparable between the 100 % achiote (133,12 MPa) and 100 % sawdust (133,92 MPa) panels. These findings demonstrate that achiote husks can serve as a viable alternative to wood-based residues in particleboard production. However, to expand their application—particularly in moisture-prone environments—future efforts should focus on improving water resistance.

PALABRAS CLAVE:

Bixa orellana; Cáscaras de achioté; Materiales compuestos; Tableros aglomerados; Aserrín de *Pinus maximinoi*; Residuos agroindustriales; Poliacetato de vinilo; Densidad; Absorción de agua; Valorización.

KEYWORDS:

Bixa orellana; Achiote husks; Composite panels; Particleboard; *Pinus maximinoi* sawdust; Agrowaste; Polyvinyl acetate; Density; Water absorption; Composite materials; Added value.

Limitantes y desafíos del Manejo Forestal Comunitario en zonas forestales del Centro de México

Challenges and Constraints of Community Forest Management in Central Mexico

NAVA-BERNAL, GABINO¹; MILLAN-ROJAS, LAURA²; ÁVILA-AKERBERG, VICTOR³.

RESUMEN

La implementación de programas de desarrollo forestal que impulsan el Manejo Forestal Comunitario enfrenta desafíos socioeconómicos e institucionales. Actualmente existe una incongruencia entre la visión conceptual del Manejo Forestal Comunitario (MFC) y la forma en que los actores gubernamentales implementan los programas de desarrollo forestal, lo que podría ser una limitante y un desafío para alcanzar las metas de un manejo forestal sustentable. El objetivo de este trabajo es establecer la interpretación que se le da al MFC desde la visión académica y de la gestión gubernamental. Se toma como caso de estudio el Bosque de Agua una región de alta relevancia hídrica y ecológica. Se realizó una investigación cualitativa exploratoria, primero se llevó a cabo un análisis documental de 50 fuentes bibliográficas sobre MFC y segundo se analiza mediante Excel, información disponible de la implementación del programa federal, Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable en 73 núcleos agrarios que corresponden a la región del Bosque de Agua. Los resultados del análisis documental indican que el MFC hace referencia al conjunto de prácticas en que las comunidades manejan

- 1 Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Grupo de Investigación Sistemas Ecológicos y Sustentabilidad Agroecológica en Áreas de Montaña. Doctor en Ciencias. Toluca, México <https://orcid.org/0000-0001-9329-2265>
- 2 Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Grupo de Investigación Sistemas Ecológicos y Sustentabilidad Agroecológica en Áreas de Montaña. Doctora en sustentabilidad para el desarrollo. Toluca, México. <https://orcid.org/0000-0003-1187-9287>.
- 3 Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología. Grupo de Investigación Sistemas Ecológicos y Sustentabilidad Agroecológica en Áreas de Montaña. Doctor en Ciencias. Toluca, México. <https://orcid.org/0000-0001-5369-0920>

Correspondencia: gnavab@uaemex.mx

y aprovechan sus bosques y que surge de interpretación social para conocer el rol de las comunidades sobre los ecosistemas forestales. De 2017 a 2022 los gestores gubernamentales otorgaron incentivos económicos al 45 % de los núcleos agrarios, para realizar actividades que contribuyan al MFC. Sin embargo, estas acciones se limitan a capacitación, asesoría, actualización agraria o estudios para solicitar permisos de aprovechamiento, interpretándose como la operacionalización del concepto de MFC. Este estudio evidencia una posible interpretación errónea del MFC en el Bosque de Agua, pero puede proporcionar una base empírica de reinterpretar el concepto para diseñar políticas más efectivas. Se recomienda fortalecer la gobernanza forestal comunitaria, las capacidades y coordinación interinstitucional. Así como investigaciones y evaluaciones del impacto de estas intervenciones institucionales.

PALABRAS CLAVE:

Manejo Forestal Comunitario; Sustentabilidad; Participación comunitaria; Gobernanza forestal; Desarrollo rural; Bosque de agua; Actores gubernamentales; Ecosistemas forestales; Programas forestales; Territorio.

ABSTRACT

The implementation of forest development programs that promote community forest management faces socio-economic and institutional challenges. Currently, there is an incongruence between the conceptual vision of Community Forest Management (CFM) and the way in which government actors implement forest development programs, which could be a limitation and a challenge to achieving the goals of sustainable forest management. The objective of this paper is to determine the interpretation of CFM from the academic and governmental management point of view. The Bosque de Agua, a region of high hydrological and ecological importance, is used as a case study. Exploratory qualitative research was carried out, firstly, a documentary analysis of 50 bibliographic sources on CFM and, secondly, an Excel analysis of the available information on the implementation of the Federal Program of Support for Sustainable Forest Development in 73 agrarian nuclei corresponding to the region of Bosque de Agua. The results of the documentary analysis indicate that the CFM refers to the set of practices in which communities manage and exploit their forests, and that it arises from social interpretation to know the role of communities on forest ecosystems. From 2017 to 2022, the government granted economic incentives to 45 % of the agrarian nuclei to carry out activities that contribute to CFM. However, these actions are limited to training, extension, updating of agrarian laws or studies to apply for harvesting permits, interpreted as operationalization of the CFM concept. This study demonstrates a possible misinterpretation of CFM in the Bosque de Agua but can provide an empirical basis for reinterpreting the concept to design more effective policies. It is recommended that community forest governance, capacity and inter-institutional coordination be strengthened. As well as research and evaluation of the impact of these institutional interventions.

KEYWORDS:

Community Forest; management; Sustainability; Community participation; Forest governance; Rural development; Bosque de agua; Governmental stakeholders; Forest ecosystems; Forestry programs; Territory.

Producción de Plántulas de *Retrophyllum rospigliosii* en Viveros y Áreas Potenciales de Reforestación Mediante la Técnica de Modelamiento

Seedling Production of *Retrophyllum rospigliosii* in Nurseries and Potential Reforestation Areas Using Modelling Technique

CAMARENA-YUPANQUI, ROZLY¹; ORELLANA-MENDOZA, EDITH¹; BERNAOLA-PÁUCAR, ROSARIO-MARILÚ²; AMES-MARTÍNEZ, FRESSIA-NATHALIE³; LOARDO-TOVAR, HAROLD¹; QUISPE-MELGAR, HAROLD-RUSBELTH⁴

RESUMEN

*El éxito de los proyectos de reforestación y restauración depende de varios factores, siendo cruciales el manejo adecuado de las plántulas y la selección de un área de plantación apropiada. En Perú, las poblaciones de *Retrophyllum rospigliosii* (Ulcumano) han disminuido debido a la tala intensiva de una de las maderas más valiosas de los bosques tropicales de Sudamérica. Existen pocos estudios que unifiquen la producción de plantas en viveros y la identificación de áreas adecuadas para instalar las plantas producidas. El estudio consta de dos componentes. El primero consistió en optimizar el proceso de producción de plantas mediante un experimento que evaluó los efectos de tres dosis de fertilizante de liberación controlada (FLC) (4,2, 8,4 y 12,6 g/L) y dos tamaños de contenedores (115 y 180 cc) sobre la calidad morfológica de las plántulas en el vivero. La composición del FLC (Basacote Plus 6M) fue N-P2O5-K2O en una concentración de 16 %-8 %-12 %) respectivamente, 2 % de Mg, 12 % de S, entre otros micronutrientes. El segundo componente consistió*

- 1 Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente. Ing. Forestal y Ambiental, Huancayo; Dr. en Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible; Ing. Forestal y Ambiental. Huancayo, Perú. <https://orcid.org/0009-0007-9682-8169>; <https://orcid.org/0000-0002-9597-2130>; <https://orcid.org/0000-0002-7710-8568>
- 2 Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Dr. Tarma, Perú. <https://orcid.org/0000-0003-0397-3898>
- 3 Programa de Investigación de Ecología y Biodiversidad, Asociación ANDINUS. Ing. Química. Huancayo, Perú. <https://orcid.org/0000-0003-2840-3154>
- 4 Universidad Continental, Facultad de Ciencias de la Salud. Ing. Forestal y Ambiental. Huancayo, Perú. <https://orcid.org/0000-0001-6676-0879>

Correspondencia: edithorellana1@gmail.com

en identificar áreas potenciales de reforestación mediante modelos de nicho ecológico, basados en variables climáticas y edáficas. La tasa promedio de germinación fue del 85 % a los 120 días. Seis meses después del trasplante de las plántulas, los tratamientos con 4,2 g/L de FLC en contenedores de 115 cc y 180 cc mostraron el mayor efecto positivo en las variables morfológicas de las plántulas, con un diámetro del cuello radicular de 3,76 mm y una altura de 13,25 cm. En cuanto a los modelos de nicho potenciales, se estimó un área de 6 321,97 km² con condiciones ideales para la reforestación con *R. rospigliosii*, siendo los departamentos de Huánuco, Pasco, Junín y Cusco los que presentan el mayor potencial. Las variables de mayor contribución al modelo fueron la temperatura, la precipitación, la elevación, la densidad del carbono orgánico y la textura del suelo. Se estima que se requieren más de tres millones de plantas para proyectos de reforestación a gran escala. La integración de estudios silvícolas con modelos de nicho es una herramienta valiosa para apoyar proyectos de reforestación y restauración de ecosistemas.

ABSTRACT

The success of reforestation and restoration projects depends on several factors, with proper seedling management and the selection of an appropriate planting area being crucial. In Peru, the populations of *Retrophyllum rospigliosii* (Ulcumano) have been decreasing due to intensive logging of one of the most valuable woods in South America's tropical forests. There are few studies that unify the production of plants through seeds in nurseries and the identification of suitable areas to install the plants produced. Our study has two components. The first consisted of optimizing the plant production process through an experiment that evaluated the effects of three doses of controlled-release fertilizer (CRF) (4,2, 8,4, and 12,6 g/L) and two container sizes (115 and 180 cc) on the morphological quality of seedlings in the nursery. The composition of CRF (Basacote Plus 6M) was N-P₂O₅-K₂O in a concentration of 16 %-8 %-12 % respectively, 2 % Mg, 12 % S, among other micronutrients. The second component involved identifying potential reforestation areas using ecological niche modelling, based on climatic and edaphic variables. Results indicated that the 4,2 g/L CRF treatment for both container sizes had a significant positive effect on seedling growth. The average germination rate was 85% at 120 days. At six months after seedling transplantation, treatments of 4,2 g/L CRF in 115 cc and 180 cc containers were shown to have the best positive effect on morphological variables of seedlings with root collar diameter of 3,76 mm and a height of 13,25 cm. Regarding the potential niche models, an area of 6321,97 km² with ideal conditions for reforestation with *R. rospigliosii* was estimated, with the departments of Huánuco, Pasco, Junín, and Cusco showing the highest potential. The variables with the greatest contribution to the model were temperature, precipitation, elevation, organic carbon density, and soil texture. It is estimated that over three million plants are needed for large-scale reforestation projects. Integrating silvicultural studies with niche models is a valuable tool for supporting reforestation and ecosystem restoration projects.

PALABRAS CLAVE:

Podocarpaceae; Fertilización; Vivero; Producción de plantas; Contenedores; Calidad morfológica; Silvicultura; Nicho ecológico; Reforestación; Áreas potenciales.

KEYWORDS:

Podocarpaceae; Fertilization; Nursery; Plant production; Containers; Morphological quality; Silviculture; Ecological niche; Reforestation; Potential areas.

Potencial de Tres Aceites Esenciales como Tratamientos Protectores de la Madera

Potential of Three Essential Oils as Protective Treatments for Wood

VALENCIA-QUINTANA, JUAN-DIEGO¹; TORRES-ANDRADE, PAOLA²; ARGOTI-BURBANO, JUAN-CARLOS³

RESUMEN

La madera es susceptible al ataque de hongos e insectos, lo que reduce su vida útil. Los aceites esenciales de plantas son una alternativa sostenible a los tratamientos químicos tradicionales, debido a sus propiedades antifúngicas y biodegradables. Este estudio evaluó el potencial antifúngico de los aceites esenciales de Piper aduncum, Lippia alba y Nectandra acutifolia como tratamientos protectores de la madera frente a Trametes versicolor y Gloeophyllum trabeum. Se recolectaron hojas de cada especie en la vereda La Rejoya (Popayán, Cauca) y se sometieron a hidrodestilación. Los aceites obtenidos se evaluaron contra los hongos seleccionados mediante el método de difusión en agar, en tres concentraciones (0,1 %, 5 % y 10 %). Los aceites esenciales de L. alba, N. acutifolia y P. aduncum presentaron rendimientos entre 0,13 % y 0,51 %, mostrando una actividad antifúngica dependiente de la concentración aplicada. La inhibición máxima se observó a 10 %, destacándose la mayor inhibición del crecimiento de T. versicolor con 64,37 % (P. aduncum), 54,07 % (L. alba) y 53,97 % (N. acutifolia); mientras que contra G. trabeum fue de 52,4 % (N. acutifolia), 46,09 % (L. alba) y 35,3 % (P. aduncum). Los tres aceites presentan potencial como tratamientos protectores de la madera frente a hongos de pudrición, con diferencias en su eficacia. El aceite de P. aduncum mostró mayor actividad inhibitoria contra T. versicolor, y N. acutifolia contra G. trabeum, indicando su mayor viabilidad como alternativas naturales y específicas para el control de hongos degradadores de la madera.

1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Bosques y Comunidades. Estudiante de Ingeniería Forestal. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0008-1260-0894>

2 Universidad del cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, grupo CYTBIA. Ph.D. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-6699-8676>

3 Universidad del Cauca, Departamento de química, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Doctor en Ciencias Químicas. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-0288-3815>

Correspondencia: jvalencia@unicauca.edu.co

PALABRAS CLAVE:

Piper aduncum; *Nectandra acutifolia*; *Lippia alba*; Hongos; Inhibición; Aceites esenciales; Madera; Antifúngico; Hidrodestilación; Rendimiento.

ABSTRACT

Wood is susceptible to fungal and insect attacks, which reduces its useful life. Plant essential oils represent a sustainable alternative to traditional chemical preservatives due to their antifungal and biodegradable properties. This study evaluated the antifungal potential of essential oils from *Piper aduncum*, *Lippia alba*, and *Nectandra acutifolia* as protective treatments for wood against *Trametes versicolor* and *Gloeophyllum trabeum*. Leaves from each species were collected in the La Rejoya village (Popayán, Cauca) and subjected to hydrodistillation. The antifungal activity against the selected fungi was evaluated using the agar diffusion method at three concentrations (0,1 %, 5 %, and 10 %). The essential oils of *L. alba*, *N. acutifolia*, and *P. aduncum* showed yields ranging from 0,13 % to 0,51 %, respectively, and demonstrated concentration-dependent antifungal activity. Maximum inhibition was observed at 10 %, with the highest inhibition of *T. versicolor* growth being 64,37 % (*P. aduncum*), 54,07 % (*L. alba*), and 53,97 % (*N. acutifolia*); while for *G. trabeum*, the inhibition was 52,4 % (*N. acutifolia*), 46,09 % (*L. alba*), and 35,3 % (*P. aduncum*). All three oils show potential as protective treatments for wood against decay fungi, with *P. aduncum* being more effective against *T. versicolor*, and *N. acutifolia* against *G. trabeum*, highlighting their potential for selective use against wood-decaying fungi.

KEYWORDS:

Piper aduncum; *Nectandra acutifolia*; *Lippia alba*; Fungi; Inhibition; Essential oils; Wood; Antifungal; Hydrodistillation; Yield.

Análisis Fenológico de la Especie *Lafoensia acuminata* (Ruiz & Pav.) DC en un Bosque Urbano, Popayán

Phenological Analysis of the *Lafoensia* *Acuminata* Species (Ruiz & Pav.) DC in an Urban Forest, Popayán

YELA-ORTEGA, JOSE-JANIER¹; RIVERA-IJAJI, ANYI-TATIANA²; BURBANO-CABEZAS, YILMER-DARIO³; BURBANO-CABEZAS, ALEX-YAMI⁴; VÁSQUEZ-CASTRO, DIANA-CAROLINA⁵

RESUMEN

*El deterioro de los ecosistemas boscosos por efectos de la acción climática, intervención antrópica y la degradación de los ciclos biogeoquímicos y biológicos ha alterado significativamente los procesos vegetativos y reproductivos de las especies nativas. De manera que también ha incurrido en la afectación de las especies presentes en entornos urbanos. En este sentido, las especies forestales han desarrollado estrategias de distribución de recursos que, aunque favorecen su supervivencia, limitan la expresión de caracteres funcionales y afectan a especies asociadas. Por ende, el estudio fenológico de estos procesos contribuye a la obtención de información clave y al análisis sobre el comportamiento biológico de especies con valor ecológico, como *Lafoensia acuminata*, que posee un potencial significativo para programas de*

- 1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Bosques y Comunidades. Bachiller académico. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0006-1550-406X>
- 2 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Bosques y Comunidades. Bachiller académico. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0002-6605-8750>
- 3 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Bosques y Comunidades. Ingeniero Forestal. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0004-3363-4605>
- 4 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Bosques y Comunidades. Ingeniero Forestal. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0006-0362-9316>
- 5 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Bosques y Comunidades. Doctorado en Producción y Manejo de Recursos Forestales. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-5361-3570>

Correspondencia: joseyela@unicauca.edu.co

restauración ecológica y silvicultura urbana. Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el comportamiento fenológico de esta especie en el bosque urbano andino del campus de la Universidad del Cauca, Popayán. Donde, se monitorearon 20 individuos durante tres años (mayo de 2022 a mayo de 2025), utilizando la metodología de Fournier y Charpentier, y registrando quincenalmente las fenofases vegetativas y reproductivas en una escala de 0 (ausencia de las características) a 4 (elevada expresión de la característica). Finalmente, los datos obtenidos fueron correlacionados con variables climáticas mediante el coeficiente de Pearson. Los resultados preliminares obtenidos en campo revelaron la presencia constante de hojas maduras como fase vegetativa dominante y mayor expresión de botones florales dentro de las fases reproductivas. Del mismo modo, se evidenció pocos patrones fenológicos similares entre los individuos. Finalmente, se identificaron relaciones positivas entre algunas fenofases como la aparición de botones florales, la brotación foliar, el incremento de hojas jóvenes y la producción de frutos verdes con el comportamiento de la temperatura. Asimismo, se observó una correlación positiva entre la caída de hojarasca y la precipitación.

ABSTRACT

The deterioration of forest ecosystems due to climate change, human intervention, and the disruption of biogeochemical and biological cycles has significantly altered the vegetative and reproductive processes of native species. Consequently, these changes have also affected species inhabiting urban environments. In this context, forest species have developed resource distribution strategies that, while supporting their survival, limit the expression of functional traits and influence associated species. Phenological studies of these processes offer valuable insights into the biological behavior of ecologically important species such as *Lafoensia acuminata*, which shows strong potential for ecological restoration programs and urban forestry. This study aimed to evaluate the phenological behavior of this species in the urban Andean Forest located on the Universidad del Cauca campus in Popayán. Twenty individuals were monitored over a three-year period (from May 2022 to May 2025) following the methodology of Fournier and Charpentier. Vegetative and reproductive phenophases were recorded biweekly on a scale from 0 (absence of the feature) to 4 (high expression of the feature). The data collected were then correlated with climatic variables using Pearson's correlation coefficient. Preliminary field results revealed a consistent presence of mature leaves, identifying them as the dominant vegetative phase, along with a marked expression of flower buds within reproductive phases. Only a few individuals exhibited similar phenological patterns. Finally, positive correlations were identified between specific phenophases such as flower bud emergence, leaf sprouting, the increase in young leaves, and the development of green fruits and temperature trends. A positive relationship was also observed between leaf litter fall and precipitation levels.

PALABRAS CLAVE:

Fenofases; Acción climática; Restauración; Monitoreo; Adaptación; Patrones; Especies nativas; Arbolado urbano; Bosque urbano; Temperatura.

KEYWORDS:

Phenophases; Climate action; Restoration; Monitoring; Urban Forest; Adaptation; Patterns; Native species; Urban trees; Temperature.

La Planificación Estratégica por Escenarios como Herramienta para la Gestión Forestal Sostenible

Strategic Planning Through Scenarios as a Tool for Sustainable Forest Management

MORENO-GUTIÉRREZ, JAIME-ALBERTO¹

RESUMEN

La planificación es la base para una gestión forestal sostenible que implica un diagnóstico del escenario situacional, un análisis abstracto completo y un diagnóstico de futuros posibles, que permita una definición desde las capacidades de un escenario apuesta para una planeación realista con instrumentos de gestión y herramientas apropiadas. La planificación por escenarios desde el marco teórico conceptual de la Teoría General de Sistemas permite una orientación clara de la gestión forestal para materializar el desarrollo forestal sostenible. El reconocimiento de la complejidad del sector forestal colombiano con una aplicación conceptual y metodológica de la gestión basada en la triada Planificación - Ejecución - Control son los pilares para el aprovechamiento de las oportunidades del desarrollo forestal sostenible en Colombia, considerando las capacidades sociales, económicas e institucionales que se pueden poner al servicio de la gestión forestal, para así, desde las orientaciones de la coevolución concebir estrategias apropiadas de gestión, que se puedan materializar con herramientas apropiadas y una adecuada formulación de instrumentos de control que permitan verificar el avance en la gestión forestal sostenible en el país. Se concluye que la complejidad sectorial abre la posibilidad de formular hipótesis de futuro para distintos tipos de "escenarios apuesta", los cuales pueden definirse dentro del marco de una sostenibilidad fuerte o débil. Estos escenarios son aplicables a la Gestión Forestal Sostenible en Colombia, bajo diferentes horizontes de actuación: prospectivos, tendenciales mejorados, tendenciales reflexivos y tendenciales simples.

1 Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Director del Grupo de Investigación PROPROBOS. PhD. Bogotá, Colombia <https://orcid.org/0000-0002-0754-513X>

PALABRAS CLAVE:

Gestión Forestal Sostenible; TGS; Planificación por Escenarios; Planificación Estratégica; Complejidad Forestal; Futuribles Forestales; Escenario Apuesta; Diagnostico de Futuro Forestal; Estrategias de Gestión.

ABSTRACT

Planning constitutes the foundation for sustainable forest management, as it entails a diagnosis of the current situational scenario, a comprehensive abstract analysis, and a diagnosis of possible futures. This process enables the identification of a preferred “bet scenario” grounded in existing capabilities, thereby allowing for realistic planning supported by appropriate management instruments and tools. Scenario-based planning, framed within the conceptual foundations of General Systems Theory, provides a coherent orientation for forest governance aimed at realizing sustainable forest development. Recognizing the complexity of Colombia’s forest sector—through the conceptual and methodological application of the management triad: Planning – Implementation – Control—lays the groundwork for leveraging opportunities associated with sustainable forest development in the country. This approach takes into account the social, economic, and institutional capacities that can be mobilized in support of forest management. From a co-evolutionary perspective, this enables the design of appropriate governance strategies, to be operationalized through suitable tools and robust control instruments that facilitate monitoring and verification of progress toward sustainable forest management. It is concluded that sectoral complexity opens the possibility of formulating future hypotheses through various types of “bet scenarios,” which may be defined within the framework of either strong or weak sustainability. These scenarios are applicable to sustainable forest management in Colombia under different action horizons: prospective, improved tendential, reflexive tendential, and simple tendential.

