

Cuadernos de semilleros de investigación

Vol. 9 No. 1 Enero - Diciembre de 2023 e-ISSN: 2619-1806



UNIAGRARIA
LA U VERDE DE COLOMBIA

REVISTA CUADERNOS DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN

Vol. 9 No. 1

Enero-diciembre 2023

Vicerrectoría de Investigación

Fundación Universitaria Agraria de Colombia-UNIAGRARIA

ISSN: 2619-1806

Director

Dr. Álvaro Mauricio Zúñiga Morales

Vicerrector de Investigación

Editor

MSc Nora Milena Roncancio Parra

Directora Formación para la investigación

Rector

Dr. Jorge Orlando Gaitán Arciniégas

**Vicerrector de Asuntos Estudiantiles,
Medio Universitario e Internacionalización**

Dr. Jorge Arturo Torres Escobar

Vicerrectora administrativa

Dra. María Alejandra Gaitán Castiblanco

Secretario General

Dr. Albino Penagos Segura

Consejo Superior

Dr. Álvaro Zúñiga García

Presidente

Dra. Teresa Arévalo Ramírez

Consejera

Dra. Teresa Escobar de Torres

Consejera

Dr. Jorge Orlando Gaitán Arciniégas

Consejero y Rector

Dr. Héctor Jairo Guarín Avellaneda

Consejero

Dra. Gloria Nelly Rodríguez de Martínez

Consejera

Dr. Álvaro Ramírez Rubiano

Consejero

Comité Editorial

Dra. Nora Milena Roncancio Parra

Dr. Camilo Andrés Martínez Delgado

Dra. Kimberly Giselle Capdevila Ospina

Ing. Mauricio Aníbal Sierra Sarmiento

Dra. Camila Andrea Bernal Castro

Dr. Juan Camilo Sánchez Valbuena

Dra. Juan Virgilio Mosquera

Dr. Efraín Casadiego Quintero

Dra. Andrea Katherine Pineda Torres

Dr. Jorge Alberto Díaz

Dra. Yenny Esperanza Parra

Dra. Giovanna del Pilar Fuentes Medina

Dr. Mateo Bedoya García

Diseñadora

Laura García Tovar

Corrección de estilo

María Camila Remolina

ISSN: 2619-1806

2023 - Fundación Universitaria Agraria

de Colombia -UNIAGRARIA

Bogotá D.C - Colombia

Concepto gráfico, diseño y edición digital

Entrelibros SAS.

www.entrelibros.co



Cuadernos de Semilleros de Investigación by Universidad Agraria de Colombia – Uniagraria is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercialCompartirIgual 4.0 Unported License.

La publicación 'Cuadernos de Semilleros de Investigación' es producto de la Universidad Agraria de Colombia -Uniagraria-bajo el ISSN: 2619-1806, en idioma español. Es un producto editorial protegido por el Copyright © y cuenta con una política de acceso abierto para su consulta, sus condiciones de uso y distribución están definidas por el licenciamiento *Creative Commons* (CC).

ÍNDICE

Editorial

La formación para la investigación: ¿Qué es y cómo se implementa?

Nora Milena Roncancio Parra

Directora Departamento de Investigación Formativa

Fundación Universitaria Agraria de Colombia

5

GESTIÓN DE RIESGO PARA LOS PROCESOS DE PIQUELADO, CURTIDO Y SECADO EN LA CURTIEMBRE PAPG EN VILLAPINZÓN, CUNDINAMARCA RISK MANAGEMENT FOR THE PICKING, TANNING AND DRYING PROCESSES AT THE PAPG TANNERY AT VILLAPINZÓN, CUNDINAMARCA

Laura Marcela Barrera G., Manuela Barrero E., Karen Lorena Gómez A.,

Rubén Alberto Lozano G.

8

SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO CON CÁSCARAS DE HUEVO PARA PROMOVER LA CULTURA SOSTENIBLE

ORGANIC FERTILIZER PRODUCTION SYSTEM USING EGGSHELLS TO PROMOTE SUSTAINABLE CULTURE

Santiago Caro, David Jiménez, Yeimy Medina, Juanita Trujillo, Giovanna Fuentes,

Ana Rosa Rodríguez

21

ANÁLISIS DEL SECADO DE HOJAS DE EUCALIPTO (*EUCALYPTUS GLOBULUS LABILL*) SOBRE EL RENDIMIENTO DEL EXTRATO Y EL CONTROL BIOLÓGICO DEL HONGO *FUSARIUM OXYSPORUM DIANTHI*

ANALYSIS OF EUCALYPTUS (*EUCALYPTUS GLOBULUS LABILL*) LEAF DRYING ON THE EXTRATUM YIELD AND BIOLOGICAL CONTROL OF THE FUNGUS *FUSARIUM OXYSPORUM DIANTHI*

Andrés Felipe Casas Cortes, Mauricio Aníbal Sierra-Sarmiento

38

CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN LA PARTE ALTA DEL RÍO BOGOTÁ EN CINCO AMBIENTES DE INTERVENCIÓN ANTRÓPICA

CHANGES IN THE STRUCTURE AND COMPOSITION OF THE BENTHIC MACROINVERTEBRATE COMMUNITY IN THE UPPER PART OF THE BOGOTÁ RIVER IN FIVE ENVIRONMENTS OF ANTHROPOGENIC INTERVENTION

Wendy Tatiana Gonzales R., Karen Ximena Castañeda L., María Andrea Bernal P.,

Ellien Hernández Cantero

48

APLICACIÓN DEL USO DE DRONES A LA MECÁNICA DE ROCAS EN UN SECTOR DEL MUNICIPIO DE MACHETÁ, CUNDINAMARCA APPLICATION OF THE USE OF DRONES TO ROCK MECHANICS IN A SECTOR OF MACHETÁ, CUNDINAMARCA <i>Oscar Eduardo Carreño Carreño, Mariana Hernández Mejía, Ricardo Antonio Tobón Rojas</i>	58
TOCANCIPÁ HACIA LAS COMPRAS PÚBLICAS SOSTENIBLES. UNA GUÍA CON MIRAS AL FUTURO AMBIENTAL TOCANCIPÁ TOWARDS SUSTAINABLE PUBLIC PROCUREMENT. A GUIDE TO THE ENVIRONMENTAL FUTURE <i>Lina María Mejorano-Fonseca., Ricardo Antonio Tobón-Rojas</i>	80
PREVALENCIA DE MALOCCLUSIÓN DENTAL EN CONEJOS (ORYCTOLAGUS CUNICULUS) COMO ANIMALES DE COMPAÑÍA BAJO IMÁGENES DIAGNÓSTICAS PREVALENCE OF DENTAL MALOCCLUSION IN RABBITS (ORYCTOLAGUS CUNICULUS) AS COMPANION ANIMALS UNDER DIAGNOSTIC IMAGING <i>Dana Catalina Gomez G.</i>	90
GUÍA PARA LOS AUTORES	97

EDITORIAL

LA FORMACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN: ¿QUÉ ES Y CÓMO SE IMPLEMENTA?

Nora Milena Roncancio Parra¹

La formación para la investigación, entendida como un proceso formativo amplio en el que se implementan estrategias para acercar a estudiantes y docentes a la cultura de la investigación, ha sido reconocida en la educación superior mediante las normativas relativas a los procesos de registro calificado y acreditación, así como en el Plan Decenal de Educación 2016-2026, que impulsa la formación investigativa en los primeros niveles, tal y como se expresa en el décimo desafío, que reza lo siguiente: «Fomentar la investigación que lleve a la generación de conocimiento en todos los niveles de la educación» (Ministerio de Educación, 2017).

En este sentido, la formación en este caso, pensada en el escenario de la investigación, conduce a definirla, como propone Evans (2011), desde la perspectiva del objeto de estudio, entendiéndola como un proceso mediante el cual las capacidades y actitudes de las personas son mejoradas para llevar a cabo su trabajo diario de investigación con un grado de permanencia que exceda la transitoriedad.

Moreno (1997) conceptualiza la formación investigativa como un quehacer académico que consiste en promover y facilitar, preferentemente de manera sistemática, el acceso a los conocimientos y el desarrollo de las habilidades, hábitos y actitudes necesarios para llevar a cabo la práctica denominada «investigación».

¹ Editora Revista Cuadernos de Semilleros de Investigación. Directora Formación para la investigación. Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Contacto: roncancio.nora@uniagraria.edu.co Editora Revista Cuadernos de Semilleros de investigación. Estudiante del Doctorado Interinstitucional en Formación para la investigación de la Universidad Pedagógica Nacional.

Y es que, según Ortiz, Barragán, Hermida *et al* (2007), la formación es un elemento central del quehacer educativo que deja un aprendizaje para toda la vida, en donde participan actores fundamentales como la familia, que influyen en la formación temprana de la personalidad.

El proceso formativo contiene, en su visión integral, lo cognitivo, emocional, social, físico y lo moral, que, conjugados, definen la vida presente y futura del ser humano; sin embargo, es el aspecto cognitivo el que siempre se ha priorizado, buscando en el estudiante la indagación y el cuestionamiento. También se fomenta el cuestionamiento frente a lo que le rodea, de tal forma que se favorecen habilidades como la toma de decisiones y la resolución de problemas. No obstante, todas las áreas son importantes a la hora de forjar la personalidad del estudiante.

Bajo este contexto, existen varias estrategias de formación para la investigación que permiten transformar la percepción de la comunidad estudiantil hacia la investigación. Una de las estrategias más conocidas es la de los Semilleros de Investigación, donde los estudiantes no solo aprenden el discurso instrumental, sino también todas las competencias necesarias para la práctica de la investigación. Un reflejo de ello son los 7 artículos que se ubican en la presente edición de la Revista Cuadernos de Semilleros de Investigación, Vol. 9, donde los estudiantes semilleristas han sistematizado su trabajo de investigación.

Los 7 artículos son de 15 semilleristas que se han atrevido a contar a la comunidad académica el éxito de sus investigaciones, finalizando así su proceso formativo a través de la divulgación. Estos semilleristas participaron durante varios períodos académicos en los Semilleros de investigación de sus programas académicos y encontraron las respuestas a las problemáticas identificadas en cada una de las disciplinas. Lograron inferir lo encontrado en el trabajo de campo desde la teoría y llegaron a conclusiones que aportan al debate en su área disciplinar.

Estos resultados en los Semilleros de Investigación se logran también mediante otras estrategias, como los cursos del plan de estudios, tanto de investigación como disciplinares, y las opciones de grado, donde los estudiantes logran conjugar lo aprendido, en un proceso de retroalimentación permanente que permite alcanzar el desarrollo de las competencias investigativas.

Así, la formación para la investigación no es un momento, sino un proceso que se desarrolla durante la formación disciplinar y complementa el perfil de egreso de los estudiantes, dotándoles de un valor agregado como futuros profesionales.

REFERENCES

- Evans, L. (2011). The researcher development ship: Mapping the terrain and pushing the boundaries. *International Journal of Researcher Development*, 2(2), 75-98.
- Moreno Angarita, M. S., (1997). Dos pistas para el análisis de los procesos de formación de investigadores en las universidades colombianas. *Nómadas (Col)*, (7), 38-48.

GESTIÓN DE RIESGO PARA LOS PROCESOS DE PIQUELADO, CURTIDO Y SECADO EN LA CURTIEMBRE PAPG EN VILLAPINZÓN, CUNDINAMARCA

RISK MANAGEMENT FOR THE PICKING, TANNING AND DRYING PROCESSES AT THE PAPG TANNERY AT VILLAPINZÓN, CUNDINAMARCA

Laura Marcela Barrera G.¹

Manuela Barrero E.²

Karen Lorena Gómez A.³

Rubén Alberto Lozano G.⁴

RESUMEN

El proyecto desarrollado tuvo como objetivo realizar la matriz de riesgo enfocada en la producción de los procesos de piquelado, curtido y secado de la curtiembre Pedro Parra (PAPG) ubicada en el municipio de Villapinzón, Cundinamarca. Todo esto con el fin de evaluar la probabilidad y la gravedad de los riesgos que se encuentran en cada operación. Como primera medida, se determinaron las necesidades de las partes interesadas en el proceso y se elaboró la política de calidad de la empresa, a partir de la cual se definieron los objetivos de calidad que nos permitieron elaborar la matriz estudio de peligro y operatividad (EPO), en la que se identificaron los criterios que llevaron a establecer los riesgos dentro de cada operación. Se elaboraron las submatrices de probabilidad y consecuencia, y se propusieron las medidas de tratamiento para mejorar el nivel de riesgo. Finalmente, se concluye que la empresa debe implementar medidas de forma inmediata con el fin de mejorar sus índices de producción y evitar pérdidas económicas.

Palabras clave: calidad, producción, transporte, riesgo.

¹ Estudiante, miembro del Semillero de investigación Agroindustrial-DIA de Ingeniería Agroindustrial de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia (Uniagraria), Bogotá D.C., Colombia. Correo electrónico: barrera.laura1@uniagraria.edu.co

² Estudiante, miembro del Semillero de investigación Agroindustrial-DIA de Ingeniería Agroindustrial de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia (Uniagraria), Bogotá D.C., Colombia. Correo electrónico: barrero.manuela@uniagraria.edu.co

³ Estudiante, miembro del Semillero de investigación Agroindustrial-DIA de Ingeniería Agroindustrial de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia (Uniagraria), Bogotá D.C., Colombia. Correo electrónico: gomez.karen1@uniagraria.edu.co

⁴ Estudiante de Ingeniería Agroindustrial de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia (Uniagraria), Bogotá D.C., Colombia. Correo electrónico: lozano.ruben@uniagraria.edu.co

ABSTRACT

The project developed had the objective of carrying out the risk matrix focused on the production of the pickling, tanning and drying processes of the PAPG tannery located in the municipality of Villapinzón, Cundinamarca. All this in order to assess the probability and severity of the risks found in each operation. As a first measure, the needs of the interested parties in the process were determined and the company's quality policy was developed, from which the quality objectives were defined that allowed us to develop the EPO matrix where the criteria that led to to establish the risks within each operation. Probability and consequence submatrices were elaborated, and treatment measures were proposed to improve the level of risk. Finally, it is concluded that the company must implement measures immediately in order to improve its production rates and avoid economic losses.

Keywords: quality, production, transport, risk.

INTRODUCCIÓN

Colombia cuenta con dos departamentos en los que se concentra el 80 % del total de curtiembres, los cuales son Cundinamarca (81,33 % en los municipios de Villapinzón, Chocontá, y el barrio San Benito en Bogotá) y Antioquia (9,7 %). El promedio de cueros es de 103 000, lo cual corresponde a un 38 % a nivel nacional (Martínez Buitrago y Romero Coca, 2017). Muchas de las empresas buscan tecnificar y mejorar la industria; sin embargo, al ser un proceso que requiere gran inversión, el perfil económico de la empresa solo busca suplir las necesidades básicas, y terminan dejando de lado los recursos necesarios para su personal, como los elementos de protección personal (EPP) o el manejo adecuado de los elementos contaminantes, por lo que se han visto en la obligación de promover mejores alternativas que traigan consigo beneficios para la comunidad y para sus procesos productivos (Martínez y Romero, 2017).

La industria de curtiembres con el paso de los años ha buscado mantenerse en pie por medio de cambios en sus métodos de producción, ya que estos traen consigo contaminación en el aire y deterioro del paisaje por una mala disposición de los residuos sólidos. Sin embargo, hay procesos específicos que siguen requiriendo el uso de una alta cantidad de químicos, los cuales buscan optimizar los tiempos en la producción (Carreazo Vásquez et. al, 2017). La industria lastimosamente no cuenta con las herramientas adecuadas para establecer sistemas de gestión de riesgo, los cuales permiten realizar control y prevención sobre aspectos como el manejo adecuado de las sustancias

químicas empleadas, el uso de elementos de protección personal y la identificación de los riesgos a los que pueden estar expuestos los trabajadores (Ordóñez, 2020). Esto es problemático ya que comúnmente no se tienen en cuenta los efectos que puede tener esta exposición para la salud de los trabajadores, pues podrían causar enfermedades en el sistema respiratorio, neurológico o dermatológico (Carreazo Vásquez et. al, 2017).

La empresa Curtiembres PAPG, ubicada en el municipio de Villapinzón, cuenta con más de sesenta años de experiencia en el sector. Aunque su producción es poco tecnificada, cuenta con índices de producción de alrededor de 4000 pieles por mes, y ha presentado una mejora en aspectos de vertimientos y tratamientos de aguas exigidos por la Corporación Autónoma Regional (CAR). Sin embargo, no cuentan con una gestión de riesgo en ninguno de sus procesos. Basados en la problemática observada en la visita realizada a la curtiembre, se plantea la siguiente pregunta problema: ¿cómo se pueden reducir los riesgos que presenta el proceso del curtido de pieles en términos de producción en la empresa PAPG ubicada en el municipio de Villapinzón, Cundinamarca?

MÉTODO

Este artículo presenta una metodología no experimental. Se realizó con el fin de evaluar la probabilidad y gravedad de los riesgos presentados en las operaciones de piquelado, curtido y secado. Se utilizó el pensamiento basado en gestión del riesgo, el cual tiene tres macrofases:

DEFINIR EL ALCANCE, EL CONTEXTO Y LOS CRITERIOS:

Subfase del alcance y contexto: se determinó hasta dónde se quiere llegar con el proyecto, mediante objetivos, ubicación, tiempos, herramientas, técnicas a utilizar, y los recursos requeridos.

Subfase del criterio: se determinaron las condiciones o parámetros del riesgo, esto mediante la relación de estos con los objetivos presentados en la subfase anterior; en la cual se determinó la importancia del riesgo, las obligaciones y las partes interesadas.

EVALUACIÓN DEL RIESGO (IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y VALORACIÓN):

Subfase de identificación del riesgo: se evaluó mediante el estudio de peligro y operatividad (EPO) ISO 31010, el parámetro de producción, el valor ideal, la

palabra guía para identificar el parámetro máximo y mínimo, el elemento en el que ocurren el riesgo, la desviación y las posibles causas del riesgo.

Subfase del análisis del riesgo: se identificaron las causas de los riesgos mediante el árbol de causa y efecto; en las cuales el tronco representa el problema central, las raíces, las causas esenciales y directas del problema, así como las ramas las consecuencias e impactos del problema.

Subfase de valoración del riesgo: se realizó una submatriz de consecuencia, en la que se calificó de manera cuantitativa el nivel de gravedad para cada criterio. Posteriormente, se realizó la submatriz de probabilidad, en la cual a cada nivel se le dio un porcentaje de probabilidad. En seguida, se realizó la matriz de consecuencia y probabilidad; básicamente aquí se discute con cuáles riesgos se puede convivir y con cuáles no. En esta fase se utilizaron cuatro niveles de riesgos (ver tabla I).

Tabla I.

Nivel de riesgo utilizado en la matriz de consecuencia y probabilidad.

I	Aceptable
II	Tolerable
III	Alto
IV	Intolerable

Fuente: elaboración propia.

TRATAMIENTO DEL RIESGO:

Estado del control: en esta fase se sabe si la empresa posee una herramienta para ejercer el control y si se usa de manera sistemática y técnica.

Eficacia y medida del control: esta fase se realiza para saber si el control que está realizando la empresa funciona o no, y así poder tomar una decisión objetiva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el proceso en la industria de curtiembres ocurre una serie de operaciones, las cuales dependen del producto final al que se busca llegar; así como también de la recepción de la materia prima, ya que, en algunos casos, no requieren de un pretratamiento. Las operaciones que se presentan son las siguientes: recepción de la materia prima; pretratamiento, curado y desinfectado; pelambre, desencalado, descarnado, desengrasado, piquelado, curtido, secado, planchado y clasificación; finalmente, almacenamiento (MinSalud, 2015).

La empresa de curtiembres PAPG realiza el proceso para dar al cliente como producto final un *wet blue*, el cual es usado para la elaboración de guantes industriales o carnaza. Ellos incluyen varias de las operaciones que se mencionaron anteriormente; no obstante, el proceso depende de si las pieles ya tuvieron un previo tratamiento o si requieren de alguna operación adicional para mejorar sus condiciones. Sin embargo, se identificó que existe un mayor factor de riesgo en tres operaciones: piquelado, curtido y secado, ya que éstas siempre se realizan dentro de sus instalaciones y son primordiales en el proceso de curtido, ya que definen las características finales del producto, como rigidez, suavidad, características deseables al tacto y vista, así como también la penetración del cromo en la piel para reducir índices de contaminación en la disposición final de los residuos sólidos y líquidos.

IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO

Por medio de la elaboración de la matriz EPO se llevó a cabo la identificación de

los riesgos presentes para los criterios escogidos, que en este caso fueron de producción, más exactamente para las etapas de piquelado y curtido, y de tiempo para la etapa de secado.

Piquelado

Para la operación de piquelado se tuvieron en cuenta los siguientes objetivos:

- Efectuar auditorías al personal y a la empresa en general para garantizar la seguridad laboral y ambiental.
- Organizar los procesos en la industria de curtido con el fin de mejorar tiempos de producción y ser eficientes.

En seguida, se tomó el parámetro de temperatura, se usaron como palabras clave “mayor” o “menor”, y se establecieron valores ideales de temperatura máxima de 35°C y mínima de 20°C (Cueronet, 2000). Se identificó como elemento responsable al operario de piquelado y, finalmente, se identificó el riesgo correspondiente para el parámetro de temperatura.

Para el parámetro de pH del baño se determinó como palabra clave “mayor”, y se manejaron valores ideales entre 2,9 y 3,1 de pH (Cueronet, 2000). Asimismo, el operario de piquelado sería el mismo elemento responsable.

Curtido

Para la identificación del riesgo se determinó que los objetivos más adecuados serían los siguientes:

- Identificar las normas que rigen la industria de curtido para dosificar correctamente los químicos implementados en el proceso de curtido.

- Organizar los procesos en la industria de curtido con el fin de mejorar los tiempos de producción y ser eficientes.

Posteriormente, tal como se realizó en el proceso de piquelado, se tomó el criterio de producción y se estableció como parámetro a evaluar el pH de las pieles con unos valores ideales entre 3,6 y 3,8 (Cueronet, 2000). Se establecen como responsables a los operadores o supervisores de cultivo y se procede a identificar el riesgo correspondiente.

Secado

Para la operación de secado se debe tener en cuenta que se tomó como objetivo lo siguiente:

- Evaluar estrategias en las cuales se proponga una cadena de suministro completa en la industria de curtiembres PAPG.

Se tomó este objetivo y se evaluó el criterio de transporte y el parámetro del tiempo, ya que se debe tener en cuenta que el proceso es tercerizado por la curtiembre y se considera que incrementa en gran medida los tiempos operativos. En este caso, se tomó como palabra clave “mayor”, y como valor ideal se estableció un tiempo límite de dos horas para el elemento responsable, que aquí será el conductor.

ANÁLISIS DEL RIESGO

En cada una de las operaciones por medio de un diagrama causa y efecto (árbol de problema) se identificó la causa raíz y la consecuencia de acuerdo a lo explicado anteriormente, con lo cual se encontró lo siguiente:

Piquelado

Este proceso presenta como problema principal afectaciones en la preparación química de la piel por falta de control de variables de pH y temperatura. Esto se debe a desconocimiento por parte del personal, ya que pueden haber aplicaciones desmedidas de sales y ácidos durante el proceso. Además, hay poca inversión en la planta debido a que cuentan con maquinaria ineficiente y sin ningún tipo de sensor que permita una medición, lo cual se ve reflejado en pérdidas económicas y retrasos en la producción, puesto que de este proceso dependen los siguientes pasos.

Curtido

Su principal problemática es la baja penetración de cromo en el cuero, lo cual se da a causa de un mal proceso de basificación, una curtición rápida o una muy baja cantidad de cromo. Lo anterior se debe a que los operarios aplican una metodología empírica, lo cual puede generar una variación en esa dosificación que realizan; lo que puede llevar a un cliente insatisfecho, ya que el proceso de curtido permite dar las características finales del cuero.

Secado

Como problemática se presentan los retrasos en la operación debido al transporte de las pieles curtidas para su secado. Las causas principales para esta problemática son la baja capacidad de inversión por parte de la empresa para disponer de un área de secado dentro de las instalaciones de la misma, así como también la falta de empresas cercanas a la

curtiembre que ejecuten esta operación sin la necesidad de un tercero, lo cual trae como consecuencia retrasos en la producción, alteraciones en la calidad del producto y pérdidas económicas.

A continuación, se presenta el cálculo de la probabilidad de ocurrencia de un error

por medio de una distribución normal, en la cual se tomaron en cuenta los valores explicados anteriormente para verificar las condiciones en doce muestras para cada una de las operaciones, de lo cual se obtuvo lo siguiente:

Tabla 2.

Cálculo de probabilidad de ocurrencia de error por distribución normal.

Operación		Piquelado		Curtido	Secado
		pH	°C	pH	Tiempo (horas)
Valor ideal	Mín.	2,9	20	3,6	-
	Máx.	3,1	35	3,8	2
Promedio		3,0166	28,458	3,7250	2,1833
Desviación		0,093	2,980	0,148	0,893
Riesgo < Min		10,6 %	0,2 %	19,9 %	-
Riesgo > Máx		18,7 %	1,4 %	30,6 %	58,1 %

Fuente: elaboración propia.

Con base en los resultados se evidenció que el nivel de riesgo en las variables de pH y temperatura en la operación de piquelado no es tan alto (10,6 % y 18,7 % para pH; 0,2 % y 1,4 % para temperatura) a comparación de la variable de pH en el curtido (19,9 % y 30,6 %) y el tiempo en el secado (58,1 %), ya que la probabilidad de riesgo es bastante alta. Por lo tanto, se procede a la ubicación en la matriz de consecuencia y probabilidad, con la

finalidad de ver los niveles de riesgo y así proceder al tratamiento.

VALORACIÓN DEL RIESGO

A continuación, se presenta el nivel de calificación para los criterios de transporte (secado) y producción (piquelado y curtido) en la tabla 3.

Tabla 3.

Submatriz de consecuencia.

Nivel de clasificación	Transporte	Producción
4	El 95 % de las entregas se retrasan debido a que los tiempos de transporte para la etapa de secado se extienden por más de dos horas.	El 90 % de las muestras presentan cambios drásticos en las variables de pH y temperatura en las operaciones de piquelado y curtido.
3	El 60 % de las entregas se retrasan debido a que los tiempos de transporte para la etapa de secado se extienden por más de dos horas.	El 60 % de las muestras presentan cambios drásticos en las variables de pH y temperatura en las operaciones de piquelado y curtido.
2	El 25 % de las entregas se retrasan debido a que los tiempos de transporte para la etapa de secado se extienden por al menos dos horas.	El 30 % de las muestras presentan cambios drásticos en las variables de pH y temperatura en las operaciones de piquelado y curtido.
1	El 5 % de las entregas se retrasan debido a que los tiempos de transporte para la etapa de secado se extienden por al menos dos horas.	El 5 % de las muestras presentan cambios drásticos en las variables de pH y temperatura en las operaciones de piquelado y curtido.

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, se realizó la submatriz de probabilidad, en la que a cada grado de probabilidad se le asignó un porcentaje correspondiente, como se puede observar en la tabla 4, la cual es utilizada para el criterio de transporte y producción.

Tabla 4.

Submatriz de probabilidad.

Grado de probabilidad	Descripción
I	Aquel que se encuentre entre 0-40 %
II	Aquel que se encuentre entre 40-70 %
III	Aquel que se encuentre entre 70-85 %
IV	Aquel que se encuentre entre 85-100 %

Fuente: elaboración propia.

Después, se tomaron en cuenta estas submatrices y se realizó la matriz de secuencia y probabilidad, tanto para el

criterio de transporte como de producción. Esto se puede observar en las tablas 5 y 6.

Tabla 5.

Matriz de consecuencia y probabilidad de transporte.

Transporte						
Índice de probabilidad	D	4	IV	IV	IV	IV
	C	3	III	III	III	IV
	B	2	II	II	III	IV
	A	I	I	I	II	III
			I	2	3	4
			Índice de consecuencias			

Fuente: elaboración propia.

Para el caso del criterio de transporte, el índice de probabilidad dio B, mientras que el índice de consecuencia dio 3; por lo tanto, el nivel de consecuencia y

probabilidad es III. En este caso, el nivel es alto y no se puede convivir con el riesgo, por lo que toca realizar un plan de acción sin importar el tamaño de la inversión.

Tabla 6.

Matriz de consecuencia y probabilidad de producción.

Producción						
Índice de probabilidad	D	4	III	IV	IV	IV
	C	3	III	III	III	IV
	B	2	II	II	III	III
	A	I	I	II	III	III
			I	2	3	4
			Índice de consecuencias			

Fuente: elaboración propia.

Para el caso del criterio de producción en piquelado, el índice de probabilidad dio A, mientras que el índice de consecuencia dio I; por lo tanto, el nivel de consecuencia y probabilidad es I. En este caso, el nivel

es aceptable y se puede convivir con el riesgo. Por otra parte, para el criterio de producción en curtido el índice de probabilidad dio A, mientras que el índice de consecuencia dio 2; por lo tanto, el nivel

de consecuencia y probabilidad es II. En este caso, el nivel es tolerable y se deben realizar planes de acción, puede no ser inmediato y de bajo costo.

A continuación, se puede observar con más brevedad lo descrito anteriormente.

Tabla 7.

Riesgos identificados en las operaciones escogidas.

Nivel de riesgo identificado	Piquelado	Curtido	Secado
I			
II			
II			
IV			

Fuente: elaboración propia.

TRATAMIENTO DEL RIESGO

Finalmente, ya teniendo establecido el nivel de riesgo de cada uno de nuestros

procesos, se proceden a evaluar las medidas de control y eficacia del mismo. Para poder establecer valores, nos basamos en la siguiente matriz:

Tabla 7.

Estado de control y eficacia en el tratamiento del riesgo.

Parámetro	Criterios	Puntajes
Estado de control	No hay herramientas de control.	0
	Herramientas sin uso sistémico.	10
	Herramientas con uso sistémico y técnico.	50

Eficacia de control (seguimiento)	No hay seguimiento a la eficacia de control	0
	Hay responsables de controlar y realizar seguimiento, pero no se hace con frecuencia ni se toman decisiones sobre los resultados del seguimiento a los controles.	10
	Hay responsabilidades de controlar y realizar seguimiento. La frecuencia de ejecución de control y el seguimiento es adecuado, y se toman decisiones sobre los resultados del seguimiento a los controles.	50

Fuente: elaboración propia.

Se considera la existencia o nulidad de herramientas de control en cada uno de los procesos evaluados y el seguimiento que se le da a las medidas de control. De acuerdo a esto se le da un puntaje específico entre 0 y 50, y se determina

el nivel de reducción que se le dará a cada uno de los riesgos y el nuevo nivel en el que estos se posicionarán en caso de tener medidas de control y darles un seguimiento efectivo.

Tabla 8.

Disminución del nivel de riesgo.

Rangos de calificaciones de los controles	Dependiendo si el control afecta probabilidad o impacto, se posiciona el nivel del riesgo	
	Cuadrantes a disminuir en la probabilidad	Cuadrantes a disminuir en el impacto
0-50	0	1
51-75	1	1
76-100	2	2

Fuente: elaboración propia.

Desafortunadamente, la curtiembre PAPG no cuenta con ninguna medida de control y por ende no es posible reducir el nivel de riesgo en ninguna medida. Teniendo en cuenta esto, nuestra respuesta es proponer

tratamientos para la mejora de los procesos y reducir el nivel de probabilidad de ocurrencia de cada uno de los riesgos establecidos.

Para los procesos de piquelado, curtido y el control de los parámetros de temperatura y pH se establece la programación de la toma de muestreos de cada variable para así generar una capacitación al personal, con el fin de garantizar un seguimiento correcto al pH y la temperatura. Se determina que los jefes de producción y calidad serán los responsables de las medidas ejecutadas. Para poder llevar a cabo el tratamiento establecido, se deberán realizar las siguientes acciones:

- Realizar un cronograma.
- Verificar la disponibilidad del operario para la asistencia a las capacitaciones.
- Verificar que se tengan las herramientas adecuadas.

Para verificar la efectividad de la medida se deberá cumplir con el cronograma establecido y el registro de la toma de muestras.

Para el secado se propone hacer un seguimientos del tiempo que tardan los operarios en hacer el trayecto hasta la compañía que realiza el proceso de secado. Se considera que es el tratamiento que involucra menos costos para poder reducir el nivel de probabilidad actual. El encargado de este será el supervisor de transporte y para poder llevarse a cabo se deberán ejecutar las siguientes acciones:

- Realizar un formato de registro del tiempo de transporte al secado.
- Ejecutar un cronograma de reuniones para la concientización de los operarios de transporte.
- Verificar la disponibilidad del operario para la asistencia a las reuniones programadas.

Debe hacerse una revisión semanal a los registros tomados por el supervisor y así verificar que el registro del tiempo sea menor a dos horas.