KEYWORDS:

Sustainable Forest Management; Strategic Planning; Scenario Planning; Sustainable Forest Development; General Systems Theory; Implementation and Control; Co-evolutionary Strategies; Strong and Weak Sustainability; Prospective Horizons.

Impacto de la Aplicación de un Bioestimulante a Base de Microalga en Híbridos de Cebolla Bajo Estrés Hídrico en el Sur de Texas

Impact of the Application of a Microalgae-based Biostimulant on Onion Hybrids under Water Stress in South Texas

HUERTOS-RAMÍREZ, JOSÉ-ANTONIO¹; CHÁVEZ-ORTIZ, JOSÉ-CARLOS²; ENCISO-MEDINA, JUAN³; GONZÁLEZ-MORALES, SUSANA⁴

RESUMEN

La escasez de agua afecta al crecimiento y al rendimiento de los cultivos hortícolas. Algunas alternativas para que las plantas toleren el estrés hídrico son el uso de híbridos tolerantes y bioestimulantes que mitigan el estrés. Por lo tanto, los objetivos de la investigación fueron evaluar el comportamiento de los híbridos de cebolla bajo estrés hídrico y evaluar el efecto de un bioestimulante a base de microalgas sobre la tolerancia al estrés hídrico. La investigación se llevó a cabo en el campo experimental del Centro de Investigación Agrícola Texas A&M AgriLife en Weslaco, Texas, Estados Unidos. Las variables fueron el número total de bulbos, el porcentaje de bulbos de buena calidad, porcentaje de bulbos Jum-

- 1 Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro MSc, Estudiante de Doctorado en Ciencias en Agricultura Protegida. Saltillo, Coahuila, México. <https://orcid.org/0009-0002-4236-9634>
- 2 Texas A&M AgriLife Research & Extension Center, PhD. Weslaco, Texas USA. <https://orcid.org/0000-0003-4450-0077>
- 3 Texas A&M University, Departamento de Ingeniería Biológica y Agrícola. PhD. Texas, USA <https://orcid.org/0000-0001-5984-6826>
- 4 Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, SECIHTI-Departamento de Horticultura. PhD. Coahuila, México. <https://orcid.org/0000-0001-5734-6086>

Correspondencia: qfb_sgm@hotmail.com

bo, medianos y pequeños, y el rendimiento (T/HA). El diseño experimental fue un diseño de bloques completos aleatorios con parcelas divididas. La parcela principal constaba de dos niveles de riego basados en las lecturas de sensores de humedad: Riego completo con un total de agua aplicada de 283 mm y riego limitado con un total de agua aplicada de 242 mm; las subparcelas evaluaban si se aplicaba o no el bioestimulante: 0 y 1,2 Lg/acre; y las sub-subparcelas constaban de tres híbridos de cebolla: 380, Dulciana y Río Dulce. Se realizó un análisis de varianza y una prueba LSD de Fisher de medias. Se observó un mayor porcentaje de bulbos Jumbo cuando se aplicó el bioestimulante, principalmente en el híbrido 380 con los niveles de riego completo y parcialmente limitado. En conclusión, el híbrido 380 produjo los mejores bulbos y mostró la mejor adaptación a las condiciones. Además, se pueden producir bulbos de alta calidad incluso en condiciones de déficit hídrico, y la aplicación de bioestimulantes a base de microalgas en cultivos hortícolas ayuda a mitigar los daños causados por el estrés hídrico.

ABSTRACT

Water scarcity affects the growth and yield of horticultural crops. Some alternatives for plants to tolerate water stress are the use of resistant hybrids and stress-tolerant biostimulants. Therefore, the objectives of the research were to evaluate the behavior of onion hybrids under water stress and to evaluate the effect of a microalgae-based biostimulant on water stress tolerance. The research was conducted in the experimental field of the Texas A&M AgriLife Research Center in Weslaco, Texas, United States. The variables were the total number of bulbs, the percentage of good quality bulbs, percentage of Jumbo, medium and small bulbs and yield (T/Ha). The experimental design was a split-split-plot randomized complete block design. The main plot consisted of two irrigation levels based on moisture sensor readings: full irrigation with a total water applied of 283 mm and limited irrigation with a total water applied of 242 mm; the subplots evaluated whether or not to apply the biostimulant: 0 and 1,2 L/acre; and the sub subplots consisted of three onion hybrids: 380, Dulciana, and Río Dulce. An analysis of variance and a Fisher LSD test of means were performed. A higher percentage of jumbo bulbs was observed when the biostimulant was applied, mainly in the hybrid 380 under the complete and partial-limited irrigation levels. In conclusion, hybrid 380 produced the best bulbs and exhibited the best adaptation to the conditions. Additionally, high-quality bulbs can be produced even under water-deficit conditions, and the application of microalgae-based biostimulants in horticultural crops helps to mitigate damage caused by water stress.

PALABRAS CLAVE:

Estrés; Microalgas;
Bioestimulantes; Híbridos;
Cebolla; Rendimiento; Bulbos;
Agua; Jumbo; Mitigación.

KEYWORDS:

Stress; Microalgae;
Biostimulants; Hybrids; Onions;
Yield; Bulbs; Water; Jumbo;
Mitigation.

Deshidratación de Alimentos y Agromática: Tradición y Tecnología para un Futuro Sustentable

Food Dehydration and Agromatics: Bridging Traditional Drying Methods and Smart Technologies for a Sustainable Future

RECIO-COLMENARES, ROXANA-BERENICE¹; RECIO-COLMENARES, CAROLINA-LIVIER²; GARCÍA-GARCÍA, CÉSAR-ALEJANDRO³; HERNÁNDEZ-VILLASEÑOR ISRAEL-GUADALUPE⁴

RESUMEN

La deshidratación de alimentos desempeña un papel crucial en la reducción de pérdidas poscosecha y en la extensión de la vida útil de productos agrícolas. Si bien los métodos tradicionales de secado son ampliamente utilizados, suelen carecer de control sobre la calidad y eficiencia, además de depender de combustibles fósiles. En contraste, el secado solar se presenta como una alternativa sostenible y de bajo costo que aprovecha la energía renovable para conservar alimentos con un menor impacto ambiental. Esta ponencia aborda la evolución de las técnicas de secado desde prácti-

- 1 Universidad de Guadalajara, División de Ingenierías e Innovación tecnológica. Doctorado. Guadalajara, México. <https://orcid.org/0000-0002-3649-0334>
- 2 Universidad de Guadalajara, División de Ingenierías e Innovación tecnológica. Doctorado. Guadalajara, México. <https://orcid.org/0000-0001-7103-2710>
- 3 Universidad de Guadalajara, División de Ingenierías e Innovación tecnológica. Doctorado. Guadalajara, México. <https://orcid.org/0000-0002-8781-575X>
- 4 Universidad de Guadalajara, División de Ingenierías e Innovación tecnológica. Doctorado. Guadalajara, México. <https://orcid.org/0009-0007-2847-571x>

Correspondencia: carolina.recio@academicos.udg.mx

cas artesanales hasta tecnologías solares modernas y su relevancia en la transición hacia modelos de economía circular. Se hace énfasis en la agromática, es decir, la integración de tecnologías inteligentes en procesos agrícolas, lo que permite optimizar la conservación de alimentos. Se presenta un estudio de caso centrado en la deshidratación de alimentos mediante métodos tradicionales y controlados de secado solar. Además, se introduce un modelo híbrido CNN-LSTM de aprendizaje profundo, combinado con modelos matemáticos clásicos, para predecir con alta precisión la cinética de secado. Esta estrategia mejora la eficiencia del proceso, habilita el monitoreo en tiempo real y apoya la toma de decisiones en entornos agroindustriales. Los resultados muestran cómo la fusión del conocimiento tradicional con tecnologías avanzadas impulsa la sostenibilidad alimentaria, la eficiencia energética y la innovación en la agricultura inteligente. Este trabajo sienta las bases para soluciones escalables que fortalezcan a productores locales, reduzcan el desperdicio alimentario y aumenten la resiliencia de los sistemas alimentarios ante el cambio climático.

ABSTRACT

Food dehydration plays a crucial role in reducing post-harvest losses and extending the shelf life of agricultural products. While traditional drying methods are widely used, they often lack control over quality and efficiency and rely on fossil fuels. In contrast, solar drying emerges as a sustainable and low-cost alternative that harnesses renewable energy to preserve food with a lower environmental impact. This presentation explores the evolution of drying techniques from artisanal practices to modern solar technologies and their relevance in the transition toward circular economy models. Special emphasis is placed on **agromatics**, the integration of smart technologies into agricultural processes, enabling the optimization of food preservation. A case study is presented focusing on food dehydration through traditional and controlled solar drying methods. Additionally, a hybrid **CNN-LSTM deep learning model** is introduced, combined with classical mathematical models, to accurately predict drying kinetics. This strategy enhances process efficiency, enables real-time monitoring, and supports decision-making in agro-industrial settings. The results show how merging traditional knowledge with advanced technologies drives food sustainability, energy efficiency, and innovation in smart agriculture. This work lays the foundation for scalable solutions that empower local producers, reduce food waste, and increase the resilience of food systems in the face of climate change.

PALABRAS CLAVE:

Deshidratación de alimentos;
Secado solar; Agromática;
Economía circular;
Sostenibilidad alimentaria;
Energía renovable; Cinética
de secado; Redes neuronales;
Modelado matemático;
Agricultura inteligente.

KEYWORDS:

Food dehydration; Solar drying;
Agromatics; Circular economy;
Food sustainability; Renewable
energy; Drying kinetics; Neural
networks; Mathematical
modeling; Smart agriculture.

Curva de Crecimiento del Pasto Cayman (*Urochloa* Híbrido Cv. CIAT BRO2/1752)*

Growth Curve of Cayman Grass (*Urochloa* Hybrid Cv. CIAT BRO2/1752)

FRANCISCO-MACARIO, BRAYAN-HUMBERTO¹

RESUMEN

En México, las unidades de producción animal, tanto en las zonas tropicales como subtropicales, mayormente se establecen en entornos de pastoreo. En estos lugares, el método de producción más común es el extensivo, ya que el forraje se considera el recurso más rentable, ya sea en pastizales naturales o en áreas de pasto cultivado. Debido a la demanda de forraje, durante el lapso de 1990 a 2003, se analizó la implementación de variedades mejoradas de gramíneas pertenecientes al género *Urochloa* y se evaluó su influencia en la productividad animal. Durante este periodo, la extensión total de terreno sembrado con especies de *Urochloa* representó aproximadamente el 6,5 % de la superficie total. En el presente experimento se evaluó la curva de crecimiento del pasto Cayman (*Urochloa* híbrido cv. CIAT BRO2/1752) con diferente intensidad de corte (IC) y días después del corte (DDC) a partir del corte de homogenización. El experimento se llevó a cabo en el campus Tabasco de la Universidad Autónoma Chapingo, México (Coordenadas 17° 31' N, 92° 55' W). Las variables respuesta, con base en la IC (5 y 10 cm) y en los DDC (20, 30 y 40 d), fueron analizados bajo un diseño experimental en bloques completamente al azar, a través del procedimiento MIXED de SAS V.9.3. Las diferencias entre tratamientos fueron consideradas significativas a $p \leq 0,05$. El pasto Cayman presenta el mayor rendimiento de forraje a los 40 DDC y a una IC de 5 cm. Mientras que para las variables altura y cobertura se recomienda una IC de 10 cm. Por su parte la relación tallo-hoja y número de macollos, no presentan diferencias significativas por efecto de la IC. Se concluye que el pasto Cayman representa una alternativa forrajera viable y altamente recomendable para la región sur de México, debido a sus características agronómicas.

* Proyecto de origen: Curva de crecimiento del pasto cayman (*Urochloa* híbrido cv. CIAT BRO2/1752). Financiación: Universidad Autónoma Chapingo. Culminación: 02 de mayo de 2024

1 Universidad Autónoma de Chapingo. Colegio de Postgraduados. Ingeniero Agrónomo. Texcoco, México. <https://orcid.org/0009-0000-3449-4473>

Correspondencia: brayanfrancisco macario@gmail.com

PALABRAS CLAVE:

Intensidad de corte; Días después del corte; Pasto; Cayman; Hoja; Tallo, Macollos, Altura, Cobertura; Curva.

ABSTRACT

In Mexico, animal production units, both in tropical and subtropical zones, are mostly established in grazing environments. In these areas, the most common production method is extensive grazing, as forage is considered the most profitable resource, whether in natural pastures or cultivated pasture areas. In these areas, the most common production method is extensive, as forage is considered the most profitable resource, whether in natural pastures or cultivated pasture areas. Due to the demand for forage, between 1990 and 2003, the implementation of improved varieties of grasses belonging to the Urochloa genus was analyzed and their influence on animal productivity was evaluated. During this period, the total area planted with Urochloa species represented approximately 6,5 % of the total land area. The growth curve of Cayman grass (Urochloa hybrid cv. CIAT BRO2/1752) was evaluated with different cutting intensity (IC) and days after cutting (DDC), once done the homogenization cut. The experiment was carried out on campus Tabasco, of the Universidad Autónoma Chapingo, México (Coordinates 17° 31' N 92° 55' W). The response variables based on the IC (5 and 10 cm) and DDC (20, 30 and 40 d), were analyzed under an experimental design in completely randomized blocks, through the MIXED procedure of SAS. V.9.3. Differences among treatments were considered significant at $p \leq 0,05$. Cayman grass has the highest forage yield at 40 DDC and IC of 5 cm. For height and coverage variables, an IC of 10 cm is recommended. The stem-leaf ratio and number of tillers do not show significant differences by effect of IC. It is concluded that Cayman grass represents a viable and highly recommended forage alternative for the southern region of Mexico, due to its agronomic characteristics.

KEYWORDS:

Cutting intensity; Day after cut; Grass; Cayman; Leaf; Stem; Tillers; Height; Coverage; Curve.

Monitoreo de Salinidad y Predicciones Climáticas: Uso de Redes Neuronales de Aprendizaje Profundo

Salinity Monitoring and Climate Prediction: Use of Deep Learning Neural Networks

REYNA-RAMIREZ, CRISTIAN-ALEJANDRO¹; FUENTES-PONCE, MARIELA-HADA²; ROSALES-GARCÍA, MARIA-NOHEMÍ³; MORENO-ORIHUELA, ANGELICA-ANAI⁴.

RESUMEN

Actualmente, las redes neuronales se han utilizado para generar modelos de predicción más eficientes, como la clasificación precisa de cultivos y el análisis climático. En este estudio se presentan dos usos para la agricultura: (1) monitoreo de la salinidad del suelo y (2) predicción climática, los estudios se realizaron en México, en la zona lacustre de la Ciudad de México (CDMX) y en el estado de Oaxaca, respectivamente. En el caso CDMX se utilizó un dron RTK para calcular el índice de salinidad (NDSI) y se determinó la conductividad eléctrica (CE) del suelo, ambos resultados se analizaron con una red neuronal de aprendizaje profundo (RNAP) construido en Python, con el objetivo de predecir la CE por medio del NDSI. En el segundo caso, se contaba con datos mensuales de temperatura, humedad y precipitación de 2021 al 2023, medidos con estaciones climáticas, se analizaron con una RNAP para predecir las condiciones climáticas para los años 2024 y 2025. La validación de la RNAP se realizó correlacionando (P Pearson) los datos obtenidos en el laboratorio y

- 1 Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Departamento de producción Agrícola y Animal, Sistemas agrícolas en condiciones limitantes de la producción. Doctorado. Ciudad de México, México. <https://orcid.org/0000-0001-5646-4814>
- 2 Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Departamento de producción Agrícola y Animal, Sistemas agrícolas en condiciones limitantes de la producción. Doctorado. Ciudad de México, México. <https://orcid.org/0000-0002-0373-6588>
- 3 Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Departamento de producción Agrícola y Animal, Licenciatura en Agronomía. Ingeniería. Ciudad de México, México. <https://orcid.org/0009-0004-5824-2050>
- 4 Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Departamento de producción Agrícola y Animal, Licenciatura en Agronomía. Ingeniería. Ciudad de México, México. <https://orcid.org/0009-0001-3362-1407>

Correspondencia: creyna@correo.xoc.uam.mx

las estaciones climáticas y los calculados con las RNAP. En el caso de salinidad la correlación entre la CE y lo calculado por la RNAP fue de $R^2=0,95$, en el caso del clima los datos calculados por la RNAP y los medidos en campo presentaron correlación de $R^2=0,88$ para temperatura, humedad $R^2=0,89$ y precipitación $R^2=0,88$. Con base en lo anterior, se pueden validar los modelos, considerándolos una herramienta potencial para su uso en la agricultura en el monitoreo de suelos salinos y la predicción climática. Las limitaciones son la capacidad computacional, un amplio y diverso conjunto de datos, y la mejora constante de algoritmos. Se requiere en ambos casos más datos para perfeccionar las metodologías, con relación al tiempo de monitoreo y el área de cobertura.

ABSTRACT

Currently, neural networks have been used to generate more efficient prediction models, such as accurate crop classification and climate analysis. In this study, two uses for agriculture are presented: (1) soil salinity monitoring and (2) climate prediction, the studies were conducted in Mexico, in the lake area of Mexico City (CDMX) and in Oaxaca state, respectively. In the CDMX case, an RTK drone was used to calculate the salinity index (NDSI) and the electrical conductivity (EC) of the soil was determined, both results were analyzed with a deep learning neural network (DLNN) built in Python, for predicting the EC by means of the NDSI. In the second case, monthly temperature, humidity and precipitation data from 2021 to 2023, measured with climate stations, were analyzed with a DLNN to predict climate conditions for the years 2024 and 2025. The DLNN validation was performed by correlating (P Pearson) laboratory and climate stations data versus DLNN calculated data. In salinity case, the correlation between EC and DLNN data was $R^2=0,95$; in climate case, the calculated DLNN data and those field measured data showed a correlation of $R^2=0,88$ for temperature, humidity $R^2=0,89$ and precipitation $R^2=0,88$. Based on the above, the models can be validated, considering them a potential tool for use in agriculture in saline soil monitoring and climate prediction. The limitations are computational capacity, a large and diverse data set, and constant improvement of algorithms. More data is required in both cases to refine the methodologies, in relation to monitoring time and coverage area.

PALABRAS CLAVE:

Dron; Aprendizaje de máquinas; Cambio Climático; Índice de salinidad; Degradación; Agricultura de precisión; Python; Modelización; Posicionamiento cinemático en tiempo real; Inteligencia artificial.

KEYWORDS:

Drone; Machine Learning; Climate Change; Salinity Index; Degradation; Precision Agriculture; Python; Modeling; Real-time kinematic; Artificial intelligence.

Modelado Matemático del Secado de Granos de Café: Superando los Desafíos para Determinar la Relación de Humedad en Condiciones Naturales*

Mathematical Modeling of Coffee Bean Drying: Overcoming the Challenges of Determining the Moisture Ratio Under Natural Conditions

CABRERA-GOMEZ, TATIANA-PAOLA¹; ROMERO-LEITON, JHOANA-PATRICIA²; MESA-MAZO, MONICA-JHOANA³; LAGOS-MORA, CAMILO-ARTURO⁴; ERASO-CHECA, FRANCISCO⁵; SEKKAK, IDRIS⁶

RESUMEN

El secado de los granos de café es una etapa crucial en el procesamiento poscosecha, ya que influye directamente en la calidad del producto final. Una variable clave en este proceso es la relación de humedad (MR, por sus siglas en inglés),

* Proyecto de origen: Exploración Integral del Secado del Café: Un Enfoque Matemático y Estadístico Comparativo en Comunidades Campesinas de los Departamentos de Nariño y Quindío. Financiación: Universidad Cesmag. Culminación: 20 de enero de 2026.

1 Universidad Cesmag, Facultad de ingeniería, Doctorado. Pasto, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-2788-178X>

2 Universidad Cesmag, Facultad de ingeniería, Pregrado. Pasto, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-5371-0087>

3 Corporación Universitaria Empresarial Alexander Von Humboldt, Facultad de ingeniería y ciencias básicas, Doctorado. Amenia, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-7814-917X>

4 Universidad Cesmag, Facultad de ingeniería, Maestría. Pasto, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-2072-911X>

5 Universidad Cesmag, Facultad de ingeniería, Maestría. Pasto, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-1432-6154>

6 University of Alberta. PhD. Alberta, Canadá. <https://orcid.org/0000-0002-5878-8369>

Correspondencia: orquideas@unicesmag.edu.co

la cual debe ser controlada con precisión para evitar tanto el sobresecado como el subsecado, condiciones que pueden deteriorar la calidad del café. Con el objetivo de describir, predecir y entender la dinámica de pérdida de humedad durante el secado, en esta investigación se analizan catorce modelos matemáticos presentes en la literatura que describen el comportamiento de la MR durante el secado de los granos de café. Además, se realizan simulaciones numéricas utilizando datos experimentales obtenidos en condiciones naturales de secado en Génova, Quindío (Colombia), una región reconocida por su producción de café de alta calidad. Estas simulaciones permiten comparar la precisión y capacidad predictiva de los modelos en condiciones ambientales reales, revelando que si bien algunos modelos como el Page Modificado, Midilli-Kucuk y Wang & Singh mostraron un ajuste razonable a los datos experimentales, ninguno logró representar con suficiente precisión la variabilidad del proceso en escenarios rurales al aire libre. Esta limitación pone en evidencia la necesidad de desarrollar modelos más sofisticados que integren variables como humedad, temperatura y datos climáticos en tiempo real, con el fin de mejorar la exactitud y eficiencia del proceso de secado. Se concluye que los modelos empíricos tradicionales, aunque útiles para análisis preliminares, no capturan adecuadamente la complejidad del secado en contextos rurales, lo que justifica la exploración de enfoques avanzados como redes neuronales (ANNs, LSTM) y ecuaciones diferenciales estocásticas (SDEs). A pesar de que algunas personas prefieren métodos tradicionales, el proyecto busca mejorar los emprendimientos locales mediante la agregación de valor e inclusión comunitaria.

ABSTRACT

The drying of coffee beans is a crucial stage in post-harvest processing, as it directly affects the quality of the final product. A key variable in this process is the moisture ratio (MR), which must be precisely controlled to avoid both overdrying and underdrying—conditions that can deteriorate the quality of the coffee. In order to describe, predict, and understand the dynamics of moisture loss during drying, this study analyzes fourteen mathematical models found in the literature that describe the behavior of MR during the drying of coffee beans. Additionally, numerical simulations are conducted using experimental data obtained under natural drying conditions in Génova, Quindío (Colombia), a region recognized for producing high-quality coffee. These simulations allow for a comparison of the models' accuracy and predictive capacity in real environmental conditions, revealing that while some models—such as Modified Page, Midilli-Kucuk, and Wang & Singh—showed reasonable fit to the experimental data, none were able to accurately capture the variability of the process in rural outdoor settings. This limitation highlights the need to develop more sophisticated models that integrate variables such as humidity, temperature, and real-time climate data, in order to improve the accuracy and efficiency of the drying process. It is concluded that traditional empirical models, although useful for preliminary analysis, do not adequately capture the complexity of drying in rural contexts, which justifies exploring advanced approaches such as artificial neural networks (ANNs, LSTM) and stochastic differential equations (SDEs). Despite some people's preference for traditional methods, the project seeks to enhance local ventures through value addition and community inclusion.