CONCLUSIONES

La curtiembre PAPG no cuenta con medidas de control para los riesgos identificados en los procesos de piquelado, curtido y secado. Como consecuencias generales de estos riesgos se encuentran las pérdidas económicas y la reducción de las ventas como aspecto generado a partir del riesgo, debido a que se presenta un producto de baja calidad; así como también alteraciones en las características del mismo, debido al cambio en las variables.

Se deben establecer medidas de tratamiento, como la toma de muestras y registros de cada variable, las cuales deben ser controladas por medio de encargados capacitados. Poner en práctica estas medidas pueden reducir el nivel de riesgo identificado y reducir la gravedad de las consecuencias originadas.

REFERENCIAS

Carreazo Vásquez, D., García Pérez, L. C., Corredor Preciado, J. A. y Sastoque Beltrán, J. D. (2017). *Efectos en la salud asociados a la exposición ambiental y ocupacional a productos químicos generados en la industria del curtido en la población del barrio San Benito y su área de influencia durante el 2017* [tesis de pregrado]. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. <https://repository.udca.edu.co/entities/publication/9e3a2610-77c6-4132-a76a-daa22c150b8c>

- Cueronet. (2000). *Industria de curtiembres. Ciudad de Pando Manzana B Solar 12 El Pinar Costa de Oro, Canelones, Uruguay*. <https://biblioteca.org.ar/libros/cueros/flujomenu.htm>
- Martínez Buitrago, S.Y. y Romero Coca, J.A. (2017). Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un análisis de su competitividad. *Revista Facultad de Ciencias Económicas*, 26(1), 113-124. <https://doi.org/10.18359/rfce.2357>
- Ministerio de Ambiente. (2013). Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador: La industria de los cueros (a base de sales de como, con agentes vegetales). Capítulo 11. CIU C-1511.
- Ministerio de Salud y Protección Social (MinSalud). (2015). *Guía para el desarrollo de actividades de promoción y prevención en la industria de curtiembres*. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/6guia-actividades-pyp-curtiembres.pdf>
- Ordóñez, E.(2020). *Identificación de riesgos y peligros laborales con base en el Decreto 1072 de 2015 para la empresa Corporación de Cueros CurtiBelén del Municipio de Belén, Nariño* [tesis de pregrado]. Corporación Universitaria Autónoma de Nariño. <http://repositorio.aunar.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/20.500.12276/1159/AD508A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ABONO ORGÁNICO CON CÁSCARAS DE HUEVO PARA PROMOVER LA CULTURA SOSTENIBLE

ORGANIC FERTILIZER PRODUCTION SYSTEM USING EGGSHELLS TO PROMOTE SUSTAINABLE CULTURE

Santiago Caro¹
David Jiménez²
Yeimy Medina³
Juanita Trujillo⁴
Giovanna Fuentes
Ana Rosa Rodríguez⁵

RESUMEN

Como parte del proyecto realizado dentro del curso de química general durante el semestre 2023A, se propuso generar un abono orgánico incorporando cáscaras de huevo molidas, con el fin de mejorar características físicas de las plantas a sembrar. El diseño experimental consistió en colocar semillas de menta (*Mentha spp*) en tres materas: una con control de abono, otra con sustrato de fibra de coco y la última con mezcla 1:1 de cáscaras de huevo y abono. Se midieron características morfológicas, como color de las hojas y altura del tallo; también, se midieron algunas propiedades físicas y químicas del suelo, como color, textura, plasticidad, adherencia, estructura, pH, contenido de carbono orgánico, contenido de carbonatos. Los resultados mostraron que las plantas germinaron con mejor aspecto en el suelo abonado con huevo, puesto que este contiene cantidades de calcio y fósforo que resultan ser fundamentales para su crecimiento, además de aportar ácidos fúlvicos, húmicos y huminas necesarias para la estabilidad de la estructura del suelo y la retención de nutrientes.

Palabras clave: abono orgánico, cáscaras de huevo, características morfológicas, propiedades físico químicas del suelo, mentha spp

¹ Estudiante de Zootecnia. Pertenece al semillero de Investigación educación en contexto y conciencia ambiental adscrito a la Red Institucional de Semilleros de investigación de la Red-Uniagraria de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Correo electrónico: caro.jose1@uniagraria.edu.co

² Estudiante de Zootecnia. Pertenece al semillero de Investigación educación en contexto y conciencia ambiental adscrito a la Red Institucional de Semilleros de investigación de la Red-Uniagraria de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Correo electrónico: jimenez.jorge1@uniagraria.edu.co

³ Estudiante de Zootecnia. Pertenece al semillero de Investigación educación en contexto y conciencia ambiental adscrito a la Red Institucional de Semilleros de investigación de la Red-Uniagraria de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Correo electrónico: medina.yeimy@uniagraria.edu.co

⁴ Estudiante de Zootecnia. Pertenece al semillero de Investigación educación en contexto y conciencia ambiental adscrito a la Red Institucional de Semilleros de investigación de la Red-Uniagraria de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Correo electrónico: trujillo.juanita@uniagraria.edu.co

⁵ Docentes de los cursos de Química y Biología, Departamento Ciencias Básicas de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia.

ABSTRACT

As part of the project carried out in the general chemistry course during semester 2023A, it was proposed to generate an organic fertilizer incorporating ground eggshells, in order to improve the physical characteristics of the plants to be planted. The experimental design consisted of placing mint seeds (*Mentha spp*) in three pots: one with compost control, another with coconut fiber substrate and the last one with a 1:1 mixture of eggshells and compost. Morphological characteristics were measured, such as leaf color and stem height; also, some physical and chemical properties of the soil were measured, such as color, texture, plasticity, adherence, structure, pH, organic carbon content, carbonate content. The results showed that the plants germinated with better appearance in the soil fertilized with egg, since this contains quantities of calcium and phosphorus that are fundamental for their growth, in addition to providing fulvic and humic acids and humins necessary for the stability of the soil structure and the retention of nutrients.

Keywords: organic fertilizer; egg shells, substrate, morphological characteristics, physical and chemical properties of the soil.

INTRODUCCIÓN

Las plantas ocupan la mayor parte del planeta, y el hombre, como ser habitante de este, coexiste con estos seres vivos en gran parte de su contexto cotidiano. Es importante que el hombre tenga una relación con las plantas en la cual puedan tener un beneficio mutuo y puedan habitar en armonía (Almaraz-Abarca et al., s.f.).

Eso quiere decir que tanto plantas como humanos deben lograr una relación simbiótica y, por tal motivo, en este trabajo se busca que ambos obtengan beneficios usando opciones variadas para la buena promoción de esta relación y no simplemente una explotación sin beneficio mutuo (Rosa Guerrero y Bonilla Correa, 2010). Por ello, se explora la planta de la menta (*Mentha spp*) como eje central de este trabajo, mediante el uso de diferentes alternativas que permitan obtener el mayor provecho de esta planta. De esta manera, se evaluará el crecimiento, la morfología de la planta y el análisis fisicoquímico del suelo con el uso de fertilizaciones alternativas para la producción de esta planta. En el suelo se analizan factores como el pH, la textura, la consistencia y los nutrientes que afectan al crecimiento de la menta mediante métodos in situ. Por otro lado, los aspectos morfológicos permiten evaluar el aprovechamiento que la planta hace de los nutrientes aplicados, y las modificaciones que este estudio plantea, mediante el color de las hojas, la altura, el diámetro del tallo, el ancho de hojas y el número de estas. Al finalizar, se concluye sobre la manera en que las plantas de menta pueden ser cultivadas a partir del uso de abonos enriquecidos con cáscaras de huevo, para promover una cultura más sostenible con el suelo y los residuos generados por el hombre.

ASPECTOS TEÓRICOS

La menta (*Mentha spp*) es una planta perenne que tiene numerosos tallos con hojas pequeñas y lanceoladas. Es una planta vivaz, con tallos muy ramificados, que puede alcanzar una altura de entre 30 a 70 cm. Las hojas de la Menta spp son pecioladas, opuestas, ovaladas, de color verde oscuro y, finamente, nervadas de rojo. Tanto las hojas como los tallos suelen ser ligeramente vellosos (Ceriní Trevisan et al., 2017; Rosa Guerrero y Bonilla Correa, 2010).

Para la producción de menta se requiere de elementos clave para su crecimiento y desarrollo óptimos, como luz solar parcial a total, de manera que complete al menos de cuatro a seis horas de luz solar directa, aunque también puede tolerar algo de sombra. Por otro lado, el suelo debe ser fértil, bien drenado y que vaya de ligeramente ácido a ligeramente alcalino. Incluso se pueden emplear suelos ricos en materia orgánica (Rosa Guerrero y Bonilla Correa, 2010). En cuanto al riego, se prefieren suelos húmedos, pero bien drenados, por lo que se debe regar regularmente para mantener el suelo uniformemente húmedo, y así evitar el encharcamiento para no generar enfermedades en las raíces de la planta (Franco et al., 2023). Por ello, se suelen hacer recomendaciones de siembras en suelos con textura franco a franco-limosa, lo cual permite una buena retención de agua, sin que se vuelva compacto, sumado a una estructura granular, para garantizar buena porosidad y movimiento del agua y el aire (Labiser, s. f.). La planta puede tolerar temperaturas cálidas, pero también ambientes frescos, de modo que cumpla con los requerimientos de luz mencionados.

Por tanto, a la hora de sembrarse, debe hacerse a una distancia de 10 a 15 cm entre filas, y entre 3 a 5 cm entre plantas para que las raíces tengan espacio suficiente para expandirse a través de rizomas, y para que no haya competencia con otras plantas; de lo contrario es recomendable plantarla en contenedores individuales (Rosa Guerrero y Bonilla Correa, 2010).

Por otro lado, el estudio químico del suelo es importante dado que permite su textura, estructura y otras características para poder mejorar la toma decisiones frente a aspectos que pueden potenciar la productividad, la enmienda y la fertilización adecuadas al suelo estudiado. Por ello, es importante conocer el pH, la capacidad de intercambio catiónico, la acidez intercambiable, el contenido de macronutrientes (siendo nitrógeno-potasio-fósforo los esenciales) y micronutrientes, el contenido de carbonatos y la materia orgánica, la cual aporta nutrientes provenientes de animales muertos o de la vegetación, así como da un mejoramiento físico-químico en el suelo (Blanco Sandoval, 1994).

En este sentido y de acuerdo con las investigaciones realizadas por Franco *et al.* (2023), se reportan dosis de nutrientes absorbidos por la *Mentha spp.*, especialmente de nitrógeno, entre 60 y 120 kg/ha; de potasio entre 120 y 180 kg/ha, y fósforo en dosis mínimas de 100 kg/ha. Los autores mencionan que la adición de biofertilizantes tiene la función de solubilizar al nitrógeno y fósforo para mejorar la producción de menta. Este manejo permite cosechar hojas en cualquier momento una vez la planta tenga suficiente follaje y con preferencia antes de que comience a florecer. Es importante

realizar un monitoreo frecuente en hojas, tallos y suelo para detectar posibles plagas, como pulgones o ácaros y enfermedades, como el mildiú polvoriento (Franco *et al.*, 2023).

Dentro de las fuentes de nutrientes disponibles para las plantas, Stewart (2007) menciona la importancia de mejorar el uso eficiente de los fertilizantes de síntesis química mediante parámetros como el tiempo, la dosis, el estado fenológico y la presentación de los mismos. Sin embargo, estos fertilizantes pueden generar inconvenientes con el ambiente cuando son arrastrados o lixiviados a cuerpos de agua. Por ello, se considera la fertilización orgánica a partir de la maduración de residuos orgánicos (Salas-Pérez *et al.*, 2010; Rippy *et al.*, 2004), procedimiento que comúnmente se conoce como elaboración de compostajes mediante la mezcla de materia orgánica, que en condiciones aeróbicas se descompone formando compuestos más pequeños empleados para mejorar la estructura del suelo y suministrar nutrientes (Román *et al.*, 2013). Estos autores indican que para realizar un compostaje el proceso se divide en cuatro etapas: la primera es la fase mesofílica, la cual da comienzo a la descomposición de materia orgánica de compuestos solubles; la segunda es la termófila, que sigue la degradación de los compuestos más complejos; la fase tres es el enfriamiento, es decir, la eliminación a gran escala del carbono y el nitrógeno; la última fase es de maduración, que es la generación de ácidos húmicos y fúlvicos. El resultado final del compostaje se caracteriza por tener gran cantidad de nutrientes, los cuales son utilizados en forma de fertilizantes como complemento a los nutrientes provenientes del suelo, en caso que este no alcance a

suplir los requerimientos nutricionales de la planta.

Las cáscaras de huevo son uno de los residuos orgánicos menos empleados en el proceso de formación de abonos madurados, que originalmente tienen la función de reservar minerales para el embrión, la cual es como una membrana semipermeable que permite el intercambio gaseoso y de agua. Estas cáscaras le pueden aportar al compostaje importantes nutrientes, ya que están compuestas por minerales y proteínas, que contienen el 94 % total de carbonato de calcio. Además contiene entre 3 % y 3,5 % de compuestos orgánicos como glicoproteínas, aminoácidos, al igual que otros componentes minoritarios, como carbonato de magnesio 1 %, fosfato de calcio 1 %, y materia orgánica entre 3,5 % y 4 % en términos de glicoproteínas y proteoglicanos; fracciones ricas en arginina y glutamina. También contiene boro (B), estroncio (Sr), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), azufre (S), silicio (Si) y zinc (Zn) (Bedoya y Valencia, 2020); elementos que, exceptuando al estroncio, son considerados micronutrientes del suelo y son fundamentales en los procesos fisiológicos de las plantas.

Por otro lado, la *Mentha spp* en su relación simbiótica con el hombre tiene varios usos, por ejemplo, el aceite esencial, el cual es empleado para refrescar y relajar; además, ayuda a aliviar dolores musculares y contracturas; también, sirve para calmar los nervios y la ansiedad, así como para facilitar el sueño; en gastronomía, sirve como condimento. Sus principales componentes son mentol, mentola y carvona; además, constituye un importante recurso

económico utilizado en la industria para la preparación de medicamentos, dulces, licores y perfumes (Carriel-Lajes, 2023). Para poder tener un buen aprovechamiento de la planta en la extracción de sus aceites hay que tener en cuenta que es adaptable a diferentes condiciones de clima y suelo. Su rendimiento de aceite puede verse afectado por factores bióticos y abióticos. En invernaderos, la menta se produce con buen rendimiento, pero, en la temporada de lluvias, la producción disminuye debido a los días fríos y con baja luminosidad. En este tiempo, las pérdidas pueden alcanzar el 70 % debido al impacto de las gotas de lluvia que dañan las hojas. La menta es sensible a las heladas y requiere lluvias abundantes y elevada luminosidad (Rosa Guerrero y Bonilla Correa, 2010).

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

El crecimiento de una planta como la *Mentha spp* requiere de nutrientes fundamentales para su productividad, ya que cuando un suelo no los provee se generan deficiencias nutricionales, como el amarillamiento de la hoja, y la disminución de su crecimiento en raíces, tallo, flores y frutos. Esto se refleja en su desarrollo y rendimiento, y para ello se quiere implementar un sustrato y fertilizante como las cáscaras de huevo en la siembra de esta yerba aromática. Estas cáscaras normalmente son desechadas a diario, y en Colombia esto se representa en un 61 % de los residuos orgánicos (Breukers y Puentes, 2021). Teniendo en cuenta lo anterior, esta cáscara se desaprovecha en su capacidad de uso como fertilizante por su alto contenido en carbonato de calcio, y puede darse la posibilidad de crear un sistema productivo, económico y orgánico a futuro, puesto que,

de acuerdo a Corficolombiana, citado por Pardo Orbigozo (2022), el país importa 2,1 millones de toneladas de fertilizantes químicos, que pueden ser sustituidos por abonos orgánicos enriquecidos con calcio y fósforo provenientes de cáscaras de huevo. De este modo, la pregunta problema en la que se centra este estudio es ¿cómo mejorar la calidad de un compostaje a partir del uso de residuos orgánicos que no son tomados en cuenta frecuentemente en el uso de este tipo de abonos como las cáscaras del huevo?

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema de producción usando abono orgánico a partir de cáscaras de huevo, con el fin de reducir los residuos orgánicos generados en una familia, promoviendo así la agricultura sostenible.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Generar un abono a partir de residuos orgánicos incorporando cáscaras de huevo para aportar contenidos de calcio y fósforo en el suelo.
2. Comparar la efectividad del abono aplicado al suelo midiendo en la planta características morfológicas durante su crecimiento, con el fin de justificar la importancia de la adición de las cáscaras de huevo en el abono y en el sistema de producción desarrollado.

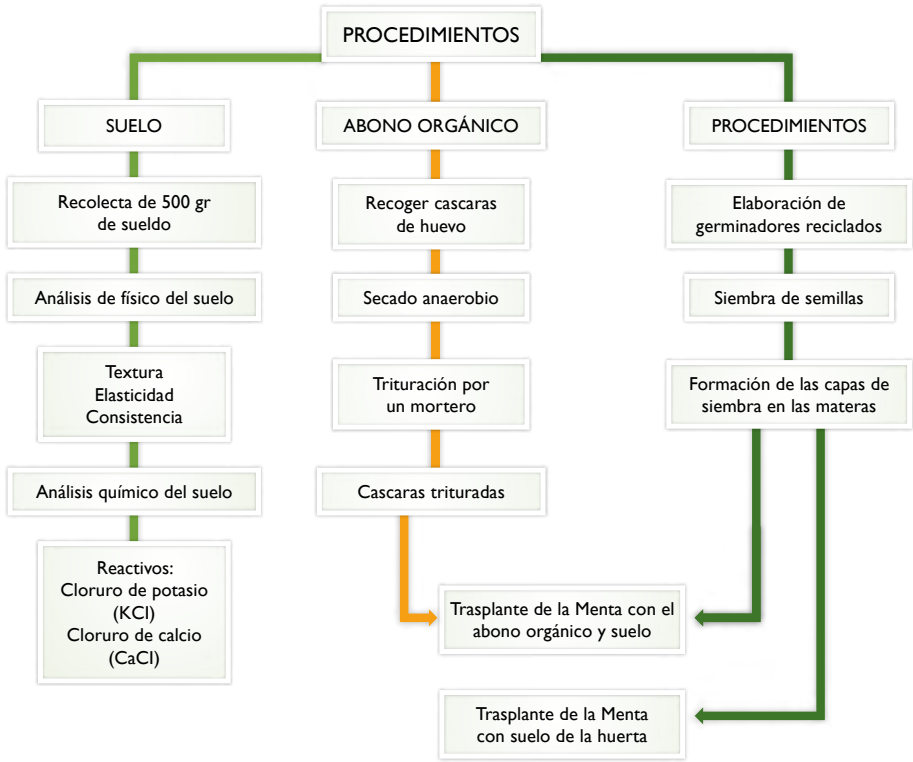
MÉTODO

El estudio se llevó a cabo durante tres meses dentro de la Uniagraria. Inició con un análisis del suelo orgánico de la huerta de la universidad y se utilizaron 500 gramos de suelo para hacer un análisis físico en cuanto a textura, consistencia, elasticidad; así como un análisis químico del pH, el contenido de carbonatos y de carbono orgánico. En seguida, se elaboraron semilleros a partir de material reciclado, como botellas de plástico cortadas a la mitad, (solamente se utilizó la parte inferior), y vasos de yogurt como germinadores de dichas semillas. La germinación se demoró alrededor de quince a veinte días, con riego cada cuatro días a temperatura ambiente. Simultáneamente, se recolectaron las cáscaras de huevo y se dejaron secar a temperatura ambiente. Después, se trituraron las cáscaras con un mortero hasta alcanzar un tamaño promedio de 5 mm. Finalmente, se trasplantaron en distintas materas: la primera tenía dos capas, en la inicial se usó suelo orgánico de la huerta y en la siguiente capa se pusieron las cáscaras de huevo. Esto se hizo varias veces hasta completar $\frac{3}{4}$ del volumen de la matera. En la segunda matera solamente se usó el suelo de la huerta, y en la tercera solamente se puso sustrato de coco.

A medida que avanzó el proceso se observó el crecimiento, la intensidad del color en sus hojas, su forma característica, su olor peculiar y el tiempo de crecimiento.

Figura 1.

Procedimientos



Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL SUELO DE LA HUERTA (ABONO ORGÁNICO)

La etapa inicial del estudio implica hacer un análisis tanto físico como químico in situ del suelo en la huerta universitaria, con el fin de identificar sus características particulares y

posibles interferentes del crecimiento de las plantas a sembrar. El suelo empleado para analizar sus propiedades físicas en el laboratorio fue secado al aire durante una semana, luego pulverizado y pasado por un tamiz de 0,2 mm (ver figura 4c).

En cuanto a propiedades químicas, se obtuvo un pH de 6,3 en campo, mientras que en laboratorio (ver figura 2a). Las muestras con agua 1:1 dieron un valor de 6,4, mientras que en solución de CaCl₂

0,1 N 1:1 el pH fue de 6,6; en solución de KCl 0,1N 1:1 fue de 6,3. La determinación de carbono orgánico al emplear gotas de peróxido de hidrógeno fue positiva porque generó bastante efervescencia, lo cual indica un alto contenido de carbono

orgánico (ver figura 2b); mientras que la prueba de carbonatos con ácido acético al 10 % dio negativa, lo que indica que no hay presencia de carbonatos en la muestra (ver figura 2c).

Figura 2.

Evaluación de algunos parámetros químicos in situ del suelo.

a. pH. b. Carbono orgánico. c. Carbonatos.



Fuente: elaboración propia.

En relación con algunas propiedades físicas, se midió la textura en los primeros 5 cm del suelo, lo cual dio como resultado una textura tipo franco (ver figura 3a). Dentro de la consistencia, en suelo seco es blando, es decir, que los terrones de suelo se deshacen fácilmente si se aplica presión con los dedos; esto también sucede cuando el suelo está húmedo. En suelo mojado es ligeramente adherente

porque se queda pegado a los dedos, sin que se note estiramiento al separarlos, y es plástico porque se puede hacer un cordón que al romperse se amasa y se vuelve a formar (ver figuras 3b y 3c). Finalmente, se puede ver que el suelo tiene una estructura de tipo granular en mayor proporción con algunos bloques subangulados (ver figura 3d).

Figura 3.

Evaluación de algunos parámetros físicos *in situ*, del suelo.

a. Textura, b. adherencia, c. plasticidad, d. estructura.



Fuente: elaboración propia.

PREPARACIÓN DE SUSTRATOS Y NUTRIENTES

En segunda estancia, el estudio requería de una preparación previa del sustrato en el que germinaron las semillas de *Mentha spp* y de los nutrientes que se aplicaron al suelo, de acuerdo con los resultados obtenidos en la caracterización del suelo anterior:

En este proceso, se trituraron las cáscaras del huevo para reducir el tamaño de sus partículas, con el fin de mejorar su incorporación en el suelo, con un tamaño de hasta de 0,5 cm (ver figura 4a). Posteriormente, se colocaron las semillas de *Mentha spp* en tres sustratos diferentes: sustrato de coco, como se observa en la figura 4b, suelo abonado y con cáscaras de huevo (suelo al que de aquí en adelante se nombrará como SCCH), y suelo abonado

sin cáscaras de huevo, pero pasado por tamiz de 2 mm (suelo al que de aquí en adelante se llamará SAC) (ver figura 4c). Las semillas no germinaron con el sustrato de coco, ya que no se tuvo en cuenta el tamaño de las mismas con respecto al del poro del sustrato, por lo cual las semillas se hundieron y murieron porque salieron del semillero debido a la fuerza de caída de una cantidad muy alta de gotas de agua, causado por el riego a chorro que fue suministrado. Lo recomendable es emplear un aspersor para que las gotas sean pequeñas y caigan de manera suave al sustrato. Por esto mismo, no se trasplantó a una tercera materia, como se había previsto inicialmente. Para la elaboración de los germinadores, se cortaron las botellas a la mitad y se usó solamente la parte inferior; además, se usaron vasos de yogurt y otros recipientes plásticos.

Figura 4.

Preparación del suelo. **a.** Cáscaras de huevo. **b.** Sustrato de coco. **c.** Abono tamizado.



Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS DE GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO

Finalmente, en la figura 5 se muestran las características morfológicas medidas durante el tiempo de germinación, trasplante y crecimiento de las plantas de *Mentha* spp. De acuerdo con los sustratos empleados, las primeras semillas en germinar fueron las que se pusieron en el suelo abonado y tamizado sin cáscaras de

huevo a los veinte y cuarenta días después de la siembra, como se observa en las figuras 5a y 5b. Además, se observaron algunas raíces de color violeta con algunos rizomas, lo que indica la calidad de la nutrición que estas plántulas tienen. En otros recipientes a los cuarenta días después de sembrado se observó la altura que ganaron las plántulas, el número de hojas y la firmeza en comparación con los veinte días previos (ver figura 5c).

Figura 5.

Germinación y Crecimiento. **a y b.** plántulas 20 días después de sembrado. **c.** Plántulas 40 días después de sembrado.



Fuente: elaboración propia.

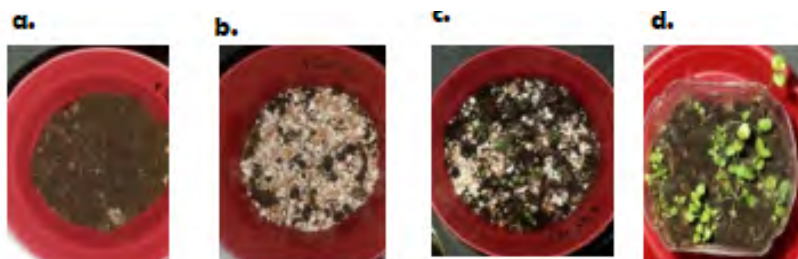
SIEMBRAS DE LAS PLÁNTULAS

Debido a que había bastantes plántulas en los recipientes de germinación y a que tenían el tamaño adecuado para trasplantarlas, se procedió a preparar los tipos de suelo en los que se iba a continuar el experimento. Se dispuso una materia con (SAC) como control con el fin de poder comparar el crecimiento diferencial de las plántulas con el efecto de las cáscaras de huevo (ver figura 6a). Se preparó otra materia con varias capas

para obtener el SCCH así: la primera capa tenía suelo obtenido en el huerto de la universidad con el fin de llevar un control del mismo; la segunda capa de la siembra era de cáscara de huevo triturada, este proceso se hizo con el fin de que la mayor parte del suelo tuviera el componente, distribuido equitativamente y para que las raíces pudieran obtener los beneficios de las cáscaras(ver figuras 6b y 6c). Se repitieron dos capas más, una de suelo y otra de cáscaras de huevo, para finalmente trasplantar la plántulas(ver figura 6d).

Figura 6.

- Trasplante de las plántulas. a. Suelo abonado sin cáscaras (control). b. Suelo con capas de cáscara de huevo. c. Plántulas en suelo con cáscaras de huevo. d. Plántulas en suelo abonado sin cáscaras de huevo.*



Fuente: elaboración propia.

Se pudo observar que el crecimiento de las plántulas en el SAC fue más tardío en comparación con las plántulas sembradas en SCCH. Esto se debe a que este suelo, a pesar de estar abonado, no tiene los componentes que la cáscara aporta, como el calcio y otros que permiten la reducción de acidez del suelo.

ALGUNOS RESULTADOS MORFOLÓGICOS DURANTE

EL CRECIMIENTO DE LAS PLÁNTULAS

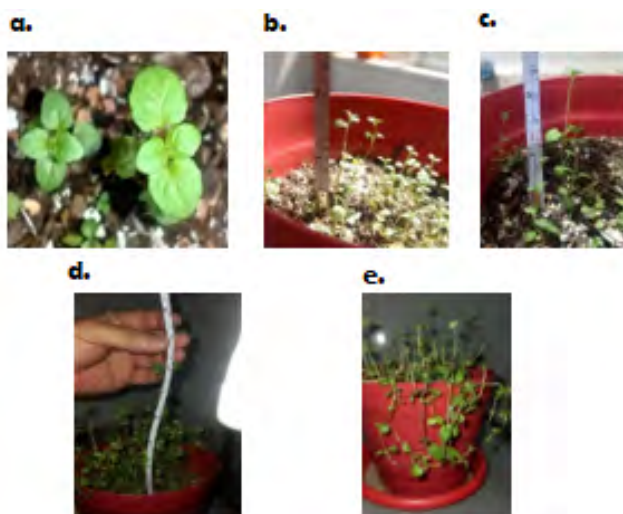
En primer lugar, se observaron características generales de las plantas de *Mentha* spp, como sus hojas en forma ovalada, su punta redonda semiespinada; en sus extremos se observó la terminación en puntas de espina a medida que iba creciendo (ver figura 7a). A partir del primer día del trasplante se hicieron

observaciones frecuentes sobre algunas características morfológicas, como la altura y la cantidad de hojas de cada planta. A los 7 días después del trasplante (ddt), las plántulas en SCCH tenían una altura de 4,5 cm y 7 hojas (ver figura 7b); mientras que en SAC, las plantas mostraron poco crecimiento y número de hojas. A los 12 ddt se observó un tallo bastante largo, con un crecimiento de 1,5 cm, llegando así a 6

cm y la misma cantidad de hojas (ver figura 7c). Al cabo de 107 ddt, la planta tenía una altura de 9 cm y el doble de hojas por tallo, pero tenían un color más intenso, hojas más fuertes y gruesas que no se doblaban, en comparación con las de SAC (ver figura 7d y 7e). Esto posiblemente debido a los nutrientes que el suelo le podía extraer a las cáscaras de huevo, especialmente iones de calcio y fósforo.

Figura 7.

Características morfológicas. a. Forma de las hojas. b. Altura siete (ddt). c. Altura a doce ddt. d. 107 ddt en SCCH. e. 107 ddt en SAC.



Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL SUELO DE LA HUERTA (ABONO ORGÁNICO)

La menta se adapta mejor a suelos francos, como los que se tienen en la huerta de Uniagraria. Esto significa que el suelo permite un intercambio catiónico moderado entre los nutrientes presentes en este y los requerimientos nutricionales de la planta. Además, cuenta con una

estructura granular de consistencia blanda, dominada por la presencia de partículas de arena, pero con el suficiente contenido en arcilla y sedimentos para tener suficiente cantidad de poros para el movimiento del agua, riego y aire (Navajas, 2019). Esto es importante, ya que la menta prefiere suelos húmedos, por lo que es importante que el suelo retenga suficiente agua para mantener la hidratación de la planta. Esta capacidad de retención de agua se relaciona con la textura y la estructura del suelo por la cantidad de poros grandes, medianos y pequeños que estas características pueden aportar y en los cuales se puede alojar una cantidad importante de agua. Por ejemplo, una textura arenosa con estructura suelta aportaría poros grandes, pero el agua no se retendría porque no habría interacciones moleculares entre el agua y los óxidos de silicio de la arena. Mientras que un suelo franco (con cierto porcentaje de arena, limos y arcilla medios) y una estructura subangulada aportaría poros medios y pequeños, en los que estas interacciones moleculares sí se podrían efectuar, primero porque además de óxidos de silicio hay otros minerales que forman parte de las arcillas, como iones de hierro, potasio, sodio, entre otros; segundo, porque las distancias entre estos minerales son más cortas que en suelos de estructura suelta. Cuando el suelo tiene una adecuada capacidad de retención de agua, las plantas que la requieren de manera continua para su crecimiento y otros procesos fisiológicos, como el enfriamiento por transpiración (Fernández *et al.*, 2024).

Adicionalmente, el suelo franco de la huerta presenta un pH en campo entre 6 y 7, es decir, ligeramente ácido. Esto fue confirmado con las pruebas de laboratorio en soluciones de agua en proporciones 1:1,

con un valor de 6,4. Esto significa que la cantidad de hidrogeniones presentes en el suelo le permite a la mayoría de cationes, como Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , PO_4^{3-} , entre otros, estar disponibles para que la planta los absorba fácilmente, mientras que cationes como el Al^{3+} , el Cd^{2+} , Mn^{2+} , $Fe^{2+/3+}$, entre otros, no los puede asimilar, ya que se pueden tornar tóxicos, y causar deficiencias nutricionales e inhibir procesos fisiológicos irreversibles. El pH en soluciones de $CaCl_2$ y KCl indica la posibilidad de intercambio catiónico del calcio y el potasio, liberando mayor cantidad de hidrogeniones a la solución del suelo. Los valores obtenidos en el suelo de la huerta indican que este tipo de intercambio no se produce, ya que el pH se mantiene estable y baja solamente 0,1 unidad. Esta característica es importante, ya que implica la estabilidad de pH que el suelo franco tiene junto con el efecto de amortiguación que brindan las moléculas orgánicas propias del compostaje, tales como huminas, ácidos fúlvicos y húmicos (Fernández *et al.*, 2024).