PALABRAS CLAVE:

Secado; Café; Humedad; Temperatura; Modelos; Predicción; Calidad; Innovación; Tecnología; Rurales.

KEYWORDS:

Drying; Coffee; Moisture; Temperature; Models; Prediction; Quality; Innovation; Technology;rural

Hacia Adhesivos Bio-Basados de Alto Rendimiento: Efectos de Nanopartículas de Celulosa Modificadas con Silanos en Sistemas de Pvac.

Toward High-Performance Bio-Based Adhesives: Effects of Silane-Functionalized Cellulose Nanoparticles in PVAc Systems.

FRITZ, CONSUELO^{1,2}; OLIVERA, JUAN FRANCISCO³

RESUMEN

La creciente demanda por materiales sostenibles y respetuosos con el medio ambiente ha impulsado la investigación en adhesivos innovadores de base biológica para aplicaciones en la industria de la madera. En este estudio se presenta la síntesis, modificación y caracterización de un sistema adhesivo de poli (acetato de vinilo) (PVAc) reforzado con nanopartículas de celulosa (CNP), desarrollado mediante polimerización en emulsión in-situ. Las CNP fueron modificadas

- 1 Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Laboratorio de Celulosa y Biomateriales. Doctora en Biomateriales Forestales. Santiago, Chile. <https://orcid.org/0000-0002-1803-620X>
- 2 Pontificia Universidad Católica de Chile, Centro Nacional de Excelencia para la Industria de la Madera (CENAMAD)—ANID BASAL FB210015. Investigadora asociada. Doctora en Biomateriales Forestales. Santiago, Chile. <https://orcid.org/0000-0002-1803-620X>
- 3 Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Laboratorio de Celulosa y Biomateriales. Bioingeniero. Santiago, Chile. <https://orcid.org/0009-0009-0241-9853>

Correspondencia: cfritz@uchile.cl

superficialmente con diferentes agentes silanos que contienen grupos amina, metacrilato y epoxi, y luego se incorporaron durante la polimerización con el fin de evaluar su efecto sobre el desempeño del adhesivo. Los adhesivos nanocompuestos resultantes fueron evaluados en términos de sus propiedades mecánicas, particularmente la resistencia al corte por tracción, así como su comportamiento térmico y resistencia al agua. La adhesión en madera se analizó mediante ensayos estandarizados de unión encolada, y se utilizó una técnica de microscopía para investigar las interacciones interfaciales en la zona de contacto entre la madera y el encolante, permitiendo observar la dispersión del bioadhesivo y los mecanismos de refuerzo. Los resultados muestran que la incorporación de CNP funcionalizadas mejora significativamente la resistencia de adhesión y la durabilidad del sistema adhesivo, lo que subraya el potencial de estos nanomateriales como refuerzos activos en adhesivos de alto rendimiento y base renovable para aplicaciones estructurales y no estructurales en madera.

ABSTRACT

The increasing demand for environmentally friendly and sustainable materials has inspired research into innovative bio-based adhesives for wood bonding applications. This study presents the synthesis, modification, and characterization of cellulose nanoparticle (CNP)-reinforced poly (vinyl acetate) (PVAc) adhesive system, achieved through in-situ emulsion polymerization. CNPs, both unmodified and surface-functionalized with various silane coupling agents incorporating amine, methacrylate, and epoxy groups, were integrated during polymerization to assess their effects on adhesive performance. The resulting nanocomposite adhesives were evaluated for their mechanical properties, specifically tensile shear strength, as well as thermal behavior and water resistance. Adhesive performance was determined through standardized wood bonding tests, and interfacial interactions at the wood-adhesive interface were further analyzed using microscopy techniques to understand CNP dispersion and reinforcement mechanisms. The incorporation of functionalized CNPs resulted in substantial improvements in adhesion strength and durability, highlighting their potential for application in high-performance, bio-inspired wood adhesives.

PALABRAS CLAVE:

Adhesivos de base biológica; Agentes silanos; Interfase; Nanocompuestos; Nanopartículas de celulosa; Polimerización en emulsión; Poli(acetato de vinilo); Propiedades mecánicas; Madera; Modificación.

KEYWORDS:

Bio-based adhesives; Cellulose nanoparticles; Emulsion polymerization; Interphase; Poly (vinyl acetate); Mechanical properties; Modification; Nanocomposites; Silane agents; Wood bonding.

Desarrollo y Evaluación de Biocompuestos Basados en Micelio a partir de Residuos Agroforestales: un Enfoque Sostenible para Materiales Innovadores

Development and Evaluation of Mycelium-based Composites from Agroforestry Residues: A Sustainable Approach for Innovative Materials

FRITZ, CONSUELO^{1,2}; OLIVERA, JUAN FRANCISCO³

RESUMEN

Este estudio exploró los biocompuestos basados en micelio (MBCs) como una alternativa sostenible a los materiales convencionales, enfocándose en el efecto de los sustratos lignocelulósicos en la optimización de sus propiedades físicas, mecánicas y de biodegradabilidad. Asimismo, se abordó la valorización de subproductos agroforestales, particularmente cáscaras de avellana europea (HZ) y aserrín de pino radiata (SW), con el objetivo de reducir residuos y minimizar

- 1 Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Laboratorio de Celulosa y Biomateriales. Doctora en Biomateriales Forestales. Santiago, Chile. <https://orcid.org/0000-0002-1803-620X>
- 2 Pontificia Universidad Católica de Chile, Centro Nacional de Excelencia para la Industria de la Madera (CENAMAD)—ANID BASAL FB210015. Investigadora asociada. Doctora en Biomateriales Forestales. Santiago, Chile. <https://orcid.org/0000-0002-1803-620X>
- 3 Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Laboratorio de Celulosa y Biomateriales. Bioingeniero. Santiago, Chile. <https://orcid.org/0009-0009-0241-9853>

Correspondencia: cfritz@uchile.cl

el impacto ambiental. Los MBCs se obtuvieron a partir de dos formulaciones (HZ100 y HZ75-SW25) de subproductos agroforestales locales unidos mediante el crecimiento natural del micelio del hongo *Ganoderma* sp. Se evaluaron las propiedades físicas y mecánicas de estos materiales novedosos, incluyendo densidad, contracción, absorción de agua, hidrofobicidad, módulo de ruptura y elasticidad, y resistencia al arrancamiento interno. Además, se analizó la biodegradabilidad de los MBCs en suelo para estimar el tiempo requerido para su descomposición completa. Los resultados evidenciaron diferencias claras en el desempeño entre los MBCs formulados con HZ100 y HZ75-SW25. En general, HZ75-SW25 presentó un mejor comportamiento mecánico en comparación con HZ100. Ambos mostraron baja absorción de agua, lo que sugiere cierto grado de hidrofobicidad superficial. Los resultados de biodegradación indicaron que los MBCs fabricados podrían descomponerse completamente en menos de un año al ser enterrados en el suelo, confirmando que estos biocompuestos son completamente biodegradables.

ABSTRACT

This study explored mycelium-based composites (MBCs) as a sustainable alternative to conventional materials, focusing on the role of lignocellulosic substrates in optimizing their physical, mechanical, and biodegradability properties. It also addressed the valorization of agroforestry by-products, particularly European hazelnut shells (HZ) and radiata pine sawdust (SW), in an effort to reduce waste and minimize environmental impact. The MBCs were obtained using two formulations (HZ100 and HZ75-SW25) of local agroforestry by-products bound together with natural growth of fungal mycelium from *Ganoderma* sp. We examined the physical and mechanical properties of these novel materials, including density, shrinkage, water absorption, hydrophobicity, modulus of rupture and elasticity, and internal bond strength. Additionally, we assessed the biodegradability of the MBCs in soil to estimate the time required for complete degradation. The results clearly indicated differences in performance between the MBCs from HZ100 and HZ75-SW25. In general, HZ75-SW25 demonstrated superior mechanical performance compared to HZ100. Water absorption was low in both cases, suggesting a degree of hydrophobicity on the surface. The biodegradation results indicated that the fabricated MBCs could fully decompose in less than one year when buried in soil, confirming that these biocomposites are entirely biodegradable.

PALABRAS CLAVE:

Biodegradabilidad;
Biocompuestos basados
en Micelio; Biomateriales;
Ganoderma; Hongos de
pudrición blanca; Innovación;
Propiedades físicas; Propiedades
mecánicas; Subproductos
lignocelulósicos; Sostenible.

KEYWORDS:

Biodegradability; Biomaterials;
Ganoderma; Innovation;
Lignocellulosic by-products;
Mechanical properties;
Mycelium-based composites;
Physical properties; Sustainable;
White-rot fungi.

Automatización del Monitoreo de Parámetros Hídricos en la Unidad de Bioensayos de Peces en la Universidad del Cauca

Automation of Water Parameters Monitoring in the Fish Bioassay Unit at the University of Cauca

PALECHOR-PALECHOR, JHON-ALBERTH¹

RESUMEN

La piscicultura en el departamento del Cauca representa una actividad productiva clave que favorece la seguridad alimentaria, la generación de ingresos y la inclusión de comunidades rurales. Este proyecto desarrolla un sistema automatizado de monitoreo de parámetros hídricos como; temperatura, pH, oxígeno disuelto, turbidez y conductividad, en los estanques de bioensayos de peces de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca. Utilizando sensores especializados, microcontroladores y una plataforma web de visualización, el sistema permite la recolección y análisis de datos en tiempo real. La metodología se basa en el enfoque ágil Scrum, estructurada en fases: análisis, desarrollo, pruebas y documentación. Los resultados esperados incluyen una mejora significativa en la eficiencia del manejo del cultivo, una reducción en los errores de medición y un fortalecimiento del proceso de toma de decisiones en la piscicultura. El desarrollo del sistema considera la integración de tecnologías de bajo costo, a comparación de las tecnologías industriales y además de un fácil mantenimiento, lo que facilita su aplicación en contextos rurales. Además, se evaluará la precisión de los sensores, la estabilidad del sistema en condiciones reales y su capacidad para generar alertas tempranas ante fluctuaciones críticas en los parámetros del agua. La implementación de esta solución tecnológica permitirá

1 Universidad del Cauca, Facultad de ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones. Estudiante de Ingeniería Electrónica. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0009-7534-9745>

Correspondencia: jhonpal@unicauca.edu.co

a los investigadores y operadores de los bioensayos contar con información precisa y continua, mejorando el control de las condiciones ambientales que afectan directamente el crecimiento y bienestar de las tilapias. Este sistema busca ser replicable en otros escenarios de producción acuícola y aportar a la sostenibilidad y tecnificación del sector en el Cauca. Actualmente, el proyecto se encuentra en fase de pruebas y validación, en la facultad de Ciencias Agrarias por lo que aún no hay resultados definitivos. El objetivo del testeo es verificar la precisión de los sensores, la estabilidad del sistema en condiciones reales y su capacidad para generar alertas tempranas ante cambios críticos en la calidad del agua, con miras a optimizar el control de las condiciones ambientales que afectan el crecimiento y bienestar de las tilapias y permitir su futura implementación en otros entornos acuícolas del Cauca.

ABSTRACT

Fish farming in the department of Cauca represents a key productive activity that supports food security, income generation, and the inclusion of rural communities. This project develops an automated system for monitoring water parameters such as temperature, pH, dissolved oxygen, turbidity, and conductivity in the fish bioassay ponds of the Faculty of Agricultural Sciences at the University of Cauca. By using specialized sensors, microcontrollers, and a web-based visualization platform, the system enables real-time data collection and analysis. The methodology is based on the agile Scrum approach, structured in phases: analysis, development, testing, and documentation. Expected results include a significant improvement in the efficiency of pond management, a reduction in measurement errors, and a strengthening of the decision-making process in aquaculture. The system's development considers the integration of low-cost technologies, compared to industrial alternatives, and easy maintenance, facilitating its application in rural contexts. Additionally, the accuracy of the sensors, the system's stability under real conditions, and its ability to generate early alerts in response to critical fluctuations in water parameters will be evaluated. The implementation of this technological solution will provide researchers and bioassay operators with precise and continuous information, improving control over environmental conditions that directly affect the growth and well-being of tilapia. This system aims to be replicable in other aquaculture production scenarios and contribute to the sustainability and technological advancement of the sector in Cauca. Currently, the project is in the testing and validation phase at the Faculty of Agricultural Sciences, and therefore no definitive results are yet available. The purpose of the testing is to verify the accuracy of the sensors, the stability of the system under real conditions, and its ability to generate early alerts in response to critical changes in water quality, with the aim of optimizing the control of environmental conditions that affect the growth and well-being of tilapia and enabling its future implementation in other aquaculture settings in Cauca.

PALABRAS CLAVE:

Piscicultura; Tilapia; Calidad del Agua; Monitoreo; Parámetros Hídricos; Bioensayos; Automatización; Arduino; IoT; Sensores; Microcontroladores; Conductividad; Oxígeno Disuelto; Turbidez; Plataforma Web.

KEYWORDS:

Fish Farming; Tilapia; Water Quality; Monitoring; Water Parameters; Bioassays; Automation; Arduino; IoT; Sensors; Microcontrollers; Conductivity; Dissolved Oxygen; Turbidity; Web Platform.

Evaluación de la Composición Química y la Morfología de Residuo de la Hoja de Maíz

Evaluation of the Chemical Composition and Morphology of Corn Leaf Residue

MIÑO, MIRTA DE LOS ÁNGELES¹; VALLEJOS, MARÍA-EVANGELINA²; VILLOTA-GONZALEZ, EDISON-JAVIER³; REYES-RIVERA, JORGE⁴; VERA-GÓMEZ, DIEGO⁴; ANZALDO-HERNÁNDEZ, JOSÉ³; SULBARÁN-RANGEL, BELKIS^{4*}

RESUMEN

La revalorización de residuos agroindustriales dentro del enfoque de bioeconomía circular ha cobrado creciente relevancia como estrategia para mitigar el impacto ambiental y promover procesos productivos más sostenibles. La hoja de maíz, subproducto agrícola generado en grandes volúmenes con alto potencial de aprovechamiento. Sin embargo, actualmente este material es comúnmente quemado o abandonado en el campo, lo que genera pérdidas de biomasa y emisiones contaminantes. El análisis de su composición química y morfología es fundamental para identificar propiedades estructurales clave y evaluar su posible uso en la producción de nuevos materiales. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la composición química y la morfología de la hoja de maíz con el fin de identificar sus propiedades y proponer posibles aplicaciones industriales, como materiales compuestos, bioempaques, sustratos agrícolas o insumos para bioprocesos. La caracterización química consistió en determinar el contenido de celulosa, hemicelulosa, lignina y extractivos, compuestos que definen su comportamiento físico-químico y mecánico. Paralelamente, se realizaron análisis mor-

- 1 Universidad Nacional de San Martín. Instituto de Calidad Industrial. Estudiante de doctorado, Buenos Aires, Argentina. <https://orcid.org/0009-0000-2103-0864>
- 2 Universidad Nacional de Misiones Posadas. PhD. Misiones, Argentina. <https://orcid.org/0000-0003-1101-884X>
- 3 Universidad de Guadalajara Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería. Ingeniero Forestal y PhD. Guadalajara, México. <https://orcid.org/0009-0008-3911-5645>; <https://orcid.org/0000-0002-2300-6195>
- 4 Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Tonalá. PhD. Tonalá, México. <https://orcid.org/0000-0002-0833-5222>, <https://orcid.org/0009-0008-0680-687X>, <https://orcid.org/0000-0002-5758-6140>

Correspondencia: belkis.sulbaran@academicos.udg.mx

fológicos mediante técnicas como microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) y difracción de rayos X (DRX), que brindaron información sobre la estructura superficial, cristalinidad y organización de las fibras vegetales. Los resultados indicaron que la hoja de maíz contiene 43,14 % de celulosa, 33,86 % de hemicelulosa y 23 % de lignina, valores que se encuentran dentro del rango de materiales comúnmente utilizados para aplicaciones industriales. Se concluye que estas características hacen que la hoja de maíz sea una materia prima viable para la extracción de celulosa y el desarrollo de materiales con valor agregado. Esto permitirá establecer estrategias de valorización que favorezcan su integración en cadenas de valor sostenibles, reduciendo la dependencia de materiales sintéticos y promoviendo un uso eficiente de los recursos agrícolas disponibles.

ABSTRACT

The revaluation of agroindustrial waste within the circular bioeconomy approach has gained increasing relevance as a strategy to mitigate environmental impact and promote more sustainable production processes. Corn husks are an agricultural byproduct generated in large volumes with high potential for recycling. However, this material is currently commonly burned or abandoned in the field, generating biomass losses and polluting emissions. Analysis of its chemical composition and morphology is essential to identify key structural properties and evaluate its potential use in the production of new materials. This research aimed to evaluate the chemical composition and morphology of corn husks to identify their properties and propose potential industrial applications, such as composite materials, biopackaging, agricultural substrates, or bioprocess inputs. The chemical characterization consisted of determining the content of cellulose, hemicellulose, lignin, and extractives, compounds that define its physical-chemical and mechanical behavior. In parallel, morphological analyses were performed using techniques such as scanning electron microscopy (SEM), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), and X-ray diffraction (XRD), which provided information on the surface structure, crystallinity, and organization of the plant fibers. The results indicated that the corn leaf contains 43,14% cellulose, 33,86% hemicellulose, and 23% lignin, values that are within the range of materials commonly used for industrial applications. It is concluded that these characteristics make the corn leaf a viable raw material for cellulose extraction and the development of value-added materials. This will allow the establishment of valorization strategies that favor its integration into sustainable value chains, reducing dependence on synthetic materials and promoting efficient use of available agricultural resources.

PALABRAS CLAVE:

Residuos lignocelulósicos, Revalorización, Bioeconomía circular, Hoja de maíz, Agroindustria, Composición química, Caracterización morfológica, Materiales compuestos, Celulosa, Sostenibilidad.

KEYWORDS:

Lignocellulosic waste, Revaluation, Circular bioeconomy, Corn husk, Agroindustry, Chemical composition, Morphological characterization, Composite materials, Cellulose, Sustainability.

Agrofermentos: Fermentos Vegetales como Estrategia para Mejorar la Biodisponibilidad de Nutrientes y Fortalecer la Soberanía Alimentaria*

Agroferments: Plant Ferments as a Strategy to Improve Nutrient Bioavailability and Strengthen Food Sovereignty

RODRÍGUEZ-GUARÍN, ALEJANDRA-MARIA¹; TOBÓN-CASAS, ANA-MARÍA²

RESUMEN

La presente ponencia, se constituye en una revisión sistemática mediante la cual se explora cómo la fermentación vegetal (técnica ancestral de conservación y transformación de los alimentos), con énfasis en los productos derivados de procesos agroecológicos, mejora la biodisponibilidad de nutrientes, promueve la salud intestinal y, por ende, otros factores asociados como la salud mental y emocional. En la actualidad, los modelos sostenibles de producción y consumo plantean un interés en los fermentos, no sólo por los beneficios nutricionales, sino también, como una herramienta clave

* Proyecto de origen: Alternativas de fortalecimiento de la biodisponibilidad de nutrientes y la seguridad alimentaria a partir de fermentos de origen vegetal: realidades y prospectiva. Financiación: Universidad de San Buenaventura de Cali, Programa de Ciencias Culinarias de la Gastronomía. Culminación: 31 de octubre de 2025.

- 1 Universidad de San Buenaventura de Cali, Programa de Ciencias Culinarias de la Gastronomía, Grupo de investigación ALERE (alimentar, educativa y revitalizar). Doctora en Antropología. Cali, Valle del Cauca. <https://orcid.org/0000-0002-8288-0931>
- 2 Universidad de San Buenaventura de Cali, Programa de Ciencias Culinarias de la Gastronomía, Grupo de investigación ALERE (alimentar, educativa y revitalizar). Estudiante de Maestría en Nutrición y Dietética. Cali, Valle del Cauca. <https://orcid.org/0009-0001-7060-7516>

Correspondencia: amrodriguezg6@usbcali.edu.co

para la bioeconomía sostenible y la economía circular. La revisión mapea la producción científica relevante (Scopus y Web of Science), tomando en cuenta treinta (30) artículos revisados por pares académicos, considerando las plataformas con mayor calidad técnica a nivel mundial. Los estudios identificados cubrieron los periodos de 2015-2025, incluyendo lo más recientes hallazgos relacionados. Se revela con ello el crecimiento de su uso en el sistema alimentario, desde sus diferentes matices y propósitos en la cadena agroalimentario, como: extender la vida útil de las cosechas, contribuir a disminuir desperdicios o pérdidas, la posibilidad de ser una alternativa segura y saludable en consonancia con la soberanía alimentaria, e incluso, como factores agregados del tratamiento de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT). De esta manera, la fermentación como práctica ancestral se revitaliza como una oportunidad para empoderar pequeños productores, fortalecer economías sostenibles, mejorar la salud humana y potenciar el cuidado de los territorios.

ABSTRACT

This paper is a systematic review that explores how plant fermentation (an ancient technique for preserving and transforming food), with an emphasis on products derived from agroecological processes, improves the bioavailability of nutrients, promotes intestinal health, and therefore, other associated factors such as mental and emotional health. Currently, sustainable production and consumption models raise an interest in ferments, not only for their nutritional benefits, but also as a key tool for sustainable bioeconomy and the circular economy. The review maps relevant scientific production (Scopus and Web of Science), taking into account thirty (30) peer-reviewed academic articles, considering the platforms with the highest technical quality worldwide. The identified studies covered the periods 2015-2025, including the most recent related findings. This reveals the growth of its use in the food system, from its various nuances and purposes in the agri-food chain, such as extending the shelf life of crops, helping to reduce waste or losses, the potential to be a safe and healthy alternative in line with food sovereignty, and even as an added factor in the treatment of chronic non-communicable diseases (NCDs). In this way, fermentation as an ancestral practice is revitalized as an opportunity to empower small producers, strengthen sustainable economies, improve human health, and enhance territorial care.

PALABRAS CLAVE:

Fermentos vegetales;
Bioeconomía sostenible;
Agroecología; Economía circular;
Seguridad alimentaria; Prácticas ancestrales; Revitalización;
Soberanía alimentaria; Ciudades sostenibles; Producción sostenible.

KEYWORDS:

Plant ferments; Sustainable bioeconomy; Agroecology; Circular economy; Food security; Ancestral practices; Revitalization; Food sovereignty; Sustainable cities; Sustainable production.