PREPARACIÓN DE LOS SUSTRATOS Y NUTRIENTES

Ahora bien, una de las maneras para lograr que el suelo pueda tener mejores condiciones y beneficios es mezclando elementos para que así se puedan dar las condiciones de siembra anteriormente mencionados para la menta. La fibra de coco, también llamada turba de coco, es un muy buen sustrato. Este proviene de las partes vegetales de esta fruta que son desechadas durante el proceso de obtención del fruto. Se presenta en forma de pastillas de diversos pesos, que al estar sumergidas en agua se expanden hasta formar un sustrato suelto, altamente

poroso, que va a permitirle a las semillas germinar e ir expandiendo sus raíces anclándose a las fibras de la turba para impulsarse en contra de la gravedad, de modo que pueda aparecer en la superficie del suelo (Fernández *et al.*, 2024). Sin embargo, para el tamaño de las semillas de *Mentha spp.*, esta alta porosidad fue un inconveniente, ya que son muy pequeñas, por lo que se puede concluir que su tamaño es menor que el de los poros extendidos. Esto permitió que las semillas pasaran directamente sin que se pudieran fijar a las fibras, así que es posible que se hayan barrido o lixiviado junto con el agua en el momento del riego.

Una vez germinadas y trasplantadas las plántulas es importante seleccionar el tipo de suelo en el cual se sembrarán definitivamente, ya que, de acuerdo con Yügsi (2011), el compostaje aporta en las plantas un diferencial en su crecimiento y desarrollo comparado con la fertilización química, porque los materiales de origen animal, como estiércoles, cáscaras de huevo, huesos, o aquellos de origen vegetal, como malezas, desechos de hortalizas o cosecha, aportan no solamente macro y micronutrientes, sino también bioestimulantes, como aminoácidos y estabilizantes de pH, como los ácidos fúlvicos, húmicos y huminas, que a la vez actúan como hidrogeles estabilizadores de la estructura del suelo, proporcionando un mejor anclaje de nutrientes y de raíces. Los materiales orgánicos aportan diferentes contenidos de nutrientes o alimento para las plantas dependiendo de la fuente, el grado de descomposición y manejo que se le dé.

Sumado a lo anterior, un compostaje enriquecido con cáscaras de huevo aporta un alto porcentaje de carbonato de calcio, al igual que micronutrientes, como boro,

cobre, zinc, manganeso, azufre, entre otros. Estos elementos normalmente no son aplicados con la fertilización química tradicional, a menos que se trate de una deficiencia causada por la ausencia de alguno de ellos en el suelo (Fernández *et al.*, 2024). Por otro lado, el carbonato de calcio ajusta la acidez de los suelos, porque la adición de grandes cantidades de abono orgánico, por su contenido de ácidos orgánicos, puede descender el pH del suelo, generando la posible disponibilidad de cationes tóxicos para las plantas, como se discutió anteriormente.

RESULTADOS DE GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO

En la última década han aumentado los estudios sobre el efecto que causa la sustitución de fertilizantes químicos por abonos orgánicos debido a que con estos últimos las plantas tienen mayor crecimiento y son más saludables para su consumo que los primeros. La razón de esto es por el alto contenido de micronutrientes que absorben frente a los cultivados de manera tradicional, así que la nutrición de la planta es un factor importante que aumenta tanto su productividad como la concentración de componentes bioactivos de alto interés industrial; en este caso, mejora la calidad de los aceites esenciales y su efecto medicinal (Giovanni Costa *et al.*, 2013). Durante el crecimiento y desarrollo, la menta exhibe cambios fitoquímicos y fisiológicos que pueden impactar la concentración de los principales biocomponentes, especialmente si estos cambios surgen de factores bióticos y abióticos; es decir, modificaciones en la fertilización, tipo de siembra, manejo de plagas, cambios en las condiciones edafoclimáticas (Tepecik *et al.*, 2022).

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se pudo observar que el abono enriquecido con las cáscaras de huevo permitió una mejor coloración en la hojas de las plántulas durante la germinación y su crecimiento posterior; además de mayores longitudes con mayor número de hojas y plántulas por materia que con el abono tomado directamente de la huerta de la universidad. Esto corrobora las afirmaciones encontradas en la revisión de literatura (Giovanni Costa *et al.*, 2013; Tepecik *et al.*, 2022; Cano Gallego *et al.*; 2023). Adicionalmente, se encontraron resultados similares a los reportados por Yugsi (2011), en cuanto a una mejor estructura, consistencia, capacidad de retención en el suelo respecto a propiedades físicas; así como un contenido de micronutrientes más alto y estabilidad de acidez debido al contenido de carbonato de calcio y fosfato que las cáscaras de huevo aportan sin necesidad de realizar encalamientos para subir el pH del suelo, que es tradicionalmente ácido (5,6 a 5,8) en comparación uno más neutro (6,3), necesario para este tipo de cultivo.

CONCLUSIONES

En el proceso de preparación del suelo para el cultivo de plantas se ha logrado establecer un equilibrio óptimo entre la disponibilidad excesiva y la escasez de diversos nutrientes y compuestos esenciales. Este balance cuidadosamente gestionado garantiza que el suelo ofrezca las condiciones ideales para el desarrollo adecuado de las plantas al proporcionar los elementos necesarios en cantidades adecuadas. Este enfoque integral y equitativo busca crear un entorno propicio para el crecimiento vegetal, maximizando

así el potencial de rendimiento y la calidad de los cultivos.

La presencia de las cáscaras de huevo incorporadas en el suelo destinado para la siembra de la plántula (*Menhta piperita*) aporta elementos esenciales para el desarrollo y crecimiento, como iones de calcio y fósforo, pero también ayuda a la estabilidad de pH neutro en el suelo, para mejorar el proceso de absorción de otros nutrientes que están disponibles.

Se compararon las características morfológicas y la efectividad del abono aplicado al suelo en la menta durante su crecimiento, demostrando que la adición de las cáscaras de huevo presenta resultados favorables, como lo fue un crecimiento de tallo en mayor proporción al normal, color vivo y formas ovaladas en la hoja e incluso la cantidad de plántulas obtenidas. Adicionalmente, se considera que la continuidad en prácticas, como las que se promueven en este proyecto, aporta acciones significativas en algunos objetivos de desarrollo sostenible.

RECOMENDACIONES

- Al utilizar la cáscara triturada el suelo tardó más tiempo en absorber los nutrientes que esta proporciona. Por lo tanto, se recomienda aplicarla pulverizada para que, al momento de regar con un spray, se integre más fácilmente en el suelo y pueda ser absorbida de manera más eficiente.
- En el proceso de germinación se sugiere dejar un espacio adecuado entre semillas para evitar que en el momento de trasplante se puedan dañar las raíces, ya que son delgadas y suelen estar enredarse entre ellas.

- Es recomendable mantener un control apropiado de la planta, incluso en su pico de crecimiento más eficiente, debido a que varios factores pueden afectarlo, como lo pueden ser nuevas plagas, cambio de suelo, adición de abono, riego, etcétera.

REFERENCIAS

- Almaraz-Abarca, N., Ávila-Reyes, J. A., Delgado-Alvarado, E. A., Naranjo-Jiménez, N. y Herrera-Corral, J. (s. f.). *El metabolismo secundario de las plantas, un nuevo concepto*. <https://typeset.io/pdf/el-metabolismo-secundario-de-las-plantas-un-nuevo-concepto-12esvfdjww.pdf>
- Bedoya-Salazar, A. y Valencia-González, M. P. (2020). Usos potenciales de la cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus domesticus*): una revisión sistemática. *Revista Colombiana de Ciencia Animal (RECIA)*, 12(2), e776. <https://doi.org/10.24188/recia.v12.n2.2020.776>
- Blanco Sandoval, J. O. (1994). *Los análisis de suelos y su aplicación en la fertilización de cultivos*. Agrosavia. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/31547>
- Breukers, L. y Puentes, F. (2021). Tratamiento de residuos sólidos en el marco del servicio público de aseo. https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/20210806-entregable-1-v5-definitiva_0.pdf
- Cano Gallego, L. E., Tamayo Molano, Á. de J., Ortiz Muñoz, C. y Henao Rojas, J. C. (2023). Response of Mint (*Mentha Spicata* L.) Crops to Chemical and Organic Fertilization. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 76(3), 10465–10471. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v76n3.102451>
- Carriel Laje, J. D. (2023). *Cultivo de plantas medicinales, aromáticas y gastronómicas. Una alternativa de trabajo para la agricultura familiar campesina en el Cantón Vinces* (Bachelor's thesis, BABAHOYO). <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/14101>
- Cerini Trevisan, S. C., Paes Menezes, A. P., Barbalho, S. M. y Landgraf Guiguer, É. (2017). Properties of *Mentha Piperita*: A Brief Review. *World Journal of Pharmaceutical and Medical Research*, 3(1), 309-313. https://www.researchgate.net/profile/Sandra-Barbalho/publication/317290799_PROPERTIES_OF_MENTHA_PIPERITA_A_BRIEF_REVIEW/links/5930af11a6fdcc89e7845f37/PROPERTIES-OF-MENTHA-PIPERITA-A-BRIEF-REVIEW.pdf
- Giovanni Costa, A., Vilela Bertolucci, S. K., Chagas, J. H., Oliveira Ferraz, E. y Brasil Pereira Pinto, J. E. (2013). Biomass Production, Yield and Chemical Composition of Peppermint Essential Oil Using Different Organic Fertilizer Sources. *Ciência e Agrotecnologia*, 37(3), 202-210. <https://www.scielo.br/j/cagro/a/8sV4Y5tfCQM5wwSGQxJ85RG/?lang=en>
- Fernández-Rodríguez, J. P., Álvarez-Herrera, J. G., Jaime-Guerrero, M. (2024). Propiedades físicas de un suelo sometido a la aplicación de diferentes cantidades de materia orgánica de escarabajo. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 27(2):e2561. <https://doi.org/10.31910/rudca.v27.n2.2024.2561>

- Franco, G., Osorio Durango, É. J., Sierra Henao, K. A., Cortés Vera, A. J., López Hernández, L. F., Castro Restrepo, D., ... y Madoñero Solarte, I. A. (2023). *Producción de menta (Mentha spicata L.) y su aprovechamiento agroindustrial*. Agrosavia. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.analisis.7406405>
- Labiser. (s. f.). *¿Cuál es la textura más adecuada para cultivar?*. Laboratorio Agroalimentario especializado en análisis agrícolas y del sector alimentario. <https://labiser.es/textura-mas-adeuada-para-cultivar/>
- Navajas García, Roberto. (2019). Estudio de viabilidad técnica y económica del cultivo de Menta piperita en Galicia [Tesis de grado, Universidad Politécnica de Madrid]. https://oa.upm.es/57069/1/TFG_ROBERTO_NAVAJAS_GARCIA.pdf
- Pardo, J. C., Orbegozo, M. C. (2022). *Bioinsumos: panorama y oportunidades para el agro colombiano*. Corficolombiana. <https://investigaciones.corficolombiana.com/documents/38211/0/2022-08-23%20Perspectiva%20Sectorial%20-%20Agroindustria%20bioinsumos2.pdf/b70b971d-0923-a695-9b37-717ca1298a79>
- Rippy, J. F. M., Peet, M. M., Louws, F. J., Nelson, P. V., Orr, D. B. y Sorensen, K. A. (2004). Plant Development and Harvest Yield of Greenhouse Tomatoes in Six Organic Growing Systems. *HortScience* 39(2), 223-229.
- Román, P., Martínez, M. M. y Pantoja, A. (2013). *Manual del compostaje del agricultor, experiencias en América Latina*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <http://www.fao.org/docrep/019/i3388s/i3388s.pdf>
- Rosa Guerrero, M. y Bonilla Correa, C. R. (2010). *Menta (Mentha spp.): producción y manejo de poscosecha*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/12923>
- Salas-Pérez, L., Preciado-Rangel, P., Esparza-Rivera, J. R., Álvarez-Reyna, V. de P., Palomo-Gil, A., Rodríguez-Dimas, N. y Márquez-Hernández, C. (2010). Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 355-360. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-5779201000400007
- Stewart, W. M. (2007). Consideraciones en el uso eficiente de nutrientes. *Informaciones Agronómicas*, 67. <https://www.profertil.com.ar/wp-content/uploads/2020/08/consideraciones-en-el-uso-eficiente-del-nutriente.pdf>
- Tepecik, M., Çolak Esetlili, B., Öztürk, B. y Anaç, D. (2022). Effect of Different Fertilizers on Peppermint-Essential and Non-Essential Nutrients, Essential Oils and Yield. *Italian Journal of Agronomy*, 17(1), 1921. <https://doi.org/10.4081/ija.2022.1921>
- Yugsi, L. (2011). Elaboración y uso de abonos orgánicos. *Boletín Divulgativo*, 410, 34. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2422>

ANÁLISIS DEL SECADO DE HOJAS DE EUCALIPTO (*EUCALIPTUS GLOBULUS LABILL*) SOBRE EL RENDIMIENTO DEL EXTRATO Y EL CONTROL BIOLÓGICO DEL HONGO *FUSARIUM OXYSPORUM DIANTHI*

ANALYSIS OF EUCALYPTUS (*EUCALYPTUS GLOBULUS LABILL*) LEAF DRYING ON THE EXTRATUM YIELD AND BIOLOGICAL CONTROL OF THE FUNGUS *FUSARIUM OXYSPORUM DIANTHI*

Andrés Felipe Casas Cortes¹
Mauricio Aníbal Sierra-Sarmiento²

RESUMEN

El objetivo principal de este estudio fue evaluar el efecto del pretratamiento de secado sobre el rendimiento del extracto obtenido de las hojas de eucalipto (*Eucalyptus globulus Labill*) y el efecto antifúngico del extracto puro y en microemulsión sobre el hongo (*Fusarium oxysporum Dianthi*). El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de ingredientes naturales del programa de Ingeniería Agroindustrial de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia. En esta investigación se realizó un secado a las hojas de *Eucalyptus globulus Labill* a dos tiempos (cuatro a seis horas) y dos temperaturas (35-45°C). Con respecto al efecto del secado, se pudo concluir que luego de tres horas de secado se consigue llegar al equilibrio para la mayoría de los tratamientos, excepto en el caso del tratamiento que empleó una temperatura de 45°C y un tiempo de secado de cuatro horas. Con relación al análisis antifúngico in vitro, este reveló que los extractos de *Eucalyptus globulus Labill* en su estado puro y en microemulsión con aceite de *jatropha* presentan un efecto inhibitorio de crecimiento en concentraciones de 0,5 %-1 %-1,5 % y 1 %-2 % respectivamente frente al hongo fitopatógeno (*Fusarium oxysporum Dianthi*).

Palabras clave: eucalipto, extracto, fusarium, secado, hongo.

¹ Ingeniero Agroindustrial, miembro del Semillero de Investigación en Desarrollo Agroindustrial (DIA) del programa de Ingeniería Agroindustrial adscrito a la Red Institucional de Semilleros de Investigación Red-Uniagraria de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Correo electrónico: casas.andres@uniagraria.edu.co

² Docente de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia del programa de Ingeniería Agroindustrial. Tutor del proyecto de investigación y coordinador del semillero DIA. Correo electrónico: sierra.mauricio@uniagraria.edu.co

ABSTRACT

The main objective of this study was to evaluate the effect of the drying pretreatment on the yield of the extract obtained from eucalyptus leaves (*Eucalyptus globulus Labill*) and the antifungal effect of the pure and microemulsion extract on the fungus (*Fusarium oxysporum Dianthi*). The study was carried out in the natural ingredient's laboratory of the Agroindustrial Engineering program of the Fundación Universitaria Agraria de Colombia. In this research, the leaves of *Eucalyptus globulus Labill* were dried at two times (four to six hours) and two temperatures (35-45°C). Regarding the effect of drying, it was concluded that after three hours of drying, equilibrium was reached for most of the treatments, except in the case of the treatment that used a temperature of 45°C and a drying time of four hours. The in vitro antifungal analysis revealed that the extracts of *Eucalyptus globulus Labill* in their pure state and in microemulsion with *jatropha* oil had a growth inhibitory effect at concentrations of 0.5-1 %-1.5 % and 1 %-2 %, respectively, against the phytopathogenic fungus (*Fusarium oxysporum Dianthi*).

Keywords: eucalyptus, extract, fusarium, dried, fungus.

INTRODUCCIÓN

El sector agrícola desempeña un papel crucial a la hora de satisfacer la demanda cada vez mayor de alimentos y productos agroalimentarios. Sin embargo, enfrenta desafíos persistentes debido a plagas y enfermedades que afectan significativamente la productividad agrícola (Kant Dubey *et al.*, 2020).

La dependencia histórica de pesticidas químicos para el control de plagas y el aumento de la producción de alimentos ha generado varios problemas, incluida la resistencia a las plagas y los efectos adversos para la salud. Además, el uso de agroquímicos que influyen negativamente en el medio ambiente, pues estos provocan contaminación de la atmósfera, el suelo, las aguas subterráneas y superficiales a través de procesos de escorrentía, lixiviación y aspersión (Aamu y Abebe, 2022).

Además, los pesticidas sintéticos se han asociado con diversas complicaciones de salud en humanos, que van desde sensibilidades leves y dificultades respiratorias hasta trastornos reproductivos y neurotóxicos, e incluso enfermedades crónicas (Dhankhar y Kumar, 2023).

Abordar estas preocupaciones apremiantes se ha convertido en un imperativo global, con un énfasis principal en la adopción de estrategias de manejo integrado de plagas. Una vía prometedora implica la exploración de especies de plantas y sus metabolitos secundarios, en particular los aceites esenciales (AE) como posibles sustitutos de los productos químicos sintéticos. Los AE son mezclas intrincadas de compuestos bioactivos, que incluyen terpenos, fenoles y aldehídos, que colaboran colectivamente para combatir patógenos tanto de insectos

como de hongos. El uso de agentes insecticidas y antifúngicos botánicos ofrece numerosas ventajas sobre los insecticidas y fungicidas químicos sintéticos. Estos incluyen un impacto ambiental reducido, biodegradabilidad y un riesgo potencialmente reducido de desarrollo de resistencia a los hongos (Salem *et al.*, 2013).

En consecuencia, existe un creciente interés en investigar la eficacia de fuentes botánicas, por ejemplo los AE, como alternativas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, para el manejo de enfermedades fúngicas en diversos ámbitos, como la agricultura, la horticultura y la atención sanitaria (El Hachlafi *et al.*, 2023). Debido a su compatibilidad ecológica y su rápida degradación en el medio ambiente, los AE se han convertido en candidatos atractivos para alternativas biológicas a los productos químicos sintéticos tradicionales (Lengai *et al.*, 2020).

Entre las familias de plantas conocidas por su eficacia contra las plagas, la familia *Myrtaceae* se encuentra en el género *Eucalyptus*, que ha ganado reconocimiento por sus propiedades biológicas y farmacéuticas. Además, varios estudios han informado sobre las propiedades antifúngicas de los AE extraídos de especies de eucalipto. En particular, los AE de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus citriodora* *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake y *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden han demostrado una inhibición eficaz del crecimiento micelial contra varios hongos fitopatógenos (Varo *et al.*, 2017).

Sin embargo, una investigación limitada se ha centrado en la toxicidad de los AE de eucalipto contra los pulgones, que son plagas importantes y vectores de

virus que afectan numerosos cultivos en invernaderos y campos abiertos (Varo et al., 2017).

El objetivo del presente proyecto de investigación fue evaluar el efecto del proceso de secado de las hojas de eucalipto (*Eucalyptus globulus Labill*) sobre el rendimiento del extracto, así como el efecto de la concentración del extracto en el control de crecimiento del hongo *Fusarium oxysporum Dianthi*.

METODOLOGÍA

SECADO DE LAS HOJAS DE EUCALIPTO POR CONVECCIÓN FORZADA

Antes del almacenamiento se realizó un lavado con agua corriente mezclada con hipoclorito 5% para así garantizar la inocuidad de las muestras. El material vegetal se cortó en pequeños cuadros de 1 cm x 1 cm. Se tomó una muestra inicial de 30g de hojas y se depositó en cinco cajas de petri, tres de ellas se destinaron para la extracción y dos para la deshidratación a 105°C. A continuación, se llevaron al horno de convección forzada.

OBTENCIÓN DEL EXTRACTO DE HOJAS DE EUCALIPTO

La extracción se llevó a cabo por triplicado por método Soxhlet y se usó de etanol anhidro. Se tomaron aproximadamente 1,5 a 3g de hojas deshidratadas con humedad ligada adicionando 60ml de etanol anhidro; esto se hizo por medio de siete ciclos por extracción en un tiempo aproximado de seis horas. Posteriormente, se llevó a cabo

una destilación con el fin de eliminar el solvente.

ANÁLISIS ANTIFÚNGICO

Para el análisis de la actividad antifúngica se utilizaron cepas del hongo *fusarium sp*, que fueron proporcionadas por los investigadores de un trabajo anterior de control antifúngico, y se tomó como referencia la metodología de dicha investigación, que fue realizada en la Uniagraria (David Úsuga y López Hernández, 2014). Se evaluó el efecto del tipo de aplicación del extracto en su forma pura y en microemulsión con aceite de *jatropha*.

La técnica de difusión en agar se llevó a cabo sirviendo el agar y el extracto/microemulsión uniformemente en una caja de Petri de forma uniforme, se dejó solidificar y se perforaron pozos de 0,4 cm. De igual manera, se sembraron 0,4 cm de hongo previamente replicado y se dejaron en incubación a 25°C durante una a dos semanas. Se hizo el control del diámetro de crecimiento e inhibición. Para el caso del análisis antifúngico con extracto puro se usaron concentraciones de 0,5%, 1% y 1,5%, y para la microemulsión se realizó a concentraciones de 1% y 2%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

SECADO POR CONVECCIÓN FORZADA

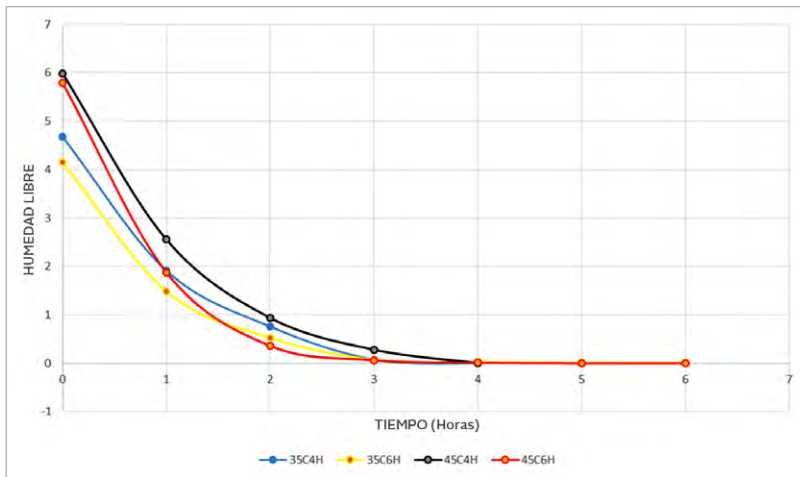
Como se puede observar en la figura 1 se presentan las curvas de secado para las hojas de la planta *Eucalyptus globulus Labill* para temperaturas de 35°C y 45°C. Además, se presenta el cambio

de peso a través del tiempo del material vegetal. Como se puede observar; luego de tres horas de secado se consigue llegar al equilibrio para la mayoría de los tratamientos, excepto el de 45C4H (45oC y 4 horas). Los resultados aquí encontrados son similares a los descritos por Gómez

(2007), para un quimiotipo de *Lippia alba*. Según este autor, se puede conseguir el equilibrio de secado para partes aéreas de la planta en condiciones de secado de entre tres a cuatro horas y temperaturas de entre 35°C a 50°C.

Figura 1.

Curvas de secado de las hojas de *Eucaliptus globulus* Labill a diferentes tiempos y temperaturas.



Fuente: elaboración propia.

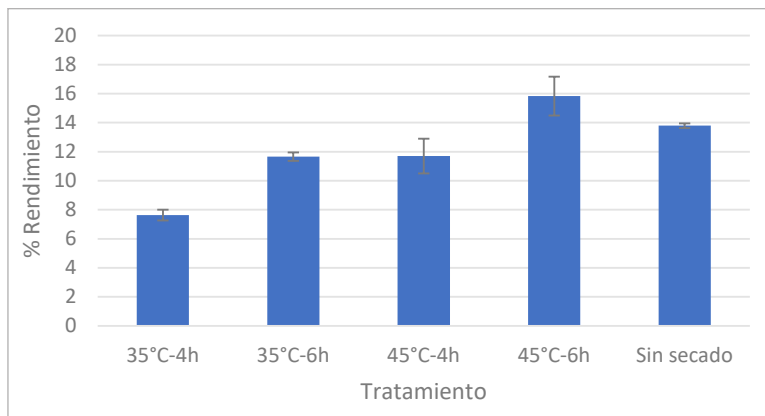
RENDIMIENTO EN LA EXTRACCIÓN

La extracción se llevó a cabo por el método Soxhlet posterior al secado

del material fitogenético. En la figura 2 se puede observar el resultado del rendimiento de extracción de las hojas de la planta *Eucaliptus globulus* Labill posterior al pretratamiento de secado.

Figura 2.

Rendimiento en la extracción en función de los diferentes pretratamientos de secado.



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 2, solo el tratamiento 45C6H (45oC y 6 horas). permitió obtener un ligero mayor rendimiento del 16% con respecto al material sin secar, que es congruente con los resultados reportados por Salazar y Betancourth (2009). Estos autores evaluaron el rendimiento del extracto de hojas de eucalipto (*Eucaliptus globulus L'Her., Mirtacea*) y ruda (*Ruta graveolens L., Rutacea*), previo secado a temperatura ambiente y en horno de secado; de esa forma, obtuvieron resultados mayores de extracción y concentración de metabolitos secundarios de interés con la aplicación del secado.

Con respecto al análisis de varianza, se encontró que no existían diferencias significativas entre los tratamientos

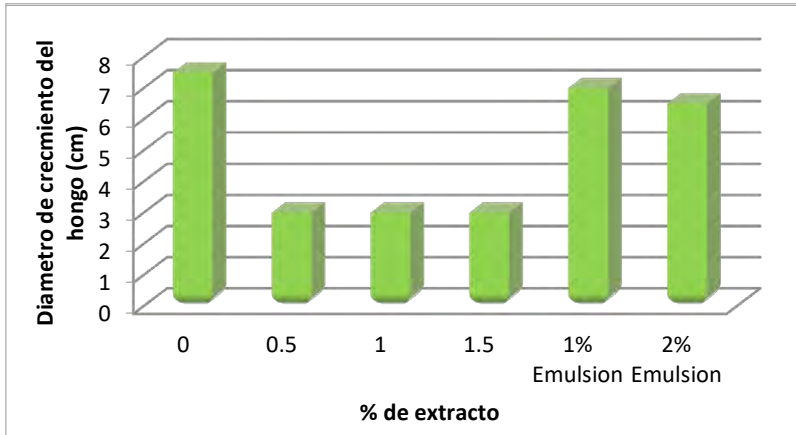
con un grado de confianza del 95% de confianza.

ANÁLISIS ANTIFÚNGICO

De la figura 3 se puede afirmar que los extractos de *Eucaliptus globulus Labill* presentan un efecto inhibitorio sobre el crecimiento micelial de la especie *Fusarium sp.* Sin embargo, no muestran una diferencia significativa entre tratamientos; esto puede deberse a la baja concentración utilizada. Estudios previos sobre la actividad fungicida de extractos etanólicos vegetales afirman que las concentraciones utilizadas en estudios de este tipo deben ser altas teniendo en cuenta que se trabaja con extractos crudos que contienen diferentes tipos de metabolitos e impurezas sin ninguna característica antifúngica (Lizcano, 2007).

Figura 3.

Efecto de la inoculación del extracto y microemulsiones en el control del hongo (tiempo: siete días).



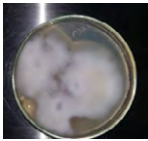
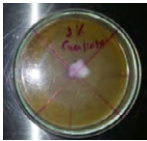
Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, el porcentaje de inhibición presentada por los tratamientos en los cuales se adicionó la microemulsión (extracto/*Jatropha*) en concentraciones 1-2% es evidentemente bajo, a lo cual se puede dar una explicación en la dinámica de dispersión que la microemulsión proporciona al sistema, ya que la liberación del principio activo es gradual; por ende, el tiempo de liberación y acción se posterga. Sin embargo, estudios realizados por Murillo-Arango y Araque Marín (2013), y Murillo *et al.* (2012), sobre la actividad antifúngica e insecticida de extractos de eucalipto en microemulsión acuosa, reportan tasas de mortalidad para hongos patógenos e insectos de 40-60%, con una concentración de 8g/L. En dichos estudios usaron bajas concentraciones de la microemulsión de extracto/*Jatropha*, para la cual el mayor porcentaje de inhibición

(18,6%) se produjo a una concentración de 2%. De lo anterior podemos afirmar que este tipo de aplicación es viable para cualquier sistema de control antifúngico, pero su bajo desempeño se debe a la mínima concentración a la cual fue aplicado. Murillo-Arango y Araque Marín (2013) reporta la presencia de terpenos, tales como citronelal (44,8%) y citronelol (9,78%), que se encuentran comúnmente en la composición de eucaliptos y a los cuales confiere las características antifúngicas e insecticidas. Esto confirma la actividad antifúngica de los extractos obtenidos de *Eucalyptus globulus* Labill, y de los cuales se observó la presencia de terpenoides e isoprenoides en la prueba fitoquímica preliminar, en la que todos los extractos dieron positivo al tratamiento (figura 4).

Figura 4.

Fotos del efecto del tratamiento biológico del hongo *Fusarium oxysporum Dianthi* empleando extractos de las hojas de Eucalipto.

					
Hongo sin extracto	Eucalipto 0,5%	Eucalipto 1%	Eucalipto 1,5%	1% Emulsión (extracto de eucalipto + aceite <i>Jatropha</i>)	2% Emulsión (extracto de eucalipto + aceite <i>Jatropha</i>)

En estudios realizados por Oh et al. (2008) se afirma que a partir de extractos de *Eucalyptus dalrympleana* Maiden se han podido aislar compuestos de tipo fenólico, así como ácido gálico, los cuales son capaces de inhibir hasta en un 85% el crecimiento aéreo del micelio de hongos fitopatógenos en concentración de hasta 5000mg/l.

CONCLUSIONES

El proceso de secado de las hojas de *Eucalyptus globulus Labill* a una temperatura de 45°C, demanda entre 2,5 y 3,5 horas para que el material sólido alcance el punto de equilibrio, siendo este el menor tiempo de todas las muestras sometidas a los diferentes pretratamientos. Después de cuatro horas de secado para los tratamientos de 35°C y 45°C, la remoción de humedad se estabilizó hasta llegar a un valor del 1,3%, por lo que este tiempo se puede tomar como el límite máximo para el secado de las hojas de *Eucalyptus globulus Labill*.

Con respecto al tiempo y la temperatura de secado de las hojas de *Eucalyptus globulus Labill*, el rendimiento del extracto presenta una notable diferencia entre muestras, teniendo en cuenta que el rendimiento aumenta a medida que la temperatura y el tiempo de secado son mayores. Sin embargo, cabe destacar que la muestra sin pretratamiento presenta un rendimiento alto (14%), seguido del reportado para el pretratamiento de 45C6H (16%). De este modo, se puede concluir que, según estos parámetros, la mejor opción es no efectuar un pretratamiento del material, puesto que si se desea escalar el proceso a un nivel industrial, los costos de servicios por la operación de secado podrían incrementar la operación.

Por otro lado, se pudo evidenciar que el extracto obtenido de las hojas de *Eucalyptus globulus Labill* tiene un efecto antifúngico eficaz frente a la especie *Fusarium* sp, independientemente de la forma de aplicación, tales como extracto puro o en microemulsión.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Fundación Universitaria Agraria de Colombia por todo el apoyo presentado para el desarrollo del proyecto de investigación.