Aprovechamiento de Celulosa a partir de Residuos Agrícolas y Forestales para Aplicaciones Sostenibles

Cellulose Recovery from Agricultural and Forestry Waste for Sustainable Applications

VILLOTA-GONZÁLEZ, EDISON-JAVIER¹; SULBARÁN-RANGEL, BELKIS-COROMOTO²; ANZALDO-HERNÁNDEZ, JOSÉ¹

RESUMEN

La valorización de residuos agrícolas y forestales mediante el aprovechamiento de la celulosa representa una estrategia clave dentro de la bioeconomía y la economía circular. La celulosa, como polímero natural abundante, posee propiedades fisicoquímicas favorables que la convierten en una materia prima versátil para múltiples aplicaciones industriales. El objetivo de este trabajo es analizar los métodos de extracción de celulosa a partir de biomasa residual y evaluar su potencial en el desarrollo de materiales sostenibles. Se aplicó una revisión bibliográfica sistemática en las bases de datos Google Académico y ScienceDirect, seleccionando publicaciones entre 2015 y 2024 mediante palabras clave relacionadas a su proceso de extracción. Se identificaron estudios enfocados en residuos lignocelulósicos como cáscaras de frutas, bagazo de caña, paja de cereales y aserrín, destacando su disponibilidad y bajo costo. La metodología permitió comparar el rendimiento y la eficiencia de los diferentes procesos de extracción, así como caracterizar las propiedades del material obtenido. Los resultados muestran que los tratamientos alcalinos y organosolv son los más eficientes para la purificación de celulosa, mientras que la hidrólisis ácida permite modificar la estructura para aplicaciones específicas, entre ellas se encuentra la elaboración de bioplásticos, hidrogeles, empaques biodegradables, papel ecológico y soportes para nanopartículas en procesos de remediación ambiental. Se discuten también las principales barreras técnicas y económicas que dificultan el escalamiento industrial, como el uso de solventes, el consumo energético y los costos de producción.

1 Universidad de Guadalajara Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería. Ingeniero Forestal y PhD. Guadalajara, México. <https://orcid.org/0009-0008-3911-5645>, <https://orcid.org/0000-0002-2300-6195>,

2 Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Tonalá. PhD. Tonalá, México. <https://orcid.org/0000-0002-5758-6140>

Correspondencia: edison.villota9376@alumnos.udg.mx

En conclusión, el aprovechamiento de la celulosa impulsa el desarrollo de materiales innovadores y sostenibles, promoviendo una economía más limpia y resiliente frente a los desafíos ambientales actuales. Esta estrategia fomenta el uso eficiente de recursos renovables, disminuye la dependencia de materias primas fósiles y refuerza los principios de la economía circular. Además, abre nuevas oportunidades tecnológicas en sectores como el agroindustrial, biomédico, ambiental y de empaques biodegradables.

ABSTRACT

The valorization of agricultural and forestry residues through the extraction of cellulose represents a key strategy within the framework of the bioeconomy and circular economy. Cellulose, as an abundant natural polymer, possesses favorable physicochemical properties that make it a versatile raw material for multiple industrial applications. The objective of this work is to analyze the methods for extracting cellulose from residual biomass and evaluate its potential in the development of sustainable materials. A systematic literature review was conducted using the Google Scholar and ScienceDirect databases, selecting publications from 2015 to 2024 through keywords related to the extraction processes. Studies focused on lignocellulosic residues such as fruit peels, sugarcane bagasse, cereal straw, and sawdust were identified, highlighting their availability and low cost. The methodology allowed for comparison of the yield and efficiency of various extraction processes, as well as characterization of the properties of the obtained material. The results show that alkaline and organosolv treatments are the most efficient for cellulose purification, while acid hydrolysis allows for structural modification for specific applications. These include the production of bioplastics, hydrogels, biodegradable packaging, ecological paper, and supports for nanoparticles in environmental remediation processes. The main technical and economic barriers hindering industrial scale-up are also discussed, such as solvent use, energy consumption, and production costs. In conclusion, cellulose valorization drives the development of innovative and sustainable materials, promoting a cleaner and more resilient economy in the face of current environmental challenges. This strategy encourages the efficient use of renewable resources, reduces dependence on fossil-based raw materials, and reinforces the principles of the circular economy. Furthermore, it opens new technological opportunities in sectors such as agroindustry, biomedicine, environmental remediation, and biodegradable packaging.

PALABRAS CLAVE:

Bioplástico; Hidrogel;
Remediación Ambiental;
Sustentabilidad; Materiales
Biodegradables; Bioeconomía;
Economía Circular;
Agroindustria; Materiales
Compuestos.

KEYWORDS:

Bioplastic; Hydrogel;
Environmental Remediation;
Sustainability; Biodegradable
Materials; Bioeconomy; Circular
Economy; Agroindustry;
Composite Materials.

Evaluación Técnico-Productiva de la Inclusión de Subproductos dechontaduro (*Bactris gasipaes*) en Cuyes (*Cavia porcellus*) en el Tambo- Cauca

Technical-Productive evaluation of the inclusion of Chontaduro (*Bactris gasipaes*) byproducts in guinea pig (*Cavia porcellus*) diets in Tambo - Cauca

ERAZO-MARTÍNEZ, KAREN-SOFÍA¹; CARVAJAL-TAPIA, JULIANA-ISABEL²

RESUMEN

La seguridad alimentaria en el departamento del Cauca enfrenta desafíos significativos debido a factores sociales, económicos y culturales que limitan el acceso a alimentos nutritivos. En este contexto, la producción de cuyes (*Cavia porcellus*) es una fuente proteica de alta calidad y bajo costo, fundamental para la dieta de los campesinos. Sin embargo, la alimentación de los cuyes representa más del 50 % de los costos totales, ya que las mezclas balanceadas utilizadas in-

1 Universidad del Cauca, Facultad de ciencias Agrarias. Grupo de Investigación NUTRIFACA. Pregrado. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0002-7143-7640>

2 Universidad del Cauca, Facultad de ciencias Agrarias. Grupo de investigación NUTTRIFACA. Doctorado. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-8426-7287>

Correspondencia: karenerazo@unicauca.edu.co

cluyen materias primas compradas fuera de la región. Por ello, aprovechar subproductos locales podría reducir costos y mejorar la eficiencia en la producción de carne de cuy. La industria del chontaduro (*Bactris gasipaes*), con potencial producción en El Tambo, genera subproductos (cáscara y frutos pequeños), ricos en nutrientes, pero poco aprovechados, esto provoca impactos ambientales negativos. Este proyecto evaluará el efecto técnico-productivo de incluir subproductos de chontaduro en la alimentación de cuyes en sistemas tradicionales. Se utilizará un diseño completamente al azar con tres tratamientos: T1 (40% cáscara de chontaduro + 60 % base estándar), T2 (40 % chirilla de chontaduro + 60 % base estándar) y T3 (concentrado-comercial, control), con cuatro repeticiones y tres animales por unidad experimental. Se espera que con la inclusión de estos subproductos se pueda determinar la digestibilidad *in vivo* de las dietas evaluadas, mejore parámetros productivos, reduzca costos y valide su potencial como recurso local. Esta estrategia promueve la economía circular, facilita una fuente proteica accesible para comunidades campesinas y sienta bases para replicar el modelo con otras materias primas no convencionales, fortaleciendo sistemas agropecuarios en el departamento. Estudio en desarrollo, forma parte del proyecto "Integración de estrategias ecoeficientes en la producción de cuyes en familias campesinas del Cauca", Orquídeas-Mujeres en la Ciencia 2024.

PALABRAS CLAVE:

Monogástricos herbívoros; Dieta balanceada; Variables productivas; Conversión alimenticia; Materias alternativas, Digestibilidad; Producción sostenible; Axonopus; Pijuayo; Nutrientes.

ABSTRACT

Food security in the Cauca department faces significant challenges due to social, economic, and cultural factors that limit access to nutritious foods. In this context, guinea pig (*Cavia porcellus*) production represents a high-quality, low-cost protein source essential to the diet of rural farmers. However, feeding guinea pigs accounts for over 50 % of total production costs, as balanced feed mixtures often include raw materials purchased outside the region. Therefore, utilizing local by-products could reduce costs and improve efficiency in guinea pig meat production. The peach palm industry (*Bactris gasipaes*), with production potential in El Tambo, generates nutrient-rich by-products (peels and small fruits) that are currently underutilized, causing negative environmental impacts. To promote sustainable nutrition and a circular economy, it is crucial to convert these residues in food for guinea pigs, contributing to local economic development and strengthening regional food security. This study will evaluate the technical and productive effects of including peach palm by-products in the diets of guinea pigs raised under traditional systems. A completely randomized design will be used with three treatments: T1 (40 % peach palm peel+60% standard base), T2 (40 % whole peach palm fruit + 60 % standard base), and T3 (commercial concentrate, control), with four replicates and three animals per experimental unit. It is expected that the inclusion of these by-products will improve nutritional and productive parameters, reduce feeding costs, and validate their potential as a local resource. This strategy promotes a circular economy in El Tambo, provides an accessible protein source for rural communities, and lays the groundwork to replicate the model with other unconventional raw materials, strengthening resilient agricultural systems in Cauca. The study is ongoing and is part of the project "Integration of eco-efficient strategies in guinea pig production in rural communities of Cauca," Orquídeas-Mujeres en la Ciencia 2024.

KEYWORDS:

Herbivorous monogastrics; Balanced diet; Production variables; Feed conversion; Alternative feedstocks, Digestibility; Sustainable production; Axonopus; Peach palm; Nutrients.

Identificación de la Especie *Vaccinium meridionale* Swartz en el Municipio de Sotará, Cauca.

Identification of the Species *Vaccinium meridionale* Swartz in the Municipality of Sotará, Cauca.

PALECHOR-MUÑOZ, DANIELA-ANDREA¹; OMEN-ANACONA, ELKIN-ADRIAN²;
ORDOÑEZ-HOYOS, ALEX-ENRIQUE³; OSPINA-MONTEALEGRE, ROMAN⁴

RESUMEN

El *Vaccinium meridionale* comúnmente conocido como agraz, ha formado parte de la base alimentaria de las comunidades en la zona andina. Dentro de su consumo se encuentran la extracción de frutos, raíces y cortezas como medicina alternativa. De igual manera, la creciente demanda en la extracción del *V. meridionale* en el departamento del Cauca, ha generado una explotación no regulada en huertos silvestres, convirtiéndolo en un arbusto propicio a la explotación cíclica de sus poblaciones, lo cual ha desencadenado desafíos sobre su conservación y aprovechamiento sostenible, es por esto que nace la necesidad de analizar de su distribución. Por lo tanto, este estudio tendrá como objetivo evaluar el estado actual de conservación de *V. meridionale* en el municipio de Sotará, con el fin de generar estrategias para su manejo. Para ello, inicialmente en el área se realizará una clasificación supervisada de coberturas mediante Corine Land Cover. Posteriormente, se realizará un muestreo aleatorio simple combinado con el método punto cuadrante medio. La infor-

- 1 Universidad del Cauca, Facultad de ciencias agrarias, Bosques y comunidades. Técnico. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0007-6241-7302>
- 2 Universidad del Cauca, Facultad de ciencias agrarias, Bosques y comunidades. Técnico. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0006-5816-0834>
- 3 Universidad del Cauca, Facultad de ciencias agrarias, Bosques y comunidades. MBA energía solar y biomasa. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-0430-360X>
- 4 Universidad del Cauca, Facultad de ciencias agrarias, Bosques y comunidades. MSc. en manejo de bosques tropicales. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-1547-1959>

Correspondencia: dpalechor@unicauca.edu.co

mación generada será alojada en survey 123, y finalmente la nube de puntos generada en el muestreo será tratada por el aplicativo (ARCGIS) y programas estadísticos. De acuerdo con lo anterior, el presente trabajo pretende generar mapas predictivos de patrones ecológicos. Así mismo, estudiar la correlación entre la presencia de la especie en relación con las variables ambientales, para así establecer lineamientos que ayuden a orientar el manejo de la especie.

ABSTRACT

Vaccinium meridionale, commonly known as verjuice, has been part of the food base of communities in the Andean region. Its consumption includes the extraction of fruits, roots, and bark as alternative medicine. Similarly, the growing demand for the extraction of V. meridionale in the department of Cauca has generated unregulated exploitation in wild orchards, turning it into a shrub conducive to the cyclical exploitation of its populations. This has triggered challenges regarding its conservation and sustainable use. This is why the need to analyze its distribution arises. Therefore, this study will aim to evaluate the current conservation status of V. meridionale in the municipality of Sotará, in order to generate strategies for its management. To this end, a supervised land cover classification will initially be conducted in the area using Corine Land Cover. Subsequently, simple random sampling combined with the point-mean-quadrant method will be performed. The information generated will be stored in Survey 123, and finally, the point cloud generated by the sampling will be processed by the application (ARCGIS) and statistical programs. Accordingly, this work aims to generate predictive maps of ecological patterns. It also aims to study the correlation between the presence of the species and environmental variables, in order to establish guidelines that help guide the management of the species.

PALABRAS CLAVE:

Vaccinium meridionale; Muestreo forestal; Distribución espacial; Modelos predictivos; Plan de manejo; Análisis de datos; Patrones ecológicos; Conservación; Lineamientos; Estrategias.

KEYWORDS:

Vaccinium meridionale; Forest sampling; Spatial distribution; Predictive models; Management plan; Data analysis; Ecological patterns; Conservation; Guidelines; Strategies

Caracterización Nutricional y Antinutricional de Algunas Especies Forrajeras Promisorias para Alimentación Animal en el Municipio de Pasto

Nutritional and Anti-nutritional Characterization of Some Promising Forage Species for Animal Feed in the Municipality of Pasto

CORTES-JOJOA, KRIS-STEPHANY¹; RAMOS-OBANDO, LESVY²

RESUMEN

*En la zona de estudio predominan sistemas de producción bovina y ovina bajo pastoreo, junto con la cría de especies menores como cuyes (*Cavia porcellus*) y conejos (*Oryctolagus cuniculus*). La dieta animal se basa principalmente en pastos como raigrás (*Lolium multiflorum*), alfalfa (*Medicago sativa*) y trébol (*Trifolium spp*), los cuales presentan limitaciones de adaptación ante el estrés hídrico derivado del cambio climático, afectando la calidad del forraje y la productividad animal. Ante esta problemática, se plantea como alternativa el uso de especies forrajeras promisorias adaptadas a las condiciones locales. En este contexto, se evaluaron especies como carrizo (*Genus chusquea*), colla (*Verbesina arborea*), Chilca (*Baccharis latifolia*), Sauco (*sambucus nigra*), Resucitado (*Hibiscus sp*), Retamo (*Genista monspessulana*), espe-*

1 Universidad de Nariño, Programa de Zootecnia, Grupo de Investigación en Producción Pecuaria - PROPEC. Especialista. Pasto, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-1228-6643>

2 Universidad de Nariño, Programa de Zootecnia. Grupo de Investigación en Producción Pecuaria - PROPEC. M.Sc. Pasto, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-4287-8431>

Correspondencia: kris2090@udenar.edu.co

cies preferidas por productores locales para la alimentación de herbívoros. La investigación se desarrolló en la Granja Experimental Botana, en el corregimiento de Catambuco (Pasto, Nariño), a 2820 msnm, con coordenadas 01°09'12" LN y 77°18'31" LO, según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1990) pertenece a un bosque húmedo montano bajo (bh-MB). El estudio fue de tipo descriptivo, centrado en detallar las características de las especies evaluadas, e incluyó la toma de información a través de encuestas, con el apoyo del herbario PSO y los laboratorios de la universidad de Nariño se identificaron y examinaron las muestras. Los análisis nutricionales mostraron altos contenidos de materia seca en *Genus Chusquea*, 51,5 % y *Baccharis latifolia*, 30,2 %, mientras que *Sambucus nigra* y *Genista monspessulana* destacaron por su contenido proteico (22,94 % y 18,74 %, respectivamente). En cuanto a metabolitos secundarios, se identificaron fenoles en niveles bajos a moderados, esteroides en baja concentración, y ausencia de saponinas y alcaloides. Los resultados evidencian el potencial forrajero de estas especies, por lo que se pueden considerar estratégicas para diversificar la alimentación animal y fortalecer la sostenibilidad de los sistemas productivos locales.

PALABRAS CLAVE:

Alimentación; Forraje;
Metabolito; Nutrición;
Promisoria; Animal;
Producción; Cambio Climático;
Diversificación Alimentaria;
Sostenibilidad.

ABSTRACT

In the study area, grazing cattle and sheep production systems predominate, along with the raising of smaller species such as guinea pigs (*Cavia porcellus*) and rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). The animal diet is based primarily on grasses such as ryegrass (*Lolium multiflorum*), alfalfa (*Medicago sativa*), and clover (*Trifolium* spp), which have adaptation limitations in the face of water stress resulting from climate change, affecting forage quality and animal productivity. Given this problem, the use of promising forage species adapted to local conditions is proposed as an alternative. In this context, species such as reed (*Genus chusquea*), colla (*Verbesina arborea*), Chilca (*Baccharis latifolia*), Elderberry (*Sambucus nigra*), Resucitado (*Hibiscus* sp), Retamo (*Genista monspessulana*), species preferred by local producers for feeding herbivores were evaluated. The research was developed at the Botana Experimental Farm, in the district of Catambuco (Pasto, Nariño), at 2,820 meters above sea level, with coordinates 01° 09'12 "LN and 77 ° 18'31" LO, according to the Holdridge life zone classification (1990) it belongs to a low montane humid forest (bh-MB). The study was descriptive, focused on detailing the characteristics of the species evaluated, and included the collection of information through surveys, with the support of the PSO herbarium and the laboratories of the University of Nariño. They identified and examined the samples. Nutritional analyses showed high dry matter contents in *Genus Chusquea* (51,5 %) and *Baccharis latifolia* (30,2 %), while *Sambucus nigra* and *Genista monspessulana* stood out for their protein content (22,94 % and 18,74 %, respectively). Regarding secondary metabolites, low to moderate levels of phenols, low concentrations of sterols, and an absence of saponins and alkaloids were identified. The results demonstrate the forage potential of these species, which is why they can be considered strategic for diversifying animal feed and strengthening the sustainability of local production systems.

KEYWORDS:

Feeding; Forage; Metabolite;
Nutrition; Promising; Animal;
Production; Climate Change;
Diversification; Sustainability.

Evaluación de la Calidad de Huevos de Piso Tratados con Diferentes Recubrimientos Comestibles

Evaluation of the Quality of Floor Eggs Treated with Different Edible Coatings

MALLAMA-GOYES, ANA-JULIA¹; HIDALGO-RODRÍGUEZ, MARY-JENNY²; VILLOTA, BYRON-DARIO³

RESUMEN

La NTC 1240 prohíbe la comercialización de huevos con superficies contaminadas iguales o superiores al 25 %, que usualmente provienen de huevo de piso. A nivel de pequeño productor no se asume en su totalidad este requisito por pérdidas económicas, haciéndose indispensable buscar alternativas que garanticen su inocuidad. Se muestrearon 40 huevos limpios y 160 sucios sometidos a limpieza, provenientes de gallinas Hy line Brown de 32 semanas, alojadas en sistema de piso. Se evaluaron 5 tratamientos: TOL= Huevos limpios, TOS= Huevos sucios, T1= Huevos sucios impermeabilizados con aceite mineral, T2= Huevos sucios impermeabilizados con albumen; T3= Huevos sucios impermeabilizados con lisozima; evaluados a 7, 14, 21 y 28 días. Se aplicaron técnicas estándar para análisis de calidad del huevo (medición de pH, cámara de aire, altura y diámetro del albumen, unidades Haugh) y protocolo de aislamiento microbiológico primario. Se utilizó un diseño completamente al azar con prueba de Tukey para variables físicas y Chi-Cuadrado para variables microbiológicas, con 95 % de confianza. Se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) para pH en TOS (8,97) y T3 (8,27); cámara de aire TOL (0,92 cm), TOS (1,01cm) y T2 (0,64 cm); diámetro de albumen TOL (3,37 cm) y TOS (3,93 cm); altura de albumen TOS (4,33 mm) y unidades Haugh TOS (62,76). Se encontró diferencias en relación a presencia de *Staphylococcus aureus*, siendo TOS el que presentó mayor número de casos positivos (10) igual que *Escherichia coli* (8). El uso de impermeabilizantes sustituye la capa protectora de mucina que se pierde duran-

- 1 Universidad de Nariño, Programa de Zootecnia, Grupo de Investigación en Desarrollo e Innovación Pecuaria - DIP. M.Sc. Pasto, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-4754-5839>
- 2 Universidad de Nariño, Programa de Zootecnia. Zootecnista. Pasto, Colombia. <https://orcid.org/0009-0007-7565-5027>
- 3 Universidad de Nariño, Programa de Zootecnia. Zootecnista. Pasto, Colombia. <https://orcid.org/0009-0001-0567-6291>

Correspondencia: anamallama@udenar.edu.co

te la limpieza de huevos sucios, favoreciendo la conservación de parámetros de calidad interna y microbiológica. La calidad de huevo de piso sometido a limpieza puede mantener las características de calidad durante su vida útil al impermeabilizarse con aceite mineral o albumen de huevo, siendo este último el más económico para el productor (\$ 5,9).

PALABRAS CLAVE:

Huevo; Limpieza; Calidad; Inocuidad; Impermeabilización; Almacenamiento; Aceite mineral; Albumen; Lisozima; Mucina.

ABSTRACT

According to the Colombian Technical Standard NTC 1240, the commercialization of eggs with contaminated surfaces equal to or exceeding 25% is prohibited, a condition commonly found in floor eggs. Small-scale producers often do not fully comply with this requirement due to potential economic losses, necessitating alternative methods to ensure egg safety. In a study, 40 clean eggs and 160 dirty eggs subjected to cleaning were sampled from 32-week-old Hy-Line Brown hens housed in a floor system. Five treatments were evaluated: TOL = clean eggs, TOS = dirty eggs, T1 = dirty eggs coated with mineral oil, T2 = dirty eggs coated with egg albumen, and T3 = dirty eggs coated with lysozyme, assessed at intervals of 7, 14, 21, and 28 days. Standard techniques were applied for egg quality analysis, including measurements of pH, air cell size, albumen height and diameter, Haugh units, and primary microbiological isolation protocols. A completely randomized design was employed, utilizing Tukey's test for physical variables and the Chi-Square test for microbiological variables, with a 95 % confidence level. Significant statistical differences ($p < 0,05$) were observed in pH levels for TOS (8,97) and T3 (8,27); air cell sizes for TOL (0,92 cm), TOS (1,01 cm), and T2 (0,64 cm); albumen diameters for TOL (3,37 cm) and TOS (3,93 cm); albumen height for TOS (4,33 mm); and Haugh units for TOS (62,76). Additionally, differences were noted in the presence of *Staphylococcus aureus*, with TOS exhibiting the highest number of positive cases (10), as well as *Escherichia coli* (8 cases). The application of coatings effectively replaces the protective mucin layer lost during the cleaning of dirty eggs, aiding in the preservation of internal and microbiological quality parameters. Floor eggs subjected to cleaning can maintain their quality characteristics throughout their shelf life when coated with mineral oil or egg albumen, with the latter being the more economical option for producers, costing approximately COP \$5,9 per egg.

KEYWORDS:

Egg; Cleaning; Quality; Safety; Coating; Storage; Mineral oil; Albumen; Lysozyme; Mucin.