REFERENCIAS

- Adamu, A. y Abebe, W. (2022). Practices and Challenges of Wheat Producer Farmers on Safe Pesticide Use in Basoliben District, East Gojjam Zone, Ethiopia. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 21(1), 43-50. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.06.013>
- David Úsuga, M. M. y López Hernández, D. F. (2014). Evaluación del efecto de taninos obtenidos de la *Garcinia mangostana* L. sobre los microorganismos de interés agrícola *Erwinia* sp, *Fusarium* sp, *Penicillium* sp y *Botrytis* sp [trabajo de pregrado]. Fundación Universitaria Agraria de Colombia (Uniagraria). https://issuu.com/maosabo/docs/monograf__a
- Dhankhar, N. y Kumar, N. (2023). Impact of Increasing Pesticides and Fertilizers on Human Health: A Review. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.766>
- El Hachlafi, N., Benkhaira, N., Hamad Al-Mijalli, S., Naceiri Mrabti, H., Abdnim, R., Abdallah, E. A., Jeddi, M., Bnouham, M., Lee, L.-H., Ardianto, C., Ming, L. C., Bouyahya, A. y Fikri-Benbrahim, K. (2023). Phytochemical Analysis and Evaluation of Antimicrobial, Antioxidant, and Antidiabetic Activities of Essential Oils from Moroccan Medicinal Plants: *Mentha suaveolens*, *Lavandula stoechas*, and *Ammi visnaga*. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 164, 114937. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.114937>
- Gómez, G. A. (2007). Análisis de composición química y de la actividad biológica de los aceites esenciales de 2 quinotipos de *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br., en función de las condiciones de extracción y secado de la planta [tesis de pregrado]. Universidad Industrial de Santander.
- Kant Dubey, R., Kumar Dubey, P., Chaurasia, R., Bahadur, Singh, H. B. y Chirakkuzhyil Abhilash, P. (2020). Sustainable Agronomic Practices for Enhancing the Soil Quality and Yield of *Cicer arietinum* L. under Diverse Agroecosystems. *Journal of Environmental Management*, 262, 110284. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110284>
- Lengai, G. M. W., Muthomi, J. W. y Mbega, E. R. (2020). Phytochemical Activity and Role of Botanical Pesticides in Pest Management for Sustainable Agricultural Crop Production. *Scientific African*, 7, e00239. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00239>
- Lizcano, M. (2007). Evaluación de la actividad antifúngica del extracto de tomillo (*Thymus vulgaris*) contra *Botrytis cinérea*, *Fusarium oxysporum* y *Sclerotinia sclerotiorum* [trabajo de grado]. Pontificia Universidad Javeriana.
- Murillo-Arango, W., Araque Marín, P., Henao Murillo, B. y Peláez Jaramillo, C. (2013). Actividad insecticida de una emulsión aceite/agua del aceite esencial de *Eucalyptus tereticornis*. *Revista Cubana de Plantas*

- Medicinales, 18(1),109-117. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-4796201300010013
- Murillo, W., Araque, P. y Peláez, C. A. (2012). Actividad fungicida e insecticida de emulsiones agua/aceite de mezclas de extractos de nicotiana tabacum, azadiractha indica y eucalyptus tereticornis. *Información Tecnológica*, 23(1), 139-152. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642012000100015
- Oh, S.-O., Jeon, H.-S., Park, J.-C., Koh, Y.-J., Hur, J.-S. y Hur, J.-S. (2008). Antifungal Activity of Eucalyptus-Derived Phenolics against Postharvest Pathogens of Kiwifruits. *The Plant Pathology Journal*, 24(3), 322-327. <https://doi.org/10.5423/PPJ.2008.24.3.322>
- Salazar, C. y Betancourth, C. (2009). Evaluación de extractos de plantas para el manejo de polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*) en cultivos de papa en Nariño, Colombia. *Agronomía Colombiana*, 27(2). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652009000200010
- Salem, M. Z. M., Ali, H. M., El-Shanhorey, N. A. y Abdel-Megeed, A. (2013). Evaluation of Extracts and Essential Oil from *Callistemon viminalis* leaves: Antibacterial and Antioxidant Activities, Total Phenolic and Flavonoid Contents. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 6(10), 785-791. [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(13\)60139-X](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(13)60139-X)
- Varo, A., Mulero-Aparicio, A., Adem, M., Roca, L. F., Raya-Ortega, M. C., López-Escudero, F. J. y Traperó, A. (2017). Screening Water Extracts and Essential Oils from Mediterranean Plants against *Verticillium dahliae* in Olive. *Crop Protection*, 92, 168-175. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2016.10.018>

CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN LA PARTE ALTA DEL RÍO BOGOTÁ EN CINCO AMBIENTES DE INTERVENCIÓN ANTRÓPICA

CHANGES IN THE STRUCTURE AND COMPOSITION OF THE BENTHIC MACROINVERTEBRATE COMMUNITY IN THE UPPER PART OF THE BOGOTÁ RIVER IN FIVE ENVIRONMENTS OF ANTHROPOGENIC INTERVENTION

Wendy Tatiana Gonzales R.¹

Karen Ximena Castañeda L.²

María Andrea Bernal P.³

Ellien Hernández Cantero⁴

RESUMEN

En este estudio se analizó el efecto de las actividades antrópicas en el municipio de Villapinzón, teniendo en cuenta la estructura y composición de la comunidad bentónica en la cuenca alta del río Bogotá. Se realizaron muestreos en cinco puntos estratégicos del río, utilizando métodos cualitativos y cuantitativos. Los puntos de muestreo variaron en cuanto a su proximidad al municipio y su nivel de contaminación, los organismos bentónicos recolectados fueron preservados y analizados en laboratorio. Los resultados mostraron diferencias significativas en la composición de especies entre los puntos y se destacaron la influencia de la agricultura, la industria y los vertimientos de aguas residuales sobre la calidad del agua y la biodiversidad acuática.

Palabras clave: estructura, comunidad, bentónica, composición, calidad.

1 Estudiante del programa de Ingeniería de Ambiental y miembro del semillero de Sostenibilidad ambiental y territorio, adscrito a la Red Institucional de Semilleros de Investigación de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Correo electrónico: gonzalez.wendy1@uniagraria.edu.co

2 Estudiante del programa de Ingeniería de Ambiental y miembro del semillero de Sostenibilidad ambiental y territorio, adscrito a la Red Institucional de Semilleros de Investigación de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Correo electrónico: castaneda.karen@uniagraria.edu.co

3 Estudiante del programa de Ingeniería de Ambiental y miembro del semillero de Sostenibilidad ambiental y territorio, adscrito a la Red Institucional de Semilleros de Investigación de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Correo electrónico: bernal.maria1@uniagraria.edu.co

4 Docente-investigadora del programa de Ingeniería Ambiental. Grupo de investigación Desarrollo sostenible, gestión del riesgo y Cambio climático. Semillero de investigación Sostenibilidad ambiental y territorio, adscrito a la Red Institucional de Semilleros de Investigación de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Correo electrónico: hernandez.ellien@uniagraria.edu.co

ABSTRACT

This study analyzed the effect of anthropogenic activities in the municipality of Villapinzón, taking into account the structure and composition of the benthic community in the upper basin of the Bogotá River. Sampling was carried out in five strategic points of the river, using qualitative and quantitative methods. The sampling points varied in terms of their proximity to the municipality and their level of contamination; the benthic organisms collected were preserved and analyzed in the laboratory. The results revealed significant differences in species composition between points and highlighted the influence of agriculture, industry and wastewater discharges on water quality and aquatic biodiversity.

Keywords: structure, community, benthic, composition, quality.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua es cualquier perturbación en la composición que tiene un efecto dañino en cualquier ser vivo que consuma de esta (Guadarrama-Tejas *et al.*, 2016). Adicionalmente, el ecosistema acuático es la interacción de organismos que ahí habitan, y su supervivencia está determinada por la hidrología, la fisicoquímica y la biología de la masa de agua a la que se refiera. Las características hidrológicas son importantes, ya que indican el origen, la cantidad del agua y el tiempo de permanencia en la misma (Bautista *et al.*, 2011; García-Alzate *et al.*, 2010).

La contaminación generada por las diferentes actividades del municipio afecta la calidad del agua, la estructura y la composición de las comunidades acuáticas. Una de las comunidades más empleadas para medir el impacto de las actividades antrópicas sobre el recurso hídrico es la comunidad de los macroinvertebrados bentónicos. Esta comunidad está constituida por macroinvertebrados, los cuales son organismos invertebrados de un tamaño relativamente grande de 0,5 mm-3 mm en su mayoría. Esta comunidad cobra cada vez mayor interés en los estudios ambientales porque los cambios en su estructura y

composición son el reflejo de los efectos producidos por las actividades antrópicas sobre el recurso hídrico (Gamboa *et al.*, 2008).

MÉTODOS

La investigación fue realizada en la cuenca alta del río Bogotá en Villapinzón, donde se llevaron a cabo muestreos seleccionados estratégicamente en cinco puntos específicos del río, lo cual se muestran en la tabla I.

FASE DE CAMPO

El proceso incluyó un muestreo manual, en el cual se recolectaron muestras utilizando pinces para extraer organismos y sedimentos. Para el muestreo cuantitativo, se utilizó una red Surber y se hicieron tres muestreos en cada estación, lo que garantizó la precisión de los datos recolectados. Por otro lado, el muestreo cualitativo se llevó a cabo con una red triangular para permitir la identificación de diferentes organismos presentes en el agua. Estas muestras fueron conservadas en tarros de 50 mL, y se utilizó una solución de alcohol al 70 % diluido con agua potable para su preservación.

Tabla 1.

Descripción puntos de muestreo.

Estaciones	Coordenadas	Descripción
N.º1	5.1927832, -73.6159442	Primer punto de muestreo, ubicado debajo de un puente cerca de Villapinzón. Presentaba mal olor; corriente fuerte, poca vegetación y agua turbia. Se encontraron pocos organismos, que se reservaron en tarros con agua potable y alcohol al 70 % para su identificación en el laboratorio.
N.º2	5.222315 -73.568539	El segundo muestreo se realizó cerca al nacimiento del río Bogotá. Allí había agua cristalina, gran vegetación, corriente moderada, casi sin parásitos visibles.
N.º3	5.234540 -73.591313	El tercer muestreo se realizó debajo de un puente, ambiente árido, escasa vegetación, agua con corriente fuerte y pando, donde se encontró una colonia de parásitos en una planta.
N.º4	5.214767-73.598587	Este muestreo se realizó frente a la plaza de mercado de Villapinzón, donde el agua era turbia, de mal olor y con presencia de roedores e insectos. Había poca vegetación, corriente fuerte y variedad de organismos visibles.
N.º5	5.24063-73.599495	El último muestreo se realizó cerca del pueblo, en un área con fincas. El agua era oscura y tenía espuma; la corriente era fuerte, había poca vegetación y no tenía mal olor.

Fuente: elaboración propia.

FASE DE LABORATORIO

En el laboratorio se hizo una limpieza de las muestras de cada estación para eliminar cualquier material no deseado. Luego, los organismos fueron agregados en frascos para su conservación. Posteriormente, los macroinvertebrados fueron observados y analizados bajo el estereoscopio. Estos microorganismos

fueron separados según su especie en cajas de Petri para su clasificación. Finalmente, se identificaron utilizando la *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia* (Roldán Pérez, 1996) para el estudio de los macroinvertebrados del departamento de Antioquia, lo que permitió una correcta identificación de las especies presentes en las muestras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La organización y la evaluación estadística de los datos se recolectó en una matriz de un libro de Excel, en la cual se realizaron los siguientes tres tipos de análisis.

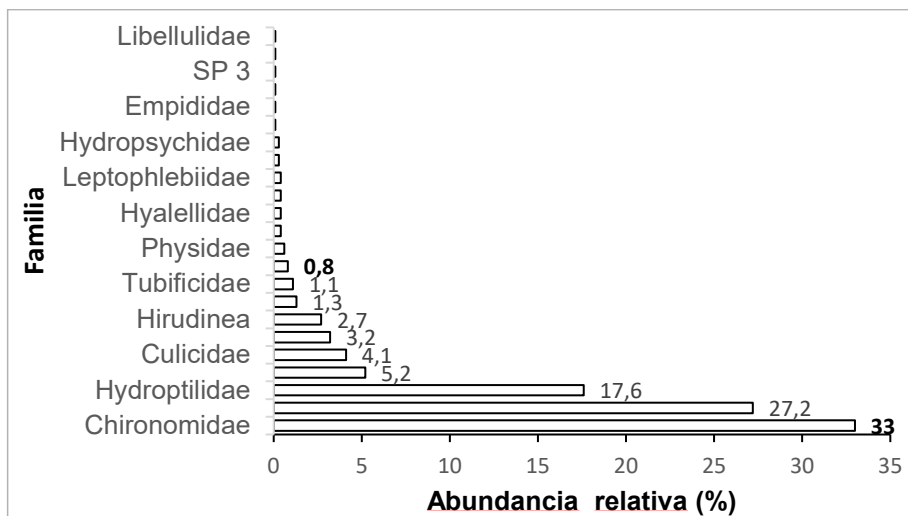
ANÁLISIS ALFA (CUANTITATIVO)

Este análisis se enfocó en la diversidad dentro de una única comunidad. Se

evaluaron tanto la riqueza de especies como la abundancia relativa de cada una en el sitio de muestreo. Para medir esto, se utilizó el índice de diversidad de Shannon-Weaver; que combina la riqueza de especies y su equitatividad en un conjunto de datos inferiores a 2.

Figura 1.

Abundancia relativa.



Fuente: elaboración propia.

Al observar los datos presentados en la figura 1, se puede identificar una amplia gama de valores de diversidad de Shannon-Weaver para diferentes familias de organismos. La familia *Chironomidae* presenta el valor más alto de diversidad de Shannon-Weaver con 33%, lo que

sugiere que hay una gran riqueza de especies y una distribución equitativa de individuos dentro de esas mismas. Según Ávila (2018), esta familia es conocida por su alta tolerancia a condiciones de eutrofización y contaminación, y tienen una tasa reproductiva alta, lo que contribuye a

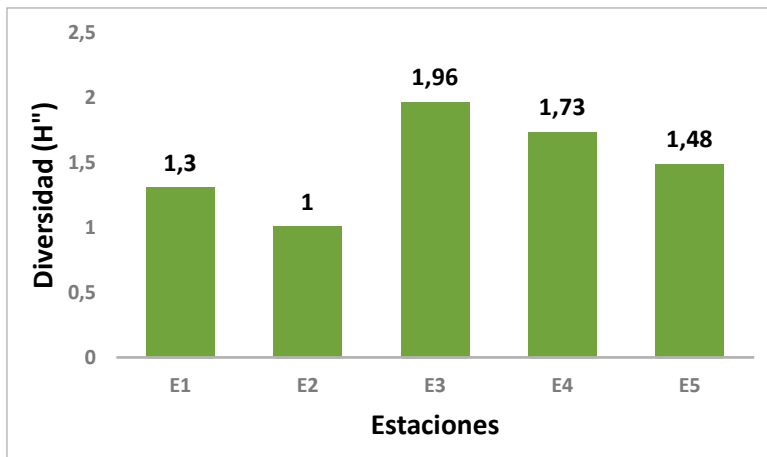
su predominancia en el ecosistema, incluso en condiciones adversas.

En contraste, las familias *Libellulidae*, *Philopotamidae*, *SP 3*, *Muscidae*, *Empididae* y *Dolichopodidae* presentan valores muy bajos en el índice de diversidad de Shannon-Weaver. Esto sugiere que estas familias tienen una menor riqueza de especies y una distribución más desigual de individuos dentro de las mismas. Aunque algunas de estas familias pueden tolerar ciertas condiciones de

contaminación, generalmente están más asociadas a aguas de calidad moderada a buena. Su presencia indica que, a pesar de la contaminación, existen áreas en el río donde las condiciones son relativamente favorables para su desarrollo. Es importante destacar que las familias *Empididae* y *Libellulidae* son conocidas por ser menos tolerantes a la contaminación en comparación con otros grupos. Por lo tanto, su baja abundancia en este estudio es un claro indicador de la mala calidad del agua en el río Bogotá.

Figura 2.

Índice de diversidad Shannon-Weaver.



Fuente: elaboración propia.

A partir de la estación con baja intervención antrópica (E3) se presentó una disminución en la biodiversidad de Shannon-Weaver. La menor diversidad se presentó en la zona de intervención de los cultivos de papa y ganadería (E2), lo que puede estar

relacionado con el uso de insecticidas en los cultivos de papa y la disminución en la abundancia de los organismos en las diferentes familias. En este caso, el índice de Shannon-Weaver se redujo prácticamente a la mitad.