Rendimiento y Caracterización Química del Aceite de Larvas de *Zophobas morio*

Yield and Chemical Characterization of Oil from *Zophobas morio* Larvae

LAGOS-BURBANO, ELIZABETH¹; MALLAMA-GOYES, ANA-JULIA²

RESUMEN

El creciente interés por fuentes alternativas de lípidos ha impulsado la investigación en aceites derivados de insectos, debido a su perfil nutricional y sostenibilidad. En este contexto, *Zophobas morio* representa una opción prometedora por su alto contenido graso y rápida tasa de reproducción. El objetivo del presente estudio fue determinar el rendimiento y contenido de ácidos grasos de aceite extraído de larvas de escarabajo rey, con el fin de explorar su potencial uso en alimentación animal. Las pruebas se realizaron en los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño. Se emplearon larvas en la última fase de desarrollo, las cuales fueron sometidas a proceso de congelación, escaldado y secado en deshidratador de alimentos. Para la obtención de aceite se emplearon 2 técnicas, para el primer experimento se empleó técnica de extracción con uso de solventes (éter) mediante método Soxhlet y la segunda a través de uso de extrusor (Komet, modelo DD 85). Para el análisis de ácidos grasos se empleó cromatografía de gases. Para el caso de extracción con solvente se obtuvo un rendimiento de 30,19 %, mientras que para aceite obtenido por extrusión fue del 22,67 %. Con el método de extrusor se logró obtener mayor proporción de ácidos grasos insaturados como el oleico (25,49 %) y el linoleico (18,65 %) frente al método con solvente, con valores de 19 % y 13,7 % para los mismos ácidos grasos. Las variaciones en rendimiento y el contenido de ácidos grasos están relacionadas con el método de obtención del aceite, así como las condiciones de extracción, deshidratación e incluso la propia alimentación de los insectos. El método de extracción con solventes mejoró el rendimiento del aceite, mientras que el método con extrusor permitió mayor obtención de ácidos grasos insaturados de importancia en alimentación animal.

1 Universidad de Nariño, Programa de Zootecnia, Grupo de Investigación en Desarrollo e Innovación Pecuaria - DIP. M.Sc. Pasto, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-5098-9908>

2 Universidad de Nariño, Programa de Zootecnia, Grupo de Investigación en Desarrollo e Innovación Pecuaria - DIP. M.Sc. Pasto, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-4754-5839>

Correspondencia: elizalagosb48@gmail.com

PALABRAS CLAVE:

Zophobas morio; Escarabajo rey; Insectos comestibles; Coleópteros; Extracción de aceites; Extrusor; Ácidos grasos saturados; ácidos grasos insaturados; Alimentación animal; Sostenibilidad.

ABSTRACT

The growing interest in alternative lipid sources has driven research into insect-derived oils due to their nutritional profile and sustainability. In this context, Zophobas morio represents a promising option because of its high fat content and rapid reproduction rate. The objective of this study was to determine the yield and fatty acid content of oil extracted from Zophobas morio larvae (commonly known as superworms), in order to explore its potential use in animal feed. The tests were conducted in the specialized laboratories of the University of Nariño. Larvae in the final stage of development were used, undergoing a process of freezing, blanching, and drying in a food dehydrator. Two extraction techniques were applied: in the first experiment, a solvent extraction method using ether and a Soxhlet apparatus was employed; in the second, oil was obtained using a mechanical extruder (Komet, model DD 85). Fatty acid analysis was performed using gas chromatography. The solvent extraction method yielded an oil recovery of 30.19%, while the extrusion method resulted in a yield of 22.67%. The extruder method produced a higher proportion of unsaturated fatty acids, such as oleic acid (25.49%) and linoleic acid (18.65%), compared to the solvent method, which yielded 19% and 13.7% for the same fatty acids, respectively. Variations in oil yield and fatty acid content are associated with the extraction method, as well as the extraction and dehydration conditions, and even the insects' diet. Conclusions. The solvent extraction method improved oil yield, whereas the extrusion method resulted in a higher proportion of unsaturated fatty acids, which are valuable in animal nutrition.

KEYWORDS:

Zophobas morio; King beetle; Edible insects; Beetles; Oil extraction; Extruder; Saturated fatty acids; Unsaturated fatty acids; Animal nutrition; Sustainability.

Determinación del Potencial de Promoción de Crecimiento Vegetal de Bacterias Aisladas del Suelo

Determination of the Plant Growth-Promoting Potential of Soil-Isolated Bacteria

VILLA-POLANCO, JOHAN-ALEXANDER¹; VARÓN-LÓPEZ, MARYEIMY²; MORA-DELGADO JAIRO³

RESUMEN

La investigación sobre microorganismos promotores de crecimiento vegetal (MPCV) ha adquirido gran relevancia debido al interés en su aplicación en programas agrícolas y ambientales, así como a la necesidad de comprender sus interacciones con el ecosistema del suelo y las plantas. Sin embargo, los estudios existentes enfrentan dificultades metodológicas significativas al momento de determinar si un microorganismo puede promover el crecimiento de las plantas, puesto que se requieren metodologías costosas en tiempo y recursos, con alta estandarización en laboratorio, además de una revisión exhaustiva de numerosos aislados para encontrar alguno con actividad interesante. Es así que, el objetivo de esta investigación es determinar el potencial de tres estrategias metodológicas: columnar, materas y rizotrones como métodos de evaluación rápida de la capacidad de promoción de crecimiento vegetal de bacterias aisladas del suelo sobre el desarrollo aéreo y radical de Zea mays. Para ello, se inocularon cada 15 días durante 1 mes semillas de maíz ICA V-305 con dos microorganismos crecidos de forma independiente, Pseudomonas orientalis (T1) y Paenibacillus taichungensis (T2), y se compararon con un control sin inocular (T0). Las mediciones de los parámetros aéreos se toma-

- 1 Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias, Grupo de investigación en Genética y Biotecnología Vegetal de la Universidad del Tolima - GEBIUT. Biólogo. Ibagué, Colombia. <https://orcid.org/0009-0000-8968-264X>
- 2 Universidad del Tolima, Facultad de Ciencias, Grupo de investigación en Genética y Biotecnología Vegetal de la Universidad del Tolima - GEBIUT. PhD en Ciencias. Ibagué, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-1125-2329>
- 3 Universidad del Tolima, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Grupo de investigación en Sistemas agroforestales pecuarios de la Universidad del Tolima. PhD Sistemas de Producción Agrícola Tropical Sostenible. Ibagué, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-1093-4216>

Correspondencia: javillap@ut.edu.co

ron manualmente, mientras que las del sistema radical se analizaron mediante fotografías procesadas en el software ImageJ-SmartRoot. Preliminarmente, se logró determinar la utilidad de estos sistemas en la evaluación de promoción del crecimiento, especialmente sobre las raíces. Los rizotrones se evidenciaron como el mejor sistema metodológico para observar el efecto en la arquitectura radical. Finalmente, se espera relacionar los resultados obtenidos en vivero con los parámetros de crecimiento evaluados en laboratorio en estudios previos y con las mismas cepas, definiendo si estos pueden ser una herramienta inicial adecuada y eficiente para conocer rápidamente la capacidad de promoción de estos microorganismos.

ABSTRACT

Research on plant growth-promoting microorganisms (PGPM) has gained great relevance due to the interest in their application in agricultural and environmental programs, as well as the need to understand their interactions with the soil and plant ecosystem. However, existing studies face significant methodological challenges when determining whether a microorganism can promote plant growth, since they require time- and resource-intensive methodologies, high laboratory standardization, and a thorough screening of numerous isolates to identify any with promising activity. Therefore, the objective of this research is to determine the potential of three methodological strategies—column systems, pots, and rhizotrons—as rapid assessment methods for the plant growth-promoting capacity of soil-isolated bacteria on the aerial and root development of *Zea mays*. For this purpose, maize seeds (ICA V-305) were inoculated every 15 days for one month with two independently grown microorganisms: *Pseudomonas orientalis* (T1) and *Paenibacillus taichungensis* (T2) and compared with an uninoculated control (T0). Aerial parameters were measured manually, while root system parameters were analyzed using photographs processed with the ImageJ-SmartRoot software. Preliminarily, the usefulness of these systems for evaluating growth promotion was determined, particularly in the root system. Rhizotrons proved to be the best methodological system for observing the effects on root architecture. Finally, the results obtained in the nursery are expected to be correlated with growth parameters previously evaluated in laboratory studies using the same strains, to determine whether these systems can serve as an adequate and efficient initial tool to rapidly assess the growth-promoting potential of these microorganisms.

PALABRAS CLAVE:

Microorganismos; MPCV; Estrategias metodológicas; Rizotrones; Arquitectura radical; Crecimiento vegetal; Promoción de crecimiento; Parámetros morfológicos, Maíz; *Pseudomonas orientalis*; *Paenibacillus taichungensis*.

KEYWORDS:

Microorganisms; PGPM; Methodological strategies; Rhizotrons; Root architecture; Plant growth; Growth promotion; Morphological parameters; Maize; *Pseudomonas orientalis*; *Paenibacillus taichungensis*.

Evaluación del Biol y Dosis Parciales de NPK en el Cultivo de Maíz V-114 en un Suelo Arenoso de Buenos Aires – Montería-Córdoba.

Evaluation of Biol and Partial Doses of NPK in the Cultivation of V-114 Corn in a Sandy Soil of Buenos Aires – Montería-Córdoba.

FERNANDEZ-QUIÑONEZ, ANA-SOFIA¹; PINEDA-PACHECO, ERLIS-SOFIA²; CABRALES-HERRERA, ELIECER-MIGUEL³

RESUMEN

El maíz es un cultivo de gran valor económico y social, cuya relevancia ha crecido con el tiempo, consolidándose como una materia prima fundamental en diversos procesos industriales. En Colombia, este cultivo es clave para la seguridad alimentaria y el desarrollo socioeconómico, siendo el principal cultivo de ciclo corto, con presencia en más de 250 municipios. Las principales zonas productoras –Tolima, Córdoba, Meta, Valle del Cauca y Cesar– concentran el 65 % del área sembrada, y alrededor del 60 % de su población depende de esta actividad agrícola. Dado el alto costo de los fertilizantes químicos y dificultad para conseguirlo, muchos productores se han desmotivado y han abandonado la siembra de este cereal y en otros casos, han disminuido el área sembrada. Con base en lo anterior, se propuso esta investigación buscando alternativas más sostenibles para el manejo del cultivo de maíz. Se evaluaron siete tratamientos: cinco dosis

1 Universidad de Córdoba, Semillero Ciencias del suelo. Estudiante de ingeniería agronómica. Montería, Colombia. <https://orcid.org/0009-0009-8447-4214>

2 Universidad de Córdoba, Semillero Ciencias del suelo. Estudiante de ingeniería agronómica. Montería, Colombia. <https://orcid.org/0009-0004-1062-7891>

3 Universidad de Córdoba. Profesor titular del Área de suelos. PhD. Montería, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-6564-1664>

Correspondencia: ecabralesh@correo.unicordoba.edu.co

de fertilización química (0, 25, 50, 75 y 100 % de la dosis recomendada de NPK) combinadas con la aplicación del biofertilizante Biol (40 L/ha); un tratamiento adicional con solo el 100 % de fertilización química; y otro sin ningún tipo de fertilización. La dosis de NPK en la zona es de 120-80-80, siendo esta la dosis del 100 %. El ensayo se estableció en un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones y unidades experimentales de 7 x 7 metros. Se evaluaron variables de crecimiento y rendimiento del cultivo. Los resultados mostraron una respuesta fisiológica limitada y altos coeficientes de variación en las variables evaluadas. En términos de rendimiento de grano, se encontró que es posible reducir hasta en un 75 % la dosis de fertilización química sin afectar significativamente el rendimiento del cultivo, sin embargo, si solo se aplica el biofertilizante, este no supera el promedio (3000 kg/ha) de la zona, por ende, el biofertilizante debe estar acompañada con la aplicación parcial de la fertilización química, debido a la baja oferta nutricional de estos suelos. Esto representa una alternativa viable y sostenible, tanto económica como ambientalmente, al disminuir los costos de producción y reducir la contaminación asociada al uso excesivo de fertilizantes químicos.

ABSTRACT

Corn is a crop of great economic and social value, whose importance has grown over time, consolidating its position as a fundamental raw material in various industrial processes. In Colombia, this crop is key to food security and socio-economic development, being the main short-cycle crop, present in more than 250 municipalities. The main producing areas—Tolima, Córdoba, Meta, Valle del Cauca, and Cesar—account for 65% of the cultivated area, and approximately 60% of the population depends on this agricultural activity. Given the high cost of chemical fertilizers and the difficulty in obtaining them, many producers have become discouraged and have abandoned planting this cereal, and in other cases, have reduced the planted area. Based on this, this research was proposed, seeking more sustainable alternatives for corn crop management. Seven treatments were evaluated: five doses of chemical fertilization (0, 25, 50, 75, and 100% of the recommended NPK dose) combined with the application of the biofertilizer Biol (40 L/ha); an additional treatment with only 100% chemical fertilization; and another with no fertilization at all. The NPK doses in the area is 120-80-80, to be is doses the 100% dosage. The trial was conducted in a randomized complete block design, with three replicates and experimental units measuring 7 x 7 meters. Crop growth and yield variables were evaluated. The results showed a limited physiological response and high coefficients of variation in the variables evaluated. In terms of grain yield, it was found that it is possible to reduce the dose of chemical fertilization by up to 75% without significantly affecting crop yield. However, if only biofertilizer is applied, it does not exceed the average (3000 kg/ha) for the area. Therefore, the biofertilizer must be accompanied by the partial application of chemical fertilization, due to the low nutritional offer of these soils. This represents a viable and sustainable alternative, both economically and environmentally, by reducing production costs and reducing pollution associated with the excessive use of chemical fertilizers.

PALABRAS CLAVE:

Seguridad alimentaria;
Sostenibilidad ambiental;
CIMMYT; CIAT; Sustentable;
Biodiversidad; Biofertilizantes;
Biol; Fertilización parcial
NPK; Suelos de baja fertilidad;
Agricultura sostenible;
Rendimiento del cultivo; Manejo
ecológico de suelos; Agricultura
verde; Cultivo ecológico.

KEYWORDS:

Food security; Environmental
sustainability; CIMMYT; CIAT;
Sustainable, Biodiversity;
Biofertilizers; Biol; Partial
NPK fertilization; Low fertility
soils; Sustainable agriculture;
Crop yield; Ecological soil
management; Green agriculture;
Organic farming.

Evaluación de la Mezcla Biol-Purín-EM en el Rendimiento del Cultivo de Arroz (*Oryza sativa*) en un Suelo de Montería - Colombia.

Evaluation of the Biol-Purin-EM Mixture on Rice (*Oryza sativa*) Crop Yield in a Soil in Montería, Colombia.

OSORIO-BÁRCENAS, LAURA-SOFIA¹; CABRALES-HERRERA, ELIECER-MIGUEL²

RESUMEN

El arroz es uno de los cereales más importantes a nivel mundial, con un consumo per cápita de 40,2 kg/año, que asciende a 52,3 kg/persona/año en las zonas rurales. Es una fuente clave de alimentación para la población humana, lo que hace necesario aumentar su producción frente al crecimiento demográfico. Sin embargo, el área cultivada ha disminuido debido a los altos costos de producción, especialmente por el uso de fertilizantes químicos, lo que plantea la necesidad de alternativas más sostenibles como los biofertilizantes. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de una mezcla de biofertilizantes (Biol + Purín + Microorganismos Eficientes [EM]) en combinación con diferentes dosis de fertilización química sobre el rendimiento y desarrollo del arroz. Se establecieron siete tratamientos: cinco dosis de NPK (0, 25, 50, 75 y 100 % de la dosis recomendada: 120-80-80), todas acompañadas de la mezcla de biofertilizantes (40 L/ha); un tratamiento solo con biofertilizantes (sin NPK); y otro sin ningún tipo de fertilización. El diseño experimental fue de bloques completos al azar (BCA) con tres repeticiones, y parcelas de 7 x 7 m como unidad experimental. Se evaluaron variables fisiológicas y componentes del rendimiento. Los resultados mostraron una baja respuesta fisiológica a la aplicación de biofertilizantes más NPK, posiblemente debido a

1 Universidad de Córdoba, Semillero Ciencias del suelo. Estudiante de ingeniería agronómica. Montería, Colombia. <https://orcid.org/0009-0003-4202-2427>

2 Universidad de Córdoba. Profesor titular del Área de suelos. PhD. Montería, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-6564-1664>

Correspondencia: ecabralesh@correo.unicordoba.edu.co

la alta variabilidad experimental, sobresalen los tratamientos que recibieron NPK más la mezcla de biofertilizantes sobre los tratamientos sin biofertilizantes. En cuanto al rendimiento, el mayor valor se obtuvo con el tratamiento 100% NPK + biofertilizantes (6748 kg/ha), los tratamientos con aplicación de NPK al igual que el tratamiento que solo recibió la mezcla de biofertilizantes, el rendimiento fue muy bajo y un alto porcentaje de granos vanos. No obstante, los tratamientos con 75 % y 50 % de NPK más biofertilizantes no presentaron diferencias estadísticas significativas con este, lo que indica que se puede reducir hasta en un 50 % la fertilización química sin afectar el rendimiento. Esto representa una alternativa viable para disminuir costos de producción y reducir el impacto ambiental derivado del uso excesivo de fertilizantes químicos.

ABSTRACT

Rice is one of the most important cereals worldwide, with a per capita consumption of 40,2 kg/year, rising to 52,3 kg/person/year in rural areas. It is a key source of food for the human population, making it necessary to increase its production in response to population growth. However, the cultivated area has decreased due to high production costs, especially due to the use of chemical fertilizers, raising the need for more sustainable alternatives such as biofertilizers. This research aimed to evaluate the effect of a biofertilizer mixture (Biol + Slurry + Efficient Microorganisms [EM]) in combination with different doses of chemical fertilization on rice yield and development. Seven treatments were established: five NPK doses (0, 25, 50, 75 and 100 % of the recommended dose: 120-80-80), all accompanied by the biofertilizer mixture (40 L/ha); one treatment with biofertilizers only (without NPK); and another without any type of fertilization. The experimental design was randomized complete blocks (RCB) with three replications, and 7 x 7 m plots as the experimental unit. Physiological variables and yield components were evaluated. The results showed a low physiological response to the application of biofertilizers plus NPK, possibly due to high experimental variability. Treatments that received NPK plus the biofertilizer mixture stood out compared to treatments without biofertilizers. Regarding yield, the highest value was obtained with the 100% NPK + biofertilizer treatment (6748 kg/ha). Both treatments with NPK application and the treatment that only received the biofertilizer mixture had very low yields and a high percentage of empty grains. However, the 75 % and 50 % NPK plus biofertilizer treatments did not present statistically significant differences, indicating that chemical fertilization can be reduced by up to 50% without affecting yield. This represents a viable alternative to reduce production costs and the environmental impact resulting from the excessive use of chemical fertilizers.

PALABRAS CLAVE:

Manejo ecológico de suelos; Cultivo ecológico; Seguridad alimentaria; Sostenibilidad ambiental; Biodiversidad; Biofertilizantes; Biol; Purín; Microorganismos eficientes; Fertilización parcial NPK; Suelos de baja fertilidad; Agricultura sostenible; Rendimiento del arroz; Agricultura verde.

KEYWORDS:

Ecological soil management; Organic farming; Food security; Environmental sustainability; Biodiversity; Biofertilizers; Biol; Slurry; Efficient microorganisms; Partial NPK fertilization; Low fertility soils; Sustainable agriculture; Rice yield; Green agriculture.

Comparación de la Producción y Calidad del Lombriabono a partir de Residuos De Cocina y Estiércol Bovino

Comparison of the Production and Quality of Vermicompost from Kitchen Waste and Bovine Manure

RESTREPO-LOPESIERRA, JULIANA¹; MÉNDEZ-VERONA, ADOLFO-DAVID²; CABRALES-HERRERA, ELIECER-MIGUEL³

RESUMEN

*La creciente generación de residuos sólidos urbanos, especialmente los orgánicos, representa un problema ambiental relevante debido a su rápida descomposición y emisión de malos olores. Frente a esta problemática, la lombricultura surge como una alternativa viable para el manejo y aprovechamiento de estos residuos, mediante la producción de lombriabono con lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Esta práctica, utilizada desde hace décadas para producir proteína animal y biofertilizantes, permite transformar residuos orgánicos en un producto útil para la agricultura. El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia de la lombricultura en la descomposición de residuos de cocina, comparándola con el uso tradicional de estiércol bovino como alimento para las lombrices. Se establecieron dos tratamientos: residuos de cocina (T1) y estiércol bovino (T2), utilizando 500 g de lombriz semilla en recipientes plásticos de 100 litros de capacidad. El diseño experimental fue completamente al azar, con dos tratamientos y tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: cantidad de biomasa consumida, producción de lombriabono y calidad química del producto final. Los resultados indicaron que el tratamiento con estiércol bovino generó una mayor cantidad de lombriabono, con menores inconvenientes sanitarios, como la presencia de moscas. No obstante, el tratamiento con residuos de cocina presentó una mayor riqueza en nutrientes solubles, destacando mayores concentraciones de potasio y calcio, lo cual*

1 Universidad de Córdoba, Semillero Ciencias del suelo. Estudiante de ingeniería agronómica. Montería, Colombia. <https://orcid.org/0009-0001-0924-1113>

2 Universidad de Córdoba, Semillero Ciencias del suelo. Estudiante de ingeniería agronómica. Montería, Colombia. <https://orcid.org/0009-0002-5204-0904>

3 Universidad de Córdoba. Profesor titular del Área de suelos. PhD. Montería, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-6564-1664>

Correspondencia: ecabralesh@correo.unicordoba.edu.co

aumenta el valor agronómico del lombriabono obtenido. Se concluye que la lombricultura es una estrategia eficaz para el aprovechamiento de residuos orgánicos domésticos, permitiendo reducir el volumen de desechos enviados a los sistemas de recolección urbana. Además, se obtiene un subproducto de valor, útil como fertilizante natural en actividades agrícolas y ornamentales, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental y al manejo responsable de los residuos sólidos urbanos.

ABSTRACT

*The increasing generation of urban solid waste, especially organic waste, represents a significant environmental problem due to its rapid decomposition and unpleasant odors. Faced with this problem, vermiculture has emerged as a viable alternative for the management and utilization of this waste, through the production of vermicompost using the Californian red worm (*Eisenia foetida*). This practice, used for decades to produce animal protein and biofertilizers, allows organic waste to be transformed into a useful agricultural product. The objective of this research was to evaluate the efficiency of vermiculture in the decomposition of kitchen waste, comparing it with the traditional use of bovine manure as worm feed. Two treatments were established: kitchen waste (T1) and bovine manure (T2), using 500 g of worm seed in 100-liter plastic containers. The experimental design was completely randomized, with two treatments and three replicates. The variables evaluated were: amount of biomass consumed, vermicompost production, and chemical quality of the final product. The results indicated that the treatment with bovine manure generated a greater quantity of vermicompost, with fewer health problems, such as the presence of flies. However, the treatment with kitchen waste showed greater soluble nutrient content, with higher concentrations of potassium and calcium, which increases the agronomic value of the vermicompost obtained. It is concluded that vermiculture is an effective strategy for utilizing domestic organic waste, reducing the volume of waste sent to urban collection systems. Furthermore, it produces a valuable byproduct, useful as a natural fertilizer in agricultural and ornamental activities, thus contributing to environmental sustainability and the responsible management of urban solid waste.*

PALABRAS CLAVE:

Manejo ambiental; Medio ambiente; Biodiversidad; Biofertilizantes; Lombriabono; Agricultura sostenible; Manejo ecológico de suelos; Agricultura verde; Cultivo ecológico; Residuos sólidos urbanos; Residuos orgánicos de cocina; Residuos de cocina.

KEYWORDS:

Environmental management; Environment; Biodiversity; Biofertilizers, Vermicompost; Sustainable agriculture; Ecological soil management, Green agriculture; Organic farming; Urban solid waste; Organic kitchen waste; Kitchen waste.

Respuesta del Maíz v-114 a la Mezcla de biol+microorganismos eficientes+purín y Fertilización Parcial de NPK en un Suelo de Montería-Colombia

Response of V-114 Corn to a Mixture of biol + efficient microorganisms + slurry and Partial Fertilization of NPK in Soils of Montería, Colombia

YEPES-ACOSTA, MARIANA-SOFIA¹; JARABA-ARRIETA, JUAN-MANUEL²; CABRALES-HERRERA, ELIECER-MIGUEL³

RESUMEN

En Colombia, el sostenimiento de los cultivos se ha visto afectado por los altos costos de insumos agrícolas, especialmente fertilizantes de síntesis como la Urea, DAP y KCl, ampliamente usados por su aporte de NPK para las plantas. Como alternativa, los biofertilizantes, preparados con materiales locales, surgen como opción viable, sostenible y amigable con el medio ambiente para mejorar la fertilidad del suelo. En este contexto, se desarrolló una investigación para evaluar el efecto de la aplicación combinada de biol, microorganismos eficientes (EM) y purín, junto con dosis parciales de fertilización química NPK, en el cultivo de maíz V-114, investigación que se hizo en suelos de baja fertilidad en el corregimiento de Buenos Aires, Montería-Colombia. Se establecieron siete tratamientos: 0, 25, 50, 75 y 100 % de la dosis NPK (120-80-80), además de un tratamiento sin NPK pero con biofertilizantes, y otro sin fertilización alguna. El experimento

1 Universidad de Córdoba, Semillero Ciencias del suelo. Estudiante de ingeniería agronómica. Montería, Colombia. <https://orcid.org/0009-0001-5094-9025>

2 Universidad de Córdoba, Semillero Ciencias del suelo. Estudiante de ingeniería agronómica. Montería, Colombia. <https://orcid.org/0009-0004-0166-9571>.

3 Universidad de Córdoba. Profesor titular del Área de suelos. PhD. Montería, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-6564-1664>

Correspondencia: ecabralesh@correo.unicordoba.edu.co

se realizó en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se evaluaron variables fisiológicas, morfológicas y de rendimiento del cultivo. Los resultados mostraron que los biofertilizantes generan respuestas positivas en las variables fisiológicas y de rendimiento, especialmente cuando se combinan con NPK. El mejor comportamiento fisiológico se observó con la aplicación de la mezcla de los biofertilizantes y el 100 % de la dosis NPK, igual respuesta se observó con el rendimiento, el máximo se logra con el 100 % de NPK y la mezcla de biofertilizantes, pero entre este tratamiento y los que recibieron la mezcla de biofertilizantes más el 50 %, 75 % y 100 %, no hubo diferencias, logrando hasta 4126 kg/ha, superando el promedio regional de 3000 kg/ha. Y cuando se usan solo los biofertilizantes y sin NPK, el rendimiento logrado no supera el promedio de la zona, quizás por ser suelos de baja oferta nutricional. Se concluye que la combinación de biofertilizantes con dosis reducidas de NPK permite mantener o incluso superar el rendimiento del maíz, reduciendo hasta un 50 % el uso de fertilizantes convencionales sin afectar significativamente el rendimiento, lo que representa una estrategia viable para disminuir costos de producción y mejorar la sostenibilidad agrícola en esta zona de Buenos Aires – Montería, Colombia.

ABSTRACT

In Colombia, crop sustainability has been affected by the high cost of agricultural inputs, especially synthetic fertilizers such as urea, DAP, and KCl, widely used for their contribution of NPK to plants. As an alternative, biofertilizers, prepared with local materials, emerge as a viable, sustainable, and environmentally friendly option for improving soil fertility. In this context, a study was conducted to evaluate the effect of the combined application of biol, efficient microorganisms (EM) and slurry, along with partial doses of NPK chemical fertilization, on the V-114 corn crop. This study was conducted on low-fertility soils in the Buenos Aires district of Montería, Colombia. Seven treatments were established: 0, 25, 50, 75, and 100 % of the NPK dose (120-80-80), in addition to a treatment without NPK but with biofertilizers, and another without any fertilization. The experiment was conducted in a randomized complete block design with three replicates. Physiological, morphological, and crop yield variables were evaluated. The results showed that biofertilizers generated positive responses in physiological and yield variables, especially when combined with NPK. The best physiological behavior was observed with the application of the biofertilizer mixture and 100 % NPK dose, the same response was observed with yield, the maximum was achieved with 100 % NPK and the biofertilizer mixture, but between this treatment and those that received the biofertilizer mixture plus 50 %, 75 % and 100 %, there were no differences, achieving up to 4126 kg/ha, exceeding the regional average of 3000 kg/ha. And when only biofertilizers and without NPK are used, the yield achieved does not exceed the average for the area, perhaps due to the soils with low nutritional supply. It is concluded that the combination of biofertilizers with reduced doses of NPK allows maintaining or even exceeding corn yield, reducing the use of conventional fertilizers by up to 50 % without significantly affecting yield. This represents a viable strategy to reduce production costs and improve agricultural sustainability in this area of Buenos Aires - Montería, Colombia.

PALABRAS CLAVES:

Biofertilizantes; Biol; Microorganismos eficientes (EM); Purín; Fertilización parcial NPK; Suelos de baja fertilidad; Agricultura sostenible; Rendimiento del cultivo; Manejo ecológico de suelos; Agricultura verde; Cultivo ecológico.

KEYWORDS:

Biofertilizers; Biol; Efficient microorganisms (EM); Slurry; Partial NPK fertilization; Low fertility soils; Sustainable agriculture; Crop yield; Ecological soil management; Freen agriculture; Organic farming.

Biorrefinería como Propuesta Innovadora y Sostenible en el sector Forestal del Departamento del Cauca*

Biorefinery as an Innovative and Sustainable Proposal in the Forestry Sector of the Department of Cauca

GUERRERO-GUERRERO, ELIZABETH-MARCELA¹; BARRERA-ZAPATA, ROLANDO-DE JESUS²

RESUMEN

*La biorrefinería es un concepto industrial que integra diferentes procesos y tecnologías para la conversión sostenible de biomasa en energía, productos químicos, bioproductos y materiales de valor agregado. Las biorrefinerías son consideradas una alternativa renovable frente a las refinerías de petróleo. Por lo anterior, se plantea la biorrefinería forestal como un procesamiento sostenible de la biomasa obtenida a partir de residuos de plantaciones forestales. En el departamento del Cauca, las plantaciones forestales comerciales de diferentes especies de *Eucalyptus* sp se utilizan para extraer madera de los fustes de los árboles con destino principal a la elaboración de muebles, papel y cartón (entre otros), generando biomasa residual representada en hojas, flores, frutos, corteza y raíces, así como residuos propios de su transformación, como aserrín y viruta en la elaboración de muebles o hemicelulosa y lignina en la elaboración de papel. La cantidad de biomasa residual depende de múltiples factores como la edad del árbol, la técnica de recolección, las condiciones ambientales, entre otras, se podría estimar un alto porcentaje de biomasa residual a partir de los datos estadísticos dis-*

* Proyecto de origen: Biorrefinería como propuesta innovadora y sostenible en el sector forestal del departamento del Cauca: Aprovechamiento integral del *Eucalyptus grandis* en el Departamento del Cauca: diseño conceptual de una biorrefinería como alternativa de desarrollo económico y social para la región. Financiación: Universidad de Antioquia. Culminación: 15 de diciembre de 2026.

1 Universidad de Antioquia, Grupo de investigación CERES. Magister en Ciencias Agrarias con énfasis en producción de cultivos. Pasto, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-3248-9456>

2 Universidad de Antioquia, Grupo de investigación CERES. Doctor en Ingeniería. Medellín, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-8718-9242>

Correspondencia: marcela.guerrero1@udea.edu.co

ponibles para la zona como áreas cultivadas, madera movilizada, principales productos comerciales, etc., estos residuos tienen el potencial de ser aprovechados bajo esquemas de biorrefinería, las cuales no comprometen el objeto principal de las plantaciones y se alinean con los principios de economía circular al fomentar la reutilización y aprovechamiento de todos los productos dentro de la cadena productiva de la madera, por lo cual, se plantea como una alternativa innovadora y sostenible el para el departamento de Cauca.

ABSTRACT

A biorefinery is an industrial concept that integrates different processes and technologies for the sustainable conversion of biomass into energy, chemicals, bioproducts, and value-added materials. Biorefineries are considered a renewable alternative to petroleum refineries. Therefore, a forest biorefinery is proposed as a sustainable way of processing biomass obtained from forest plantation residues. In the department of Cauca, commercial forest plantations of different species of Eucalyptus sp. are used to extract wood from tree trunks, primarily for the production of furniture, paper, and cardboard (among others). They generate residual biomass represented by leaves, flowers, fruits, bark, and roots, as well as waste from their processing, such as sawdust and shavings in furniture production or hemicellulose and lignin in paper production. The amount of residual biomass depends on multiple factors such as the age of the tree, the collection technique, environmental conditions, among others, a high percentage of residual biomass could be estimated from the statistical data available for the area such as cultivated areas, mobilized wood, main commercial products, etc., these residues have the potential to be used under biorefinery schemes, which do not compromise the main objective of the plantations and are aligned with the principles of the circular economy by promoting the reuse and use of all products within the wood production chain, for which reason, it is proposed as an innovative and sustainable alternative for the department of Cauca.

PALABRAS CLAVE:

Biorrefinería; Economía circular; Subproductos; Bioproductos; Eucalipto; *Eucalyptus grandis*; Cauca; Forestal; Biomasa; Sostenible.

KEYWORDS:

Biorefinery; Circular Economy; Byproducts; Bioproducts; Eucalyptus; *Eucalyptus grandis*; Cauca; Forestry; Biomass; Sustainable.

Nutrición Sostenible en Gallinas Ponedoras Mediante Inclusión de Aceite de Sacha Inchi y su Impacto Productivo y Lipídico del Huevo

Sustainable Nutrition in Laying Hens through Inclusion of Sacha Inchi Oil and Its Effects on Egg Production and Lipid Profile

LOPEZ-SARRIA, YINA-ELIZABETH¹; CARVAJAL-TAPIA, JULIANA-ISABEL²

RESUMEN

*La nutrición en aves impacta directamente la calidad de productos como carne y huevos, especialmente en su perfil lipídico, siendo relevante para la seguridad alimentaria. En Colombia, los huevos de gallina representan una fuente proteica fundamental en la dieta. Sin embargo, los productores enfrentan el reto de mejorar la calidad nutricional de los huevos incluyendo limitaciones económicas, acceso restringido a insumos y la necesidad de adoptar prácticas más sostenibles, sin sacrificar la rentabilidad ni la seguridad alimentaria. Mejorar este perfil promueve productos seguros y saludables para el consumo humano, impulsando una avicultura sostenible que va más allá del rendimiento productivo. Con el objetivo de evaluar parámetros productivos, económicos y perfil lipídico del huevo con la inclusión de aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en dietas balanceadas para aves ponedoras, en comparación con aves alimentadas convencionalmente. Se establecerá un diseño completamente al azar con tres tratamientos T1 tratamiento control, T2*

1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Semillero NUTRIFACA. Estudiante de ingeniería agropecuaria. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0007-9062-5950>

2 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Semillero NUTRIFACA. PhD. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-8426-7287>

Correspondencia: yilopez@unicauca.edu.co

2 % aceite de sachá inchi y T3 4 % aceite sachá inchi; cada uno con 4 repeticiones y cada unidad experimental con 5 aves. Variables a evaluar: consumo de alimento, conversión alimenticia, porcentaje de postura, calidad del huevo, análisis económico. Se espera que la inclusión de aceite de sachá inchi en dietas balanceadas para gallinas ponedoras mejore el perfil lipídico de los huevos, manteniendo o incrementando la eficiencia productiva sin afectar su calidad general. Este proyecto responde al desafío de la industria avícola de elevar la calidad nutricional del huevo para satisfacer la demanda creciente de alimentos funcionales, sin comprometer productividad ni sostenibilidad. El aceite de sachá inchi, rico en ácidos grasos poliinsaturados esenciales, ofrece una estrategia innovadora para diversificar nutrientes y enriquecer el perfil lipídico. Los resultados proyectados podrían impulsar una avicultura más sostenible y competitiva, equilibrando rendimiento productivo y salud pública. El estudio continúa en desarrollo para confirmar estas expectativas.

ABSTRACT

Poultry nutrition directly impacts the quality of products such as meat and eggs, especially their lipid profile, which is relevant to food security. In Colombia, chicken eggs represent a fundamental source of protein in the diet. However, producers face the challenge of improving the nutritional quality of eggs in a context of economic constraints, restricted access to inputs, and the need to adopt more sustainable practices without sacrificing profitability or food security. Improving this profile promotes safe and healthy products for human consumption, driving sustainable poultry farming that goes beyond production performance. The objective was to evaluate productive, economic, and egg lipid profile parameters with the inclusion of sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) oil in balanced diets for laying hens, compared to birds fed conventionally. A completely randomized design will be established with three treatments: T1 (control treatment), T2 (2 % sachá inchi oil), and T3 (4% sachá inchi oil); each with four replicates, and each experimental unit with five birds. Variables to be evaluated: feed intake, feed conversion, laying percentage, egg quality, economic analysis. The inclusion of sachá inchi oil in balanced diets for laying hens is expected to improve the lipid profile of eggs, maintaining or increasing production efficiency without affecting their overall quality. This project responds to the poultry industry's challenge of elevating the nutritional quality of eggs to meet the growing demand for functional foods without compromising productivity or sustainability. Sachá inchi oil, rich in essential polyunsaturated fatty acids, offers an innovative strategy to diversify nutrients and enrich the lipid profile. The projected results could drive more sustainable and competitive poultry farming, balancing production performance and public health. The study is ongoing to confirm these expectations.

PALABRAS CLAVE:

Nutrición; Avicultura; Biofortificación; Sachá inchi; Balance; Huevos; Perfil-lipídico; Productividad; Calidad; Grasas esenciales; Alimentación; Biodisponibilidad.

KEYWORDS:

Nutrition; Poultry; Biofortification; Sachá-inchi; Balance; Eggs; Lipid Profile; Productivity; Quality; Essential Fats; Feeding; Bioavailability.

Evaluación Técnico-Económica de Técnicas de Propagación Vegetativa de Mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) para la Agricultura Familiar*

Techno-Economic Evaluation of Vegetative Propagation Techniques for Andean Blackberry (*Rubus glaucus Benth*) in Smallholder Farming Systems

TORRES-ORJUELA, LAURA-GISELA¹; HERRERA-CANO, JUAN-DANIEL²; SALCEDO-PABON, AUDY-DANIELA³; SERRANO-ROMERO, ERIKA-A.⁴

RESUMEN

*El establecimiento de nuevos cultivos de mora de Castilla (*Rubus glaucus Benth*) representa un desafío significativo para los pequeños productores, debido a barreras técnicas y económicas que pueden generar pérdidas importantes y afectar la rentabilidad del cultivo. La selección de un método de propagación que sea eficiente, asequible y adaptable a diferentes condiciones es un factor crítico para garantizar el éxito productivo y la sostenibilidad a largo plazo. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la viabilidad técnica y económica de dos técnicas de propagación vegetativa: acodo y esquejes en colaboración con la asociación de productores AGROCUB en Bojacá, Cundinamarca. El estudio se desarrolló en condiciones representativas de la producción familiar. La efectividad de cada técnica se evaluó mediante la medición*

* Proyecto de origen: Fortalecer la multifuncionalidad de la Agricultura, Campesina, Familiar, Étnica y Comunitaria (ACFEC), evaluando plantas de mora micropropagadas por la organización Agrocultivos del municipio de Bojacá (AGROCUB). Financiamiento: Fondo nacional de financiamiento para la ciencia, la tecnología y la innovación Francisco José de Caldas, Código Proyecto 109700, Contrato No. 112721-146-2024. Culminación: 12 de diciembre de 2025,

1 y 2 Universidad de Cundinamarca, Grupo de Investigación en biotecnología de plantas. Estudiantes de Ingeniería Agronómica, Municipio, Colombia. <https://orcid.org/0009-0004-3845-4005> y <https://orcid.org/0009-0004-9682-0106>

3 BIOTEC de Colombia Agro S.A.S, Grupo de Investigación en biotecnología de plantas. Ingeniera biotecnológica. Madrid, Colombia. <https://orcid.org>.

4 BIOTEC de Colombia Agro S.A.S, Grupo de Investigación en biotecnología de plantas. PhD Ciencias Moleculares vegetales. Bucaramanga, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-6710-7879>

Correspondencia: serranoromero.erika@gmail.com

de la tasa de supervivencia de las plantas propagadas. Paralelamente, se realizó un análisis detallado de los costos de producción, registrando los insumos, el tiempo y la mano de obra requeridos para cada método. El proceso incluyó talleres participativos orientados a la transferencia y adaptación de las tecnologías, fortaleciendo así la apropiación por parte de los productores. La propagación por esquejes presentó una baja tasa de supervivencia requiriendo modificaciones técnicas para ser viable. En contraste, el acodo demostró ser altamente confiable, garantizando la supervivencia de la nueva planta al mantener la conexión nutricional con la planta madre. Sin embargo, presentó baja eficiencia de multiplicación con una proporción 1:1, lo que incrementa significativamente los costos y limita la escalabilidad del método para establecer cultivos a gran escala. Esta limitación es un obstáculo para nuevos productores sin cultivos previos, quienes deben adquirir plántulas a precios elevados. Se concluye que la optimización de la propagación por esquejes, mediante la adaptación de tecnologías para mejorar su tasa de supervivencia, representa una estrategia prometedora para fortalecer la producción de mora en la agricultura familiar.

ABSTRACT

The establishment of new *Rubus glaucus* Benth (Andean blackberry) plantations represents a significant challenge for smallholder farmers due to technical and economic barriers that can cause substantial losses and negatively impact profitability. Selecting a propagation method that is efficient, affordable, and adaptable to diverse agroecological conditions is a critical factor in ensuring long-term production success and sustainability. This study aimed to evaluate the technical and economic feasibility of two vegetative propagation techniques: layering and stem cuttings in collaboration with the AGROCUB producers' association in Bojacá, Cundinamarca. The experiment was conducted under conditions representative of small-scale family farming. The effectiveness of each technique was assessed through the measurement of plant survival rates. In parallel, a detailed cost analysis was performed, recording inputs, labor requirements, and time for each method. The process also included participatory workshops designed to facilitate the transfer and adaptation of the evaluated technologies, thereby enhancing adoption by local producers. Propagation via stem cuttings exhibited low survival rates, indicating the need for technical adjustments to achieve commercial viability. In contrast, layering proved highly reliable, ensuring plant survival by maintaining a nutritional connection with the mother plant. However, this method showed low multiplication efficiency (1:1 ratio), which substantially increased production costs and limited scalability for large-scale crop establishment. This limitation is especially restrictive for new producers without existing plantations, who must purchase seedlings at high market prices. It is concluded that a trade-off exists between reliability and economic efficiency in traditional *R. glaucus* propagation methods. While layering offers low survival risk, its limited multiplication rate renders it economically unfeasible for new crop establishment. Optimizing cutting propagation through the adaptation of technologies to improve survival rates emerges as a promising strategy to sustainably strengthen blackberry production in family farming systems.

PALABRAS CLAVE:

Rubus glaucus; Propagación vegetativa; Acodo; Esquejes; Costos de producción; Agricultura familiar; Transferencia tecnológica; Viabilidad económica; Tasa de supervivencia; Cundinamarca.

KEYWORDS:

Rubus glaucus; vegetative propagation; Layering; Stem cuttings; Production costs; Smallholder agriculture; Technology transfer; Economic feasibility; Survival rate; Cundinamarca (Colombia)

Transformación Agroterritorial frente a la Variabilidad Climática: Vulnerabilidad Socioeconómica y Estrategias de Adaptación en el Departamento del Cesar (Colombia)

Agro-territorial Transformation under Climate Variability: Socioeconomic Vulnerability and Adaptation Strategies in the Department of Cesar, Colombia

POLO-MURCIA, SONIA-MERCEDES¹; GARCÍA-MOLLÁ, MARTA ²; TERÁN-CHAVES, CÉSAR-AUGUSTO ³

RESUMEN

La variabilidad climática amenaza los sistemas agrícolas en regiones semiáridas, exacerbada por la escasez hídrica y la pobreza rural. En la cuenca del río Cesar (Colombia), la dependencia de industrias extractivas intensifica la vulnerabilidad de los medios de vida agrícolas. A pesar de los avances en evaluación de vulnerabilidad, faltan estrategias adaptativas contextualizadas para regiones tropicales semiáridas. Este estudio evalúa la vulnerabilidad socioeconó-

- 1 Universitat Politècnica de València, Doctorado en Economía Agroalimentaria. Grupo de investigación: Agricultura inteligente para la sostenibilidad de los sistemas de producción en el trópico. MSc. en Economía. Valencia, España. <https://orcid.org/0000-0001-9362-4717>
- 2 Universitat Politècnica de València, Centro Valenciano de Estudios sobre el Riego. PhD en Ingeniería. Valencia, España. <https://orcid.org/0000-0002-3360-5669>
- 3 Universitat Politècnica de València, Grupo de investigación: Agricultura inteligente para la sostenibilidad de los sistemas de producción en el trópico. PhD en Ingeniería del Agua y Medio Ambiente. Valencia, España. <https://orcid.org/0000-0001-7117-2051>

Correspondencia: smpolmur@upv.edu.es

mica de los hogares agrícolas frente a la sequía y propone estrategias de adaptación territorialmente relevantes. Se empleó un enfoque mixto que integró el índice de Vulnerabilidad Socioeconómica (SeVI), escenarios de sequía del Año Meteorológico Típico (TMY) y trayectorias socioeconómicas compartidas (SSP). Entre 2023-2024, se encuestaron 168 hogares agrícolas en cinco ecorregiones de la cuenca del río Cesar, seleccionados por su representatividad ecológica y socioeconómica. Los datos se complementaron con talleres participativos con agricultores y actores locales. Los resultados revelaron alta vulnerabilidad: 79 % de hogares reportaron pérdida de tierras agrícolas, con una disponibilidad de agua de 0,4 L/s/ha (Q90). La sensibilidad se evidenció en 62,2 % de hogares con ingresos bajos y 73,1 % con rendimientos reducidos en años secos. Solo 45,8 % accedió a capacitación climática y 53 % a crédito. Las estrategias adaptativas, derivadas de los talleres, incluyeron empleo rural verde, bancos de semillas y realineación de agua del uso minero al agrícola. Este estudio aporta una metodología replicable para evaluar la vulnerabilidad climática y planificar estrategias adaptativas en cuencas semiáridas, integrando datos socioeconómicos y enfoques participativos. Los hallazgos subrayan la necesidad de priorizar la gestión hídrica y el acceso a capacitación para fortalecer la resiliencia agrícola. Estas estrategias pueden informar políticas de adaptación climática y promover la seguridad alimentaria y el desarrollo rural sostenible en contextos similares.

PALABRAS CLAVE:

Variabilidad climática;
Vulnerabilidad socioeconómica;
Adaptación al cambio climático;
Regiones semiáridas; Sistemas agrícolas sostenibles; Gestión del agua; Medios de vida rurales; Desarrollo territorial rural; Participación comunitaria; Seguridad alimentaria.

ABSTRACT

Climate variability threatens agricultural systems in semi-arid regions, exacerbated by water scarcity and rural poverty. In the Cesar River watershed (Colombia), the reliance on extractive industries increases the vulnerability of agricultural livelihoods. Despite progress in vulnerability assessments, there is a lack of context-specific adaptive strategies for semi-arid tropical regions. This study evaluates the socioeconomic vulnerability of farming households to drought and proposes territorially relevant adaptation strategies. A mixed-methods approach was employed, integrating the Socioeconomic Vulnerability Index (SeVI), Typical Meteorological Year (TMY) drought scenarios, and Shared Socioeconomic Pathways (SSPs). Between 2023 and 2024, 168 farming households were surveyed across five ecoregions of the Cesar River watershed, selected for their ecological and socioeconomic representativeness. Data were complemented with participatory workshops involving farmers and local stakeholders. Results revealed high vulnerability: 79 % of households reported loss of agricultural land, with available water at only 0,4 L/s/ha (Q90). Sensitivity was reflected in 62,2 % of households with low income and 73,1 % with reduced yields in dry years. Only 45,8 % had access to climate training, and 53 % to credit. Adaptive strategies emerging from the workshops included green rural employment, seed banks, and the reallocation of water from mining to agriculture. This study provides a replicable methodology for assessing climate vulnerability and planning adaptation strategies in semi-arid watersheds by integrating socioeconomic data and participatory approaches. The findings highlight the urgent need to prioritize water management and training access to strengthen agricultural resilience. These strategies can inform climate adaptation policies and support food security and sustainable rural development in similar contexts.

KEYWORDS:

Climate variability;
Socioeconomic vulnerability;
Climate change adaptation;
Semi-arid regions; Sustainable farming systems; Water management; Rural livelihoods; Rural territorial development; Community participation; Food security.

Orquídeas de páramo, subpáramo y bosque altoandino del Parque Natural Regional Páramo de Paja Blanca, Nariño – Colombia*

Orchids of the Páramo, Subpáramo, and Upper Andean Forest of the Páramo de Paja Blanca Regional Natural Park, Nariño – Colombia

RUANO-CORDOBA, JOHANA¹; BECOCHE-MOSQUERA, JORGE-MARIO²

RESUMEN

El departamento de Nariño, localizado en el suroccidente de Colombia, alberga una notable heterogeneidad de ecosistemas de alta montaña, entre los que se destacan el páramo, subpáramo y el bosque altoandino, y que albergan una riqueza importante de orquídeas que ha sido escasamente documentada, a pesar de la relevancia florística del grupo en contextos tropicales de montaña. Este estudio presenta la diversidad de orquídeas del Parque Natural Regional Páramo de Paja Blanca. Se realizaron 7 muestreos durante los meses de enero, febrero, marzo, junio, agosto, octubre y diciembre mediante colecta libre, seguidos de análisis taxonómicos en herbario, con el acompañamiento de botánicos especialistas en la familia Orchidaceae como Janice Valencia, Sebastián Moreno y Elizabeth Santiago. Como resultado, se identifica-

* Proyecto de origen: Orquídeas de páramo, subpáramo y bosque altoandino del Parque Natural Regional Páramo de Paja Blanca, Nariño – Colombia. Financiación: Johana Ruano Cordoba y Jorge Mario Becoche Mosquera. Culminación: 14 de abril de 2025

1 Universidad del Cauca, Departamento de Biología, Semillero de investigación en restauración ecológica FXIW. Estudiante del programa de Biología, Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0006-8171-8875>

2 Universidad del Cauca, Departamento de Biología, Grupo de investigación Grupo de estudios en geología, ecología y conservación, PhD. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-8538-5066>

Correspondencia: joharuano95@unicauca.edu.co

ron 41 especies pertenecientes a 13 géneros, siendo *Epidendrum*, *Stelis* y *Lepanthes* los más diversos. Se registraron por primera vez para el departamento de Nariño 13 especies, y se documentó la presencia de *Epidendrum cotacachiense* Hágsater & Dodson por primera vez para Colombia. Adicionalmente, se identificó una especie nueva para la ciencia perteneciente al género *Epidendrum*, grupo *Tukulumena*. Entre las especies endémicas registradas en el área de estudio se destacan *Epidendrum ampelomelanoxeros* y *Masdevallia pachyantha*. Se identificaron 6 especies en alguna categoría de amenaza según los criterios de la UICN: *Lepanthes cyrtostele* y *Epidendrum ampelomelanoxeros*, *Masdevallia pachyantha*, *Epidendrum cuniculatum*, *Masdevallia uncifera* y *Masdevallia laevis*. Estos hallazgos subrayan la relevancia de los ecosistemas altoandinos como refugios de biodiversidad y reservorios de especies endémicas y amenazadas. Asimismo, evidencian la necesidad urgente de fortalecer los esfuerzos de exploración, monitoreo y conservación de la flora andina, particularmente en sistemas aislados y de alta fragilidad ecológica como el complejo de páramos del departamento de Nariño.

ABSTRACT

The department of Nariño, located in the southwestern region of Colombia, harbors a remarkable heterogeneity of high-mountain ecosystems, among which the páramo, subpáramo, and high Andean forest stand out. These ecosystems host a significant richness of orchids that has been scarcely documented, despite the floristic relevance of this group in tropical mountain contexts. This study presents the orchid diversity of the Páramo de Paja Blanca Regional Natural Park. Seven field samplings were conducted during the months of January, February, March, June, August, October, and December through free collection, followed by taxonomic analyses in a herbarium, with the support of botanical specialists in the Orchidaceae family such as Janice Valencia, Sebastián Moreno, and Elizabeth Santiago. As a result, 41 species belonging to 13 genera were identified, with *Epidendrum*, *Stelis*, and *Lepanthes* being the most diverse. Thirteen species were recorded for the first time in the department of Nariño, and the presence of *Epidendrum cotacachiense* Hágsater & Dodson was documented for the first time in Colombia. Additionally, a new species to science was identified, belonging to the genus *Epidendrum*, *Tukulumena* group. Among the endemic species recorded in the study area, *Epidendrum ampelomelanoxeros* and *Masdevallia pachyantha* stand out. Six species were found to be under some threat category according to IUCN criteria: *Lepanthes cyrtostele*, *Epidendrum ampelomelanoxeros*, *Masdevallia pachyantha*, *Epidendrum cuniculatum*, *Masdevallia uncifera*, and *Masdevallia laevis*. These findings highlight the importance of high Andean ecosystems as biodiversity refuges and reservoirs of endemic and threatened species. They also underscore the urgent need to strengthen exploration, monitoring, and conservation efforts for Andean flora, particularly in isolated systems with high ecological fragility, such as the páramo complexes in the department of Nariño.

PALABRAS CLAVE:

Andes; Conservación; Diversidad florística; Ecosistemas; Endemismo; *Epidendrum*; Guachucal; Orchidaceae; Orquídeas de Nariño; *Takulumena*.

KEYWORDS:

Andes; Conservation; Floristic diversity; Ecosystems; Endemism; *Epidendrum*; Guachucal; Orchidaceae; Orchids of Nariño; *Takulumena*.

Caracterización de Bosques de Roble Negro (*Trigonobalanus excelsa*) en el Macizo Colombiano

Characterization of Black Oak Forests (*Trigonobalanus excelsa*) in the Colombian Massif

BAOS-MUÑOZ, ANYI-FERNANDA¹; GUZMÁN-ORTEGA, LAURA-YULIETH²; TORRES-ANDRADE, PAOLA³; RAMÍREZ-CORREA, JORGE-ANDRÉS⁴

RESUMEN

La expansión de la frontera agrícola a lo largo de la cordillera de los Andes ha conllevado a que se encuentren cada vez menos y más pequeños remanentes de bosques de Fagáceas, denominados comúnmente robledales, dominados por las especies *Trigonobalanus excelsa* y *Quercus humboldtii*. Dichas especies están ampliamente amenazadas, especialmente *T. excelsa*, tienen una distribución limitada donde cumplen funciones vitales. Con el fin de caracterizar la flora asociada a robledales del Macizo Colombiano, se establecieron 14 parcelas de muestreo tipo RAP de 100 m² donde se seleccionaron los individuos con diámetro mayor a 5 cm. Se identificaron en estos bosques 52 especies correspondientes a 30 familias. Las cinco especies con mayor importancia ecológica, según el índice de valor de importancia (IVI) fueron: *T. excelsa*, *Alfaroa colombiana*, *Q. humboldtii*, *Wettinia* sp., y *Aniba* spp., con valores porcentuales de 66, 46, 28, 23 y 17, respectivamente. Los índices de diversidad de Shannon y Simpson fueron 2,92 y 0,99, respectivamente, señalando que

- 1 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Semillero de Investigación en Silvicultura Aplicada. Estudiante de Ingeniería Forestal. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0005-7422-292X>
- 2 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Semillero de Investigación Silvicultura Aplicada. Estudiante de Ingeniería Forestal. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0007-4397-2861>
- 3 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Semillero de Investigación en Silvicultura Aplicada. PhD. en Ciencias e Ingeniería de la Madera. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-6699-8676>
- 4 Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Semillero de Investigación en Silvicultura Aplicada. PhD en Biología. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-3101-052X>

Correspondencia: anyibaos@unicauca.edu.co

son bosques moderadamente diversos en comparación con otros bosques andinos. La estructura diamétrica de estos bosques es propia de poblaciones disetáneas, mientras que las especies con mayor relevancia ecológica presentan una estructura principalmente en forma de campana señalando su limitada capacidad de regeneración. Esto representa una amenaza en la permanencia de estas especies en el futuro y se pueden ver afectados distintos procesos ecológicos clave como la regulación hídrica y la disponibilidad de hábitats. Se espera que estos resultados contribuyan a una mayor comprensión de la ecología de los bosques andinos y permita desarrollar estrategias adecuadas para su conservación y manejo en el futuro.

ABSTRACT

The expansion of the agricultural frontier along the Andes mountain range has led to increasingly scarce and smaller remnants of Fagaceae forests, commonly known as oak forests, dominated by the species *Trigonobalanus excelsa* and *Quercus humboldtii*. These species are under significant threat, particularly *T. excelsa*, and have a limited distribution where they perform vital ecological functions. To characterize the flora associated with oak forests in the Colombian Massif, fourteen 100 m² RAP-type sampling plots were established, where individuals with a diameter greater than 5 cm were selected. A total of 52 species belonging to 30 families were identified. The five species with the highest ecological importance, according to the Importance Value Index (IVI), were *T. excelsa*, *Alfaroa colombiana*, *Q. humboldtii*, *Wettinia* sp., and *Aniba* spp., with relative importance values of 66 %, 46 %, 28 %, 23 %, and 17 %, respectively. The Shannon and Simpson diversity indices were 2.92 and 0.9,9, respectively, indicating a moderately diverse forest compared to other Andean forests. The diameter structure of these forests is characteristic of discrete populations, while the most ecologically significant species have a predominantly bell-shaped structure, indicating their limited regenerative capacity. This represents a threat to the future survival of these species and could affect key ecological processes such as water regulation and habitat availability. These results are expected to contribute to a better understanding of the ecology of Andean forests and enable the development of appropriate strategies for their future conservation and management.

PALABRAS CLAVE:

Bosques andinos; conservación; diversidad; especies amenazadas; macizo colombiano; manejo forestal; parcelas; *Quercus humboldtii*; robledales; *Trigonobalanus excelsa*.

KEYWORDS:

Andean forests; conservation; diversity; threatened species; Colombian Massif; forest management; plots; *Quercus humboldtii*; oak forests; *Trigonobalanus excelsa*.

Predicción Inteligente del Secado Agroalimentario con Inteligencia Artificial para una Agroindustria Eficiente y Sostenible

Intelligent Prediction of Agro-Food Drying Using Artificial Intelligence for a More Efficient and Sustainable Agroindustry

RECIO-COLMENARES, ROXANA-BERENICE¹; RECIO-COLMENARES, CAROLINA-LIVIER²; GARCÍA-GARCÍA, CÉSAR-ALEJANDRO³; HERNÁNDEZ -VILLASEÑOR, ISRAEL-GUADALUPE⁴

RESUMEN

El secado es un proceso fundamental en la agroindustria para preservar alimentos, reducir pérdidas poscosecha y garantizar la calidad del producto. Sin embargo, su eficiencia depende de múltiples variables y aún enfrenta desafíos en la predicción precisa de la cinética de secado bajo diferentes condiciones. Este trabajo tuvo como objetivo desarrollar un modelo híbrido de predicción inteligente que integre redes neuronales convolucionales (CNN) y de memoria a largo

- 1 Universidad de Guadalajara, División de Ingenierías e Innovación tecnológica. Doctorado. Guadalajara, México. <https://orcid.org/0000-0002-3649-0334>
- 2 Universidad de Guadalajara, División de Ingenierías e Innovación tecnológica. Doctorado. Guadalajara, México. <https://orcid.org/0000-0001-7103-2710>
- 3 Universidad de Guadalajara, División de Ingenierías e Innovación tecnológica. Doctorado. Guadalajara, México. <https://orcid.org/0000-0002-8781-575X>
- 4 Universidad de Guadalajara, División de Ingenierías e Innovación tecnológica. Estudiante de Doctorado. Guadalajara, México. <https://orcid.org/0009-0007-2847-571x>

Correspondencia: roxana.recio@academicos.udg.mx

plazo (LSTM) con modelos matemáticos clásicos, para anticipar el comportamiento del contenido de humedad en productos agroalimentarios durante el proceso de secado. Se emplearon datos experimentales obtenidos en condiciones controladas de temperatura y velocidad de aire, utilizando un secador tipo gabinete y una cámara de secado forzado. Se generó una base de datos a partir de los modelos de Verma, Page Modificado y Two-Term Exponential, los cuales mostraron un alto ajuste a los datos experimentales. El modelo CNN-LSTM fue entrenado con el 80 % de los datos y validado con el 20 % restante. Los resultados demostraron un alto nivel de precisión ($R^2 > 0,998$) y bajos errores de predicción, superando a modelos como FFNN, CNN o LSTM por separado. La discusión destaca que la arquitectura híbrida permite capturar tanto patrones espaciales como temporales del proceso, reduciendo el requerimiento de datos extensivos y mejorando la capacidad de generalización. Se concluye que esta herramienta de predicción inteligente permite optimizar el secado agroalimentario, reducir el consumo energético y avanzar hacia una agroindustria más eficiente, autónoma y sostenible.

ABSTRACT

Drying is a fundamental process in the agroindustry to preserve food, reduce postharvest losses, and ensure product quality. However, its efficiency depends on multiple variables and still faces challenges in accurately predicting drying kinetics under varying conditions. This study aimed to develop a hybrid intelligent prediction model integrating convolutional neural networks (CNN) and long short-term memory (LSTM) with classical mathematical models to anticipate moisture content behavior in agro-food products during drying. Experimental data were obtained under controlled conditions of temperature and air velocity using a cabinet-type dryer and a forced-convection drying chamber. A dataset was generated from Verma, Modified Page, and Two-Term Exponential models, which showed strong agreement with the experimental data. The CNN-LSTM model was trained on 80 % of the data and validated on the remaining 20 %. The results showed a high level of accuracy ($R^2 > 0,998$) and low prediction errors, outperforming standalone FFNN, CNN, and LSTM models. The discussion highlights that the hybrid architecture effectively captures both spatial and temporal patterns of the process, reducing the need for large datasets and improving generalization. It is concluded that this intelligent prediction tool enables the optimization of agro-food drying, reduces energy consumption, and contributes to a more efficient, autonomous, and sustainable agroindustry.

PALABRAS CLAVE:

Secado; Agroindustria;
Predicción; Inteligencia Artificial; Redes Neuronales; Cinética; Modelos Matemáticos; Alimentos; Procesamiento; Sustentabilidad

KEYWORDS:

Drying; Agroindustry;
Prediction; Artificial Intelligence; Neural Networks; Kinetics; Mathematical Models; Food Processing; Sustainability; Deep Learning

Implementación de un Sistema de Trazabilidad y Monitoreo De Colmenas. Estudio Aplicado en Apícola Imbabura – Ecuador

Implementation of a Hive Traceability and Monitoring System: A Case Study at Apícola Imbabura – Ecuador

PEREIRA-PIARPUZAN, TANIA-CAROLINA¹

RESUMEN

La apicultura en Ecuador enfrenta retos significativos en términos de sostenibilidad, productividad y acceso a mercados formales, debido a la falta de planificación estructurada y sistemas eficientes de trazabilidad. Apícola Imbabura, ubicada en San Antonio de Ibarra, representa un caso particular donde se evidencian estas limitaciones: falta de cronogramas definidos, ausencia de registros sistemáticos, riesgos sanitarios recurrentes y escasa capacidad para cumplir con los estándares de Buenas Prácticas Apícolas (BPA); esta problemática impacta directamente en la calidad de la miel y restringe el acceso a mercados competitivos. Ante esta situación, el proyecto tuvo como objetivo implementar un sistema de trazabilidad y monitoreo de colmenas, basado inicialmente en la caracterización del sistema productivo de la empresa, incluyendo análisis de riesgos bajo principios de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP), recopilación de datos cualitativos y cuantitativos, diagnóstico organizacional y revisión sistemática de literatura científica y normativa apícola. Posteriormente, se diseñaron herramientas prácticas, tanto físicas como digitales mediante plantillas en Microsoft Excel, adaptadas a las condiciones operativas del sistema de producción. El sistema implementado incluyó siete registros estandarizados como son: revisión de colmenas, trashumancia, cosecha, extracción de miel,

1 Grupo de Investigación en Producción Pecuaria-PROPEC. Zootecnista. Pasto, Colombia. <https://orcid.org/0009-0009-3224-2104>

Correspondencia: taniacarolinapereira980704@gmail.com

insumos veterinarios, cría de reinas y calendario floral, formatos que permiten documentar de forma ordenada las actividades apícolas, facilitar el control sanitario, optimizar la producción y fortalecer la trazabilidad del producto. Como resultado, se logró establecer un modelo replicable de trazabilidad apícola, mejorando progresivamente la gestión operativa y productiva, la calidad del producto y las condiciones para obtener certificaciones necesarias para el acceso a nuevos mercados.

PALABRAS CLAVE:

Colmena; Monitoreo;
Trazabilidad; Apicultura;
Registros; Cosecha; Cría de reinas; Calendario floral;
Trashumancia; Calidad;
Producción.

ABSTRACT

Beekeeping in Ecuador faces significant challenges in terms of sustainability, productivity, and access to formal markets, primarily due to the lack of structured planning and efficient traceability systems. Apícola Imbabura, located in San Antonio de Ibarra, represents a specific case where these limitations are evident: undefined schedules, absence of systematic records, recurring sanitary risks, and limited capacity to comply with Good Beekeeping Practices (BPA) standards. These issues directly affect honey quality and restrict access to competitive markets. In response to this situation, the project's objective was to implement a hive traceability and monitoring system, initially based on the characterization of the company's production system. This included risk analysis under the principles of Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP), the collection of qualitative and quantitative data, an organizational diagnosis, and a systematic review of scientific literature and apicultural regulations. Subsequently, practical tools were designed, both physical and digital, through customized Microsoft Excel templates tailored to the operational conditions of the production system. The implemented system included seven standardized records: hive inspections, transhumance, harvesting, honey extraction, veterinary inputs, queen rearing, and floral calendar. These templates enable organized documentation of beekeeping activities, facilitate sanitary control, optimize production, and strengthen product traceability. As a result, a replicable model for apicultural traceability was established, progressively improving operational and productive management, product quality, and the conditions necessary to obtain certifications required for accessing new markets.

KEYWORDS:

Hive; Monitoring; Traceability;
Beekeeping; Records; Harvest;
Queen Rearing; Floral Calendar;
Transhumanc; Quality;
Production.

Desarrollo y validación de nanofertilizantes de Fosfato de Magnesio nitrogenado en *Urochloa brizantha* cv. Toledo bajo condiciones de invernadero*

Development and validation of nitrogen-containing magnesium phosphate nanofertilizers for *Urochloa brizantha* cv. Toledo under greenhouse conditions

SOLARTE-RUIZ, CAROLINA¹; CORTÉS-MEDINA, JUAN-DAVID²; AGUILAR-PAZ, CAROL-JULIETH³; CARVAJAL-TAPIA, JULIANA-ISABEL⁴; VIVAS-QUILA, NELSON-JOSÉ⁵

RESUMEN

La producción de forrajes en la ganadería tropical enfrenta limitaciones debido a la baja o inadecuada fertilización, ya que estos cultivos no suelen recibir la atención agronómica necesaria. Cuando se aplican fertilizantes químicos convencionales,

* Proyecto de origen: Estudio de sostenibilidad de un sistema lechero del peniplano de Popayán-Cauca. Financiación: Universidad del Cauca. Culminación: 20 de junio de 2025.

- 1 Universidad del Cauca, Departamento de Ciencias Agropecuarias, Grupo de investigación Nutrifaca. Estudiante ingeniería agropecuaria. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0005-8530-9377>
- 2 Universidad del Cauca, Departamento de Ciencias Agropecuarias, Grupo de investigación Nutrifaca. Estudiante ingeniería agropecuaria. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0002-3906-8048>
- 3 Universidad del Cauca, Departamento de Ciencias Agropecuarias, Grupo de investigación Nutrifaca. Doctor en Ciencias-Física. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-5886-3640>
- 4 Universidad del Cauca, Departamento de Ciencias Agropecuarias, Grupo de investigación Nutrifaca. Doctora en Ciencias Agrarias. Popayán, Colombia <https://orcid.org/0000-0001-8426-7287>
- 5 Universidad del Cauca, Departamento de Ciencias Agropecuarias, Grupo de investigación Nutrifaca. Doctor en Ciencias Agrarias. Popayán, Colombia <https://orcid.org/0000-0001-5448-1709>

Correspondencia: ycsolarte@unicauca.edu.co

el aprovechamiento por parte de las plantas es limitado y las malas prácticas de manejo pueden generar contaminación ambiental por residuos. Ante este contexto, la incorporación de nanotecnologías para el desarrollo de nanofertilizantes surge como una alternativa innovadora para mejorar la eficiencia en la disponibilidad y asimilación de nutrientes. El objetivo de este proyecto es desarrollar y evaluar un sistema de fertilización basado en nanopartículas de fosfato de magnesio nitrogenado y compararlo con fertilizantes químicos convencionales en el establecimiento y crecimiento de *Urochloa brizantha* cv. Toledo, uno de los principales forrajes utilizados en la ganadería tropical. Para ello, se establecerán bajo condiciones controladas de invernadero cuatro tratamientos: T1: sin fertilización, T2: Fertilización química convencional, T3 Fertilización con nanopartículas y T4 combinación fertilización química y nanopartículas bajo un diseño completamente al azar con 8 repeticiones. Se medirán variables como altura, densidad de macollas, cobertura y vigor de las plantas. Se espera que el uso de nanofertilizantes permita un mejor aprovechamiento de los nutrientes por parte de las plantas, incrementando la productividad forrajera de forma eficiente. De confirmarse estas hipótesis, esta tecnología podría representar una estrategia eficiente y ambientalmente sostenible para la producción de forrajes en condiciones tropicales. El estudio se encuentra actualmente en desarrollo y los resultados finales serán fundamentales para validar el potencial de los nanofertilizantes como parte de sistemas ganaderos más sostenibles y productivos

ABSTRACT

Forage production for tropical livestock farming faces limitations due to low or inadequate fertilization, as these crops typically do not receive the necessary agronomic attention. When conventional chemical fertilizers are applied, plant utilization is limited, and poor management practices can generate environmental pollution from residues. In this context, the incorporation of nanotechnologies for the development of nanofertilizers emerges as an innovative alternative to improve the efficiency of nutrient availability and assimilation. The objective of this project is to develop and evaluate a fertilization system based on magnesium nitrogen phosphate nanoparticles and compare it with conventional chemical fertilizers for the establishment and growth of *Urochloa brizantha* cv. Toledo, one of the main forages used in tropical livestock farming. To this end, four treatments will be established under controlled greenhouse conditions: T1: no fertilization; T2: conventional chemical fertilization; T3: nanoparticle fertilization; and T4: a combination of chemical and nanoparticle fertilization under a completely randomized design with eight replicates. Variables such as height, tiller density, cover, and plant vigor will be measured. The use of nanofertilizers is expected to allow plants to better utilize nutrients, efficiently increasing forage productivity. If these hypotheses are confirmed, this technology could represent an efficient and environmentally sustainable strategy for forage production under tropical conditions. The study is currently underway and the final results will be critical to validating the potential of nanofertilizers as part of more sustainable and productive livestock systems.

PALABRAS CLAVE:

Nanofertilizantes; fosfato de magnesio nitrogenado; Fertilización sostenible; Sistemas de producción pecuaria; Productividad del forraje; Fertilidad del Suelo; *Urochloa brizantha* cv. Toledo; Nanotecnología; Reducción del impacto ambiental.

KEYWORDS:

Nanofertilizers; magnesium nitrogen phosphate; Sustainable fertilization; Livestock production systems; Forage productivity; Soil fertility; *Urochloa brizantha* cv. Toledo; Nanotechnology; Environmental impact reduction.

Tratamiento de Aguas Mieles mediante Nanopartículas de Óxido de Calcio Sintetizadas por el Método de Precipitación Controlada*

Treatment of Coffee Honey Waters Using Calcium Oxide Nanoparticles Synthesized by the Controlled Precipitation Method

GUERRERO, LESLIE¹; PAZ, YULIANA²; AGUILAR, CAROL³; MORALES, SANDRA⁴; RISUEÑO, MÓNICA⁵

RESUMEN

En esta investigación se propone un sistema sostenible para el tratamiento de aguas residuales agroindustriales, específicamente las aguas mieles generadas durante el procesamiento húmedo del café. Este efluente se caracteriza por su

* Proyecto de origen: Evaluación de dos procesos de degradación de aguas mieles para su reuso en sistemas agropecuarios. Financiación: Convocatoria VRI N° 011 DE 2024-UNICAUCA. Culminación: 28 de febrero 2026.

1 Universidad del Cauca, Departamento de Ciencias Agropecuarias, Grupo de investigación Nutrifaca. Estudiante ingeniería agropecuaria. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0005-8530-9377>

2 Universidad del Cauca, Departamento de Ciencias Agropecuarias, Grupo de investigación Nutrifaca. Estudiante ingeniería agropecuaria. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0005-8530-9377>

3 Universidad del Tolima, Departamento de Física. Facultad de Ciencias. Doctor en Ciencias- Física. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-5886-3640>

4 Universidad del Cauca, Departamento de Ciencias Agropecuarias, Grupo de investigación Nutrifaca. Doctor en Ciencias Agrarias. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-2655-9366>

5 Universidad del Cauca, Departamento de Ciencias Agropecuarias, Grupo de investigación Nutrifaca. Doctor en Ciencias Agrarias. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-3744-1355>

Correspondencia: leguerrero@unicauca.edu.co

alta carga orgánica, acidez y contenido de sólidos suspendidos, representando una seria amenaza ambiental y sanitaria en zonas rurales cafeteras debido a su frecuente vertimiento sin tratamiento previo. El sistema de tratamiento propuesto se basa en nanopartículas de óxido de calcio (CaO), material que ha cobrado relevancia por su doble funcionalidad: mejorar las propiedades físico-químicas del suelo y actuar como agente fotocatalítico eficiente en la degradación de contaminantes emergentes. En particular, el CaO ha mostrado alta eficacia en la fotodegradación de compuestos orgánicos recalcitrantes como los colorantes industriales azul de metileno y rojo Congo, presentes comúnmente en efluentes de difícil manejo. Las nanopartículas fueron sintetizadas mediante el método de precipitación controlada, utilizando cáscaras de huevo como fuente alternativa y sostenible de calcio. Posteriormente, se realizó su caracterización estructural y morfológica mediante técnicas de difracción de rayos X (XRD), microscopía electrónica de barrido (SEM) y espectroscopía UV-Vis de reflectancia difusa, lo que permitió determinar su brecha de banda y su potencial fotocatalítico. La capacidad de degradación del material se evaluó utilizando muestras reales de aguas mieles, monitoreando la disminución de las bandas de absorción características mediante espectroscopía UV-Vis. Los resultados evidenciaron que, para una concentración de 1,5 g/L, la degradación de las aguas mieles alcanzó un 81 %, lo que demuestra la eficacia del proceso y su potencial para aplicaciones en el tratamiento sostenible de efluentes residuales en regiones cafeteras.

ABSTRACT

This research proposes a sustainable treatment system for agro-industrial wastewater, specifically the honey waters generated during the wet processing of coffee. This effluent is characterized by a high organic load, acidity, and suspended solids content, posing a serious environmental and public health threat in rural coffee-growing regions due to its frequent discharge without prior treatment. The proposed treatment system is based on calcium oxide (CaO) nanoparticles, a material that has gained attention for its dual functionality: enhancing the physicochemical properties of soils and acting as an efficient photocatalyst for the degradation of emerging contaminants. In particular, CaO has demonstrated high efficacy in the photodegradation of recalcitrant organic compounds such as methylene blue and Congo red dyes, commonly found in hard-to-treat effluents. The nanoparticles were synthesized using the controlled precipitation method, with eggshells serving as a sustainable calcium source. Structural and morphological characterization was conducted through X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), and UV-Vis diffuse reflectance spectroscopy, allowing for the determination of their band gap and photocatalytic potential. The degradation capacity of the material was evaluated using real samples of coffee wastewater, monitoring the decrease of the characteristic absorption bands through UV-Vis spectroscopy. The results showed that, at a concentration of 1,5 g/L, coffee wastewater degradation reached 81 %, demonstrating the effectiveness of the process and its potential for sustainable applications in the treatment of residual effluents in coffee-growing regions.

PALABRAS CLAVE:

Aguas mieles; Nanopartículas; Biorremediación; Óxido de calcio; Fotocatálisis; Espectroscopía UV-Vis; Reúso de aguas; Sistemas agropecuarios; Contaminación hídrica; Tratamiento de aguas residuales

KEYWORDS:

Coffee processing wastewater; Nanoparticles; Bioremediation; calcium oxide; Photocatalysis; UV-Vis spectroscopy; Water reuse; Agricultural and livestock systems; Water pollution, Wastewater treatment.

Producción de Biomasa, Rendimiento y Aceites Esenciales de *Cúrcuma longa* L. en Función de Niveles Crecientes de Estiércol de Gallina*

Biomass Production, Yield, and Essential Oils of *Curcuma longa* L. as Affected by Increasing Levels of Chicken Manure

MÉNDEZ-GARCÍA, EDUARDO-FELIPE¹; AMAYA-ROBLES, JULIO-ESTUARDO²; VILANUEVA-SÁNCHEZ, JORGE-ARTURO³.

RESUMEN

Curcuma longa L., conocida por su alto valor medicinal y culinario, destaca por sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, principalmente atribuibles a sus aceites esenciales. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes dosis de gallinaza sobre el crecimiento vegetativo y la concentración de aceites esenciales en *C. longa*, tomando en cuenta la biomasa aérea, el peso de los rizomas y el contenido de aceites esenciales. El estudio se realizó en el Campo Experimental de la Universidad Nacional de Trujillo, bajo un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos: 0, 15, 30, 45 y 60 t·ha⁻¹ de gallinaza. Los resultados evidenciaron que el aumento progresivo de gallinaza mejoró significativamente la altura de las plantas y el peso de los rizomas, alcanzándose una respuesta óptima con 30 t·ha⁻¹. Dosis superiores no generaron mejoras adicionales significativas, lo que sugiere un punto de eficiencia tanto

* Proyecto de origen: Producción de biomasa, rendimiento y aceites esenciales de *Cúrcuma longa* L. en función de niveles crecientes de estiércol de gallina. Financiación: Universidad Nacional de Trujillo. Culminación: 31 de diciembre de 2024.

1 Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Agrarias. PhD. Trujillo. Perú. <https://orcid.org/0000-0002-9947-2301>

2 Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Agrarias. PhD. Trujillo. Perú. <https://orcid.org/0000-0002-4356-766X>

3 Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Agrarias. MSc. Trujillo. Perú. <https://orcid.org/0000-0003-1141-3575>

Correspondencia: jamaya@unitru.edu.pe

agronómica como económica. Asimismo, se identificó una relación polinómica entre las dosis aplicadas y el rendimiento, así como una correlación positiva entre la altura de las plantas y el peso de los rizomas. En relación con los aceites esenciales, las dosis intermedias favorecieron su acumulación, lo que resalta el potencial de la fertilización orgánica para optimizar simultáneamente el rendimiento y la calidad del cultivo.

ABSTRACT

Curcuma longa L., known for its high medicinal and culinary value, is notable for its antioxidant and anti-inflammatory properties, mainly attributed to its essential oils. The objective of this study was to evaluate the effect of different chicken manure doses on vegetative growth and essential oil content in *C. longa*, considering aerial biomass, rhizome weight, and essential oil concentration. The experiment was conducted at the Experimental Field of the National University of Trujillo, using a randomized complete block design with five treatments: 0, 15, 30, 45, and 60 t·ha⁻¹ of chicken manure. Results showed that increasing manure doses significantly improved plant height and rhizome weight, with the optimal response observed at 30 t·ha⁻¹. Higher doses did not result in significant additional gains, suggesting an agronomic and economic efficiency threshold. A polynomial relationship was found between manure doses and yield, along with a positive correlation between plant height and rhizome weight. Regarding essential oils, intermediate doses favored their accumulation, highlighting the potential of organic fertilization to enhance both crop yield and quality.

PALABRAS CLAVE:

Cúrcuma longa L.; Fertilización orgánica; Gallinaza; Aceites esenciales; Crecimiento vegetal; Rizomas; Biomasa aérea; Rendimiento agrícola; Metabolitos secundarios; Plantas medicinales.

KEYWORDS:

Curcuma longa L.; Organic fertilization; Chicken manure; Essential oils; Plant growth; Rhizomes; Aerial biomass; Agricultural yield; Secondary metabolites; medicinal plants.

Efecto del Boro en el Rendimiento e Incidencia en Tallo Hueco en *Brassica oleracea* L. Var. Capitata*

Effect of Boron on Yield and Hollow Stem Incidence in *Brassica oleracea* L. Var. Capitata

AMAYA-ROBLES, JULIO-ESTUARDO¹; MÉNDEZ-GARCÍA, EDUARDO-FELIPE²

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo cuantificar el rendimiento de *Brassica oleracea* L. var. Capitata y determinar el efecto de diferentes dosis de boro en la reducción de la incidencia de tallo hueco. El ensayo experimental se llevó a cabo bajo condiciones de campo, empleando un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos. Los tratamientos consistieron en la aplicación foliar de boro en dosis de 0, 15, 25 y 35 mL/20L. Las variables evaluadas incluyeron el diámetro de la cabeza, la longitud de la cabeza, el peso unitario y el rendimiento total expresado en toneladas por hectárea (t.ha⁻¹). Los análisis estadísticos revelaron diferencias significativas entre los tratamientos para todas las variables evaluadas, con excepción de la altura de planta, que no mostró significancia estadística. La incidencia de tallo hueco se cuantificó mediante un método directo y una escala de severidad no convencional en grados del 1 al 5, con sus respectivos porcentajes de severidad. Los resultados indicaron que la menor incidencia de tallo hueco se obtuvo con el tratamiento T4 (35 mL/20L de boro). En términos de severidad, el tratamiento control (0 mL/20L) presentó un 44,48 % de severidad, mientras que el tratamiento T4 (35 mL/20L de boro) registró un 2,08 %, según la escala empleada. El Análisis de Varianza (ANOVA) se realizó con un nivel de confianza del 99,5 %, y las diferencias

* Proyecto de origen: Efecto del boro en el rendimiento e incidencia de tallo hueco en *Brassica oleracea* L. var. Capitata. Financiación: Culminación: Universidad Nacional de Trujillo. 11 de diciembre de 2023.

1 Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Agrarias. PhD. Trujillo. Perú. <https://orcid.org/0000-0002-4356-766X>

2 Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Agrarias. PhD. Trujillo. Perú. <https://orcid.org/0000-0002-9947-2301>

Correspondencia: jamaya@unitru.edu.pe

entre medias se determinaron mediante la prueba de significancia de Tukey. Se concluye que dosis crecientes de boro mejoraron significativamente los parámetros de rendimiento y redujeron sustancialmente la incidencia y severidad del tallo hueco en comparación con los demás tratamientos.

ABSTRACT

The current study aimed to quantify the yield of Brassica oleracea L. var. Capitata and to determine the effect of different boron doses on reducing the incidence of hollow stem. The experimental trial was carried under field conditions, utilizing a Randomized Complete Block Design (RCBD) with four replicates and four treatments. Treatments involved foliar application of boron at doses of 0, 15, 25, and 35 mL/20L. Evaluated variables included head diameter, head length, unit weight, and total yield expressed in tons per t.ha-1. Statistical analyses revealed significant differences among treatments for all evaluated variables, with the exception of plant height, which showed no statistical significance. The incidence of hollow stem was quantified using a direct method and an unconventional severity scale ranging from 1 to 5, with corresponding percentages of severity. Results indicated that the lowest incidence of hollow stem was obtained with treatment T4 (35 mL/20L boron). In terms of severity, the control treatment (0 mL/20L) presented 44,48 % severity, while treatment T4 (35 mL/20L boron) recorded 2,08 %, according to the scale used. The Analysis of Variance (ANOVA) was performed with a 99,5 % confidence level, and mean differences were determined using Tukey's significance test. It is concluded that increasing boron doses significantly improved yield parameters and substantially reduced the incidence and severity of hollow stem compared to other treatments.

PALABRAS CLAVE:

Deficiencia de Boro; Tallo Hueco; Brassica oleracea var. Capitata; Mejora del Rendimiento; Manejo de Nutrientes; Cultivo de Repollo; Fisiología Vegetal; Micronutrientes; Productividad Agrícola; Boro.

KEYWORDS:

Boron Deficiency; Hollow Stem; Brassica oleracea var. Capitata; Crop Yield; Nutrient Management; Cabbage field; Physiological Disorders; Micronutrients; Agricultural Productivity; Boron

Diseño de un Secador de la Madera Mediante el uso de Residuos en un Aserradero de Popayán

Design of a Wood Dryer Using Waste in a Sawmill in Popayán

BEDOYA-MOSQUERA, LUIS-EDUARDO¹

RESUMEN

El secado de la madera es uno de los procesos presentes en la transformación de productos en los aserraderos. En Popayán, Cauca, particularmente, en la elaboración de tablas para cama, conocidas localmente como “tendidos”, el método predominante es el secado al aire libre, el cual implica largos tiempos de espera, uso ineficiente del espacio y riesgo de deterioro de la madera. Por esta situación se propone el diseño e implementación de un sistema de secado artificial mediante un horno alimentado con biocombustible generado a partir de los residuos lignocelulósicos del propio aserradero. Esta solución se espera responda a la necesidad de aprovechar dichos residuos, que actualmente representan un desafío ambiental y operativo en estos establecimientos. La propuesta se fundamenta en principios de sostenibilidad, al integrar tecnologías limpias para optimizar el proceso productivo. La metodología incluye un diagnóstico del proceso actual, el diseño técnico del sistema, su construcción, posterior evaluación y ajuste. Aunque los resultados aún no se encuentran disponibles, se espera que el sistema permita reducir significativamente el tiempo de secado, mejorar el uso del espacio, disminuir los costos operativos y valorizar los residuos generados. Esta iniciativa busca fortalecer la eficiencia y competitividad del sector maderero local a través de la adopción de soluciones innovadoras y sostenibles.

PALABRAS CLAVE:

Biocombustible; Biomasa; Horno de secado; Madera; *Pinus sp*; Residuos lignocelulósicos; Secado artificial; Sostenibilidad; Tecnología limpia; Transformación primaria.

1 Universidad del Cauca, Facultad de ciencias agrarias, semillero de investigación en silvicultura aplicada. Estudiante de Ingeniería Forestal. Popayán, Colombia. <https://orcid.org/0009-0003-1760-1144>

ABSTRACT

Wood drying is one of the key processes in the transformation of products in sawmills. In Popayán, Cauca, particularly in the production of bed slats, locally known as “tendidos,” the predominant method is open-air drying, which involves long waiting times, inefficient space utilization, and a risk of wood deterioration. To address this situation, the project proposes the design and implementation of an artificial drying system using a kiln powered by biofuel generated from the sawmill's own lignocellulosic residues. This solution is expected to meet the need to utilize these residues, which currently pose both environmental and operational challenges for such facilities. The proposal is based on sustainability principles by integrating clean technologies to optimize the production process. The methodology includes a diagnosis of the current process, technical system design, construction, subsequent evaluation, and adjustments. Although results are not yet available, the system is expected to significantly reduce drying time, improve space utilization, lower operational costs, and add value to the generated residues. This initiative aims to strengthen the efficiency and competitiveness of the local wood sector through the adoption of innovative and sustainable solutions.

KEYWORDS:

Biofuel; Biomass; Drying kiln; Wood; *Pinus sp*; Lignocellulosic residues; Artificial drying; Sustainability; Clean technology; Primary processing.

Optimización de la Producción Hortícola Mediante la Implementación de Túneles Inteligentes con Riego Automatizado*

Optimizing Horticultural Production Through the Implementation of Smart Tunnels with Automated Irrigation

CÓRDOBA-ERAZO, JHEIMY-PAOLA¹; RUALES-LUNA, MILLER-MANUEL²; SOLARTE-SOLARTE, FRANCISCO³;
VELASQUEZ-VILLOTA, SEBASTIAN⁴; VELASQUEZ-VASCONES, PEDRO-ALEXANDER⁵

RESUMEN

La horticultura protegida mediante túneles agrícolas inteligentes modulares emerge como una estrategia eficaz para la sostenibilidad y productividad agrícola. El objetivo de este trabajo es comparar sistemas de producción de lechuga y remolacha, tanto en métodos convencionales como en sistemas protegidos bajo cubierta plástica. En el sistema con-

* Proyecto de origen: Macrotúnel inteligente y económico para impulsar la sostenibilidad agrícola. Financiación: Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD mediante código de registro VIEM0182025. Culminación: 30 de septiembre de 2026.

1 Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de ciencias agrarias pecuarias y del medio ambiente, Davinci. Estudiante de agronomía. Pasto, Colombia. <https://orcid.org/0009-0009-0113-8347>

2 Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería, Davinci. Magister en Gestión de TI. Pasto, Colombia. <https://orcid.org/0009-0001-2496-7959>

3 Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería, Davinci. Magister en Docencia. Pasto, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-9113-8122>

4 Fundación Biodiversity Explorer, Área contable, Pandora. Contador. Pasto, Colombia. <https://orcid.org/0009-0007-8707-2275>

5 Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería, Davinci. Doctor en Genética y Mejoramiento de Plantas. Pasto, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-7564-4519>

Correspondencia: jpcordobae@unadvirtual.edu.co

vencional, la lechuga y la remolacha se cultivan a campo abierto, con riego tradicional, fertilización química y control de plagas mediante pesticidas. En contraste, los túneles agrícolas inteligentes permiten un mayor control del ambiente, reduciendo el uso de pesticidas y optimizando el uso de recursos como el agua. Los materiales y métodos involucran la construcción de túneles con estructuras metálicas (macrotúneles y microtúneles) equipados con sensores de humedad y sistemas de control autónomo del riego, y su comparación con parcelas tradicionales. Los resultados preliminares muestran una mejora en la rentabilidad de cultivos como lechuga y remolacha, comparados con parcelas tradicionale. En lechuga, el periodo de cosecha se redujo en hasta 12 días, y la rentabilidad bajo macrotúneles aumentó un 507%. Además, la protección bajo cubierta permitió explorar la fertilización carbónica (1000 ppm) como potencializador del cultivo. En este caso, la lechuga mostró un rendimiento significativamente superior, mientras que la remolacha presentó un impulso inicial en la primera cosecha, el cual se redujo en la segunda y tercera, posiblemente debido a un proceso de aclimatación. En conclusión, los túneles agrícolas de bajo costo representan una opción viable para optimizar la producción hortícola. Los túneles agrícolas inteligentes, con monitoreo remoto y la gestión eficiente del agua, se consolidan como herramientas estratégicas para impulsar el sector agrícola y la seguridad alimentaria.

ABSTRACT

Protected horticulture using modular smart agricultural tunnels emerges as an effective strategy for agricultural sustainability and productivity. The objective of this work is to compare lettuce and beet production systems, both in conventional methods and in protected systems under plastic cover. In the conventional system, lettuce and beets are grown in open fields, with traditional irrigation, chemical fertilization, and pest control using pesticides. In contrast, smart agricultural tunnels allow greater environmental control, reducing the use of pesticides and optimizing the use of resources such as water. The materials and methods involve the construction of tunnels with metal structures (macro-tunnels and micro-tunnels) equipped with humidity sensors and autonomous irrigation control systems, and their comparison with traditional plots. Preliminary results show an improvement in the profitability of crops such as lettuce and beets, compared to traditional plots. In lettuce, the harvest period was reduced by up to 12 days, and profitability under macro-tunnels increased by 507%. In addition, protection under cover allowed the exploration of carbon fertilization (1000 ppm) as a crop enhancer. In this case, lettuce showed a significantly higher yield, while beets showed an initial boost in the first harvest, which was reduced in the second and third, possibly due to an acclimatization process. In conclusion, low-cost agricultural tunnels represent a viable option to optimize horticultural production. Smart agricultural tunnels, with remote monitoring and efficient water management, are consolidated as strategic tools to boost the agricultural sector and food security.

PALABRAS CLAVE:

Agricultura Protegida;
Macrotúneles; Microtúneles;
Invernaderos Digitales;
Agricultura de Precisión; Control
Climático; Riego Automatizado;
Sensores de Humedad; Sistemas
IoT; Fertilización Carbónica.

KEYWORDS:

Protected Agriculture; Macro-tunnels; Micro-tunnels; Digital Greenhouses; Precision Agriculture; Climate Control; Automated Irrigation; Humidity Sensors; IoT Systems; Carbon Fertilization.