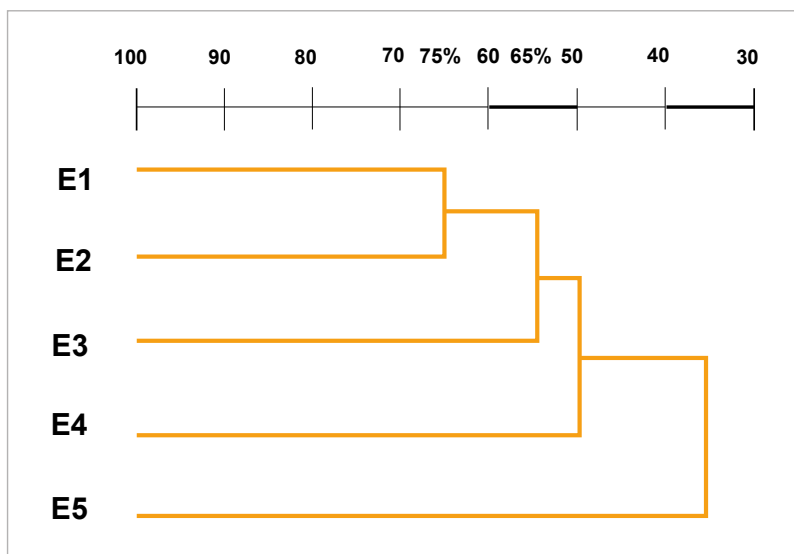
ANÁLISIS BETA (CUALITATIVO)

Este análisis compara la diversidad entre diferentes comunidades o sitios de muestreo, lo que permite entender cómo varía la composición de especies entre distintas localizaciones. Estas variaciones pueden ser indicativas de diferencias

en las condiciones ambientales o de perturbaciones en los ecosistemas. Para hacer este análisis, se utilizó el programa IBM SPSS Statistics, con el cual se generó un dendrograma: una representación gráfica que muestra las relaciones y similitudes entre los diferentes grupos de datos.

Figura 3.

Agrupamiento clúster-dendrograma.



Fuente: elaboración propia.

Las estaciones con mayor similitud en la composición de especies se encuentran en las zonas de curtiembres y ganadería, en las cuales el 75 % de las especies son compartidas. Además, estas estaciones tienen un 65 % de similitud con la estación ubicada en una zona de baja intervención, lo que equivale a 23 especies en común. Por otro lado, las estaciones que presentan la menor similitud se encuentran en las áreas de vertimientos de aguas residuales y

en la zona ubicada después de la cabecera municipal de Villapinzón.

Las zonas de curtiembres y ganadería, aunque presentan cierto grado de intervención, mantienen condiciones ambientales relativamente similares que permiten la presencia de un conjunto de especies compartidas. En contraste, las zonas con vertimientos de aguas residuales y que se ubican después de la cabecera municipal

sufren un mayor impacto de la contaminación, lo que altera significativamente la composición de especies (Díaz-Martínez y Granada-Torres, 2018).

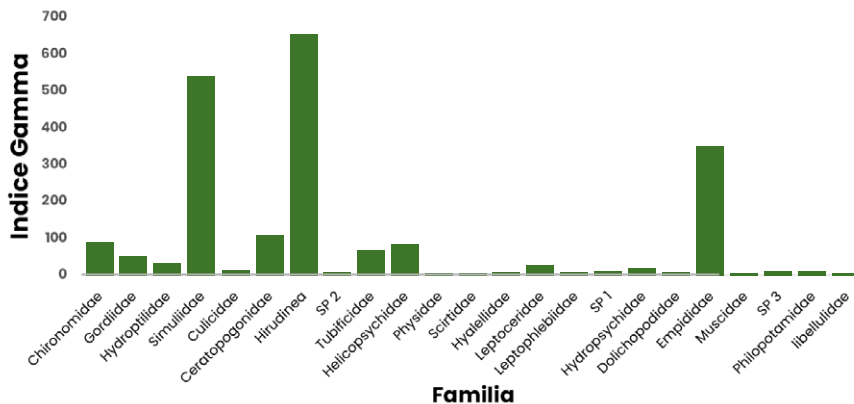
ANÁLISIS GAMMA

Este análisis se refiere a la diversidad total de un conjunto de comunidades en un área más amplia. Combina la diversidad alfa y beta para proporcionar una visión general de la biodiversidad en un contexto regional.

Al analizar los datos proporcionados en la figura 4, se puede observar una amplia variación en los valores de diversidad gama para las diferentes familias de organismos. La familia con la mayor diversidad gama es *Hirudinae*, con un valor de 652,7 individuos, seguida por *Simuliidae* con 541,2 individuos y *Chironomidae* con 86 individuos. Estos valores indican una alta riqueza de especies en estas familias y una contribución significativa a la diversidad total de la región.

Figura 4.

Índice Gamma.



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIÓN

El análisis de las estaciones de muestreo permitió caracterizar la estructura y composición de la comunidad bentónica, identificando variaciones en la diversidad y abundancia de macroinvertebrados en respuesta a las condiciones ambientales y los niveles de contaminación.

Las actividades humanas, como la agricultura, la industria y el vertimiento de aguas residuales, han impactado significativamente en esta comunidad, pues se ha disminuido la diversidad de especies sensibles y favorecido a aquellas más tolerantes a ambientes degradados.

La presencia constante de ciertas familias, como *Chironomidae*, *Gordiidea* e *Hirudinea*, indica una mayor resiliencia a condiciones adversas; mientras que la variabilidad en la diversidad beta entre estaciones refleja la influencia de factores ambientales y contaminantes, como nutrientes y metales pesados.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte del desarrollo de este trabajo; en primer lugar, agradecemos a Dios y a nuestras familias, quienes nos han brindado su apoyo incondicional durante todo este proceso.

A nuestros compañeros y amigos les agradecemos por estar presentes en cada etapa del camino. Sus comentarios, ideas y sugerencias fueron de gran ayuda para mejorar este trabajo y nos permitieron ver las cosas desde perspectivas diferentes, lo que enriqueció nuestro enfoque y resultados.

Agradecemos también a los docentes que con su experiencia y conocimientos contribuyeron de manera significativa. Sus orientaciones y observaciones constructivas nos ayudaron a perfeccionar nuestro trabajo y a entender mejor los conceptos que abordamos.

Por último, queremos hacer un reconocimiento especial al profesor Jorge Alberto Díaz Martínez, quien no solo nos motivó desde el inicio, sino que también nos guió con dedicación y compromiso a lo largo de todo el proceso. Su apoyo constante, su valiosa orientación académica y su capacidad para inspirarnos a dar lo

mejor de nosotros fueron fundamentales para la realización de este proyecto.

REFERENCIAS

- Ávila Daza, C. A. (2018). *Composición y diversidad de la comunidad de macroinvertebrados a lo largo de un tramo urbano del río Tunjuelo, Bogotá* [tesis de maestría]. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/7753/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Díaz-Martínez, J. A. y Granada-Torres, C. A. (2018). Efecto de las actividades antrópicas sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del río Bogotá a lo largo del municipio de Villapinzón, Colombia. *Revista de la Facultad de Medicina*, 66(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-00112018000100045
- Gamboa, M., Reyes, R. y Arrivillaga, J. (2008). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 48(2). https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482008000200001
- García-Álzate, R., Lozano-Arias, D., Reyes-Lugo, R. M., Morocoima, A., Herrera, L. y Mendoza-León, A. (2014). *Triatoma Maculata*, the Vector of *Trypanosoma cruzi*, in Venezuela. Phenotypic and Genotypic Variability as Potential Indicator of Vector Displacement into The Domestic Habitat. *Frontiers*

in *Public Health*, 2, 170. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2014.00170>

Guadarrama-Tejas, R., Kido-Miranda, J., Roldan-Antunez, G. y Salas-Salgado, M. (2016). Contaminación del agua. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(5), 1-10. https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/

[vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_1.pdf](#)

Roldan Pérez, G. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Fondo para la Protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis". <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/07/wbp13.pdf>

APLICACIÓN DEL USO DE DRONES A LA MECÁNICA DE ROCAS EN UN SECTOR DEL MUNICIPIO DE MACHETÁ, CUNDINAMARCA

APPLICATION OF THE USE OF DRONES TO ROCK MECHANICS IN A SECTOR OF MACHETÁ, CUNDINAMARCA

Oscar Eduardo Carreño Carreño¹

Mariana Hernández Mejía²

Ricardo Antonio Tobón Rojas³

RESUMEN

En el presente documento se muestran los resultados obtenidos de la visita técnica al municipio de Machetá, Cundinamarca, por parte del curso de Mecánica de rocas y el Semillero de investigación en Ingeniería Civil y Fenómenos Ambientales (Semiicfa). Esta visita se hizo para analizar y aplicar el uso de los drones en la caracterización de una matriz rocosa, como herramienta geomática. De esta forma se tendrán en cuenta ciertas consideraciones para la optimización de resultados en comparación con las técnicas convencionales usadas en campo para la caracterización de las diaclasas por mediciones in situ.

En virtud a lo anterior es pertinente contextualizar que si bien es cierto que los drones han sido comúnmente usados en las últimas décadas, en los últimos años se han venido implementando en mayor medida para la evaluación y el monitoreo de las actividades enfocadas al ámbito ingenieril. Entre los que cabe resaltar la especialidad geológica-geotécnica, la cual está enfocada en la inspección de remisión en masa y los levantamientos geológicos de tipo local, en los cuales, por medio de algoritmos específicos, se ha logrado la identificación automatizada de desplazamientos y fallas de manera sustancialmente más eficiente que con los métodos convencionales. De allí que se busquen nuevas aplicaciones que estén enfocadas en la caracterización de las principales variables para la caracterización de discontinuidades en un afloramiento rocoso, tales como el espaciado de diaclasas, identificación de familias, aberturas

¹ Estudiante de Ingeniería Civil. Miembro del Semillero de investigación Semiicfa adscrito a la Red Institucional de Semilleros de Investigación de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Correo electrónico: carreno.oscar@uniagraria.edu.co

² Estudiante de Ingeniería Civil. Miembro del Semillero de investigación Semiicfa adscrito a la Red Institucional de Semilleros de Investigación de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Correo electrónico: hernandez.mariana@uniagraria.edu.co

³ Geólogo, Esp. MSc. Líder de formación para la investigación del programa de Ingeniería Civil. Coordinador del semillero de investigación Semiicfa, adscrito a la Red Institucional de Semilleros de Investigación de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Correo electrónico: tobon.ricardo@uniagraria.edu.co

espaciamiento, persistencia y RQD, de acuerdo con el parámetro J_v , dando así una descripción en función al número de discontinuidades.

Palabras clave: drones, imágenes aéreas, rocas, discontinuidades, familia, diaclasas, fallas, desplazamientos.

ABSTRACT

This document shows the results obtained from the technical visit to the municipality of Machetá, Cundinamarca, by the Rock Mechanics course and the Research Seminar on Civil Engineering and Environmental Phenomena (Semiicfa). This visit was made to analyze and apply the use of drones in the characterization of a rock matrix, as a geomatics tool. In this way, certain considerations will be taken into account to optimize results in comparison with conventional techniques used in the field to characterize the joints by in situ measurements. According to the above, it is pertinent to contextualize that although drones have been commonly used in the last decades, in recent years they have been implemented to a greater extent for the evaluation and monitoring of activities focused on the engineering field. These include the geological-geotechnical specialty, which is focused on the inspection of mass referral and local geological surveys, in which, by means of specific algorithms, the automated identification of displacements and faults has been achieved substantially more efficiently than with conventional methods. Hence, new applications are sought that are focused on the characterization of the main variables for the characterization of discontinuities in a rock outcrop, such as the spacing of joints, identification of families, spacing openings, persistence and RQD, according to the J_v parameter; thus giving a description based on the number of discontinuities.

Keywords: drones, aerial images, rocks, discontinuities, family, joints, faults, displacements.

INTRODUCCIÓN

Los vehículos aéreos no tripulados (VANT), o Unmanned Aerial Vehicles (UAV) por sus siglas en inglés, han logrado convertirse en una plataforma dinámica y de gran versatilidad al ser una herramienta a la cual se le pueden adaptar diferentes tipos de sensores, como cámaras basadas en el modelo de color RGB (Red, Green, Blue), sensores térmicos como NIR (Near Infrared – Infrarrojo cercano), sensores multiespectrales e hiperspectrales, y sensores que no generan imágenes, como LiDAR (Light Detection and Ranging) y SAR (Synthetic Aperture Radar). Estos se clasifican según sus métodos de emisión entre imágenes aéreas, tipo ráster de tres bandas o más; o, en su defecto, sensores ópticoactivos que transmiten rayos láser hacia un objetivo mientras este se mueve a través de rutas específicas de topografía, los cuales difieren a partir de la velocidad de onda de transmisión y repercuten directamente en la capacidad de penetración a elementos que estén obstruidos. Esto es útil al momento de desarrollar modelos digitales de terreno, en los que se necesita la información del terreno natural mas no de los elementos que estén por encima de ello, precisión, resolución, etcétera.

Con base en lo anterior, el uso de dichos sensores sobre las aeronaves de tipo remoto ha podido aplicarse en distintos campos, como en el geotécnico, el cual no ha sido ajeno a dichas innovaciones, que no solo presentan ventajas en la eficiencia, sino también en términos de seguridad para las labores de campo. En el campo de la ingeniería geotécnica se han logrado determinar fallas de taludes, deformaciones del suelo, fenómenos

de reptación, identificación de fallas geológicas, estabilidad y variabilidad de taludes, entre otros. La implementación de estos sensores en aspectos específicos a la ingeniería ha permitido un nuevo enfoque hacia un monitoreo completo que brinde opciones rentables y eficientes en términos de mano de obra.

Para el presente caso de estudio se usó un dron con cámara de sensor RGB, y su configuración era idónea para el modelamiento y reconocimiento de elementos, cuya identificación no necesitaba del uso de bandas y longitudes de onda diferentes a la del ojo humano. De ahí que sea una herramienta óptima para la evaluación de la estabilidad de pendientes, incluidos los deslizamientos de tierra y desprendimientos de rocas, en virtud a que la imagen RGB adquirida con la cámara digital con sensor RGB produce un modelo fotogramétrico con conjuntos de datos espaciales georreferenciados con resolución subcentimétrica.

Por lo tanto, para fines de ingeniería geológica-geotécnica, las imágenes RGB permiten la reconstrucción de superficies basada en fotografías para un reconocimiento rápido y completo. Además, el modelo digital del terreno (DTM, por sus siglas en inglés: Digital Terrain Model) se puede utilizar para detectar fisuras en la superficie, que pueden inducir a deslizamientos de tierra. Esto, en últimas, permite la ortorectificación de imágenes para tener un ortomodelo que permita la medición detallada de elementos, lo cual, para el caso del presente estudio, será vital para la identificación de familias, buzamientos, espaciamiento, persistencia, entre otros. Específicamente, en casos en que se desarrolle una metodología más rápida para afloramientos que presenten

multiplicidad de familias o cuyo acceso sea dificultoso y represente un riesgo para la comisión en campo. Con esto se podría afirmar que con la implementación de una variedad de tipos de sensores en UAV se podría lograr un monitoreo rentable y eficiente en términos de mano de obra; aspecto que el sector de la ingeniería civil ha visto en aumento, especialmente en el

uso de métodos de detección integrada de vehículos aéreos no tripulados.

Con base en lo anterior se realizó el respectivo levantamiento fotogramétrico en el sector del puente de la Cueva de Morganen, el PR23 de la vía 56, transversal del Sisga, que corresponde a la vía que comunica al municipio de Machetá, Guateque.

Figura 1.

Zona de estudio y planeación de vuelo municipio de Machetá.



Fuente: elaboración Propia por medio de ArcGIS Pro.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente estudio de caso se usaron técnicas fotogramétricas verticales mediante la planeación de vuelo junto con parámetros meteorológicos, con el uso de un dron Mavic air 2, que es un dron de uso comercial que cuenta con las características enunciadas en la figura 1.

Por otra parte, para los puntos de control se hizo uso de receptores GNSS (Global Navigation Satellite System – Sistema Global de Navegación por Satélite) con correcciones RTK (Real Time Kinematic – Cinemática en Tiempo Real) y parámetros del GPS (Global Positioning System– Sistema de Posicionamiento Global) que se desarrollarán más adelante.

Figura 1A.

Características del Dron Mavic air 2.

DJI MAVIC AIR 2	
Peso	570 gr
Dimensiones	Plegado: 180 × 97 × 84 mm ; Desplegado: 183 × 253 × 77 mm
Velocidad máxima	68,4 Km/h en modo Sport
Altura máxima de servicio	5.000 m sobre nivel del mar
Tiempo de vuelo máximo	34 minutos
Conectividad	Alcance máximo de 6 km regulado por CE
Cámara	1/2" CMOS con sensor 12MP y 48 MP
Lente	FOV 84° 24mm f/2.8
Vídeo	Hasta 4K a 60 fps y 1080p a 240 fps
Almacenamiento	8 GB ampliables por microSD hasta 256 GB

Fuente: Xataka (2020)

Figura 2.

Dron usado en campo.



Fuente: elaboración propia.

Figura 3.

Posicionamiento en campo.



Fuente: elaboración propia

Figura 4.

GPS usado en campo.



Fuente: Apeks too (2023).

REPORTE DEL PROCESO
 FOTOGRAMÉTRICO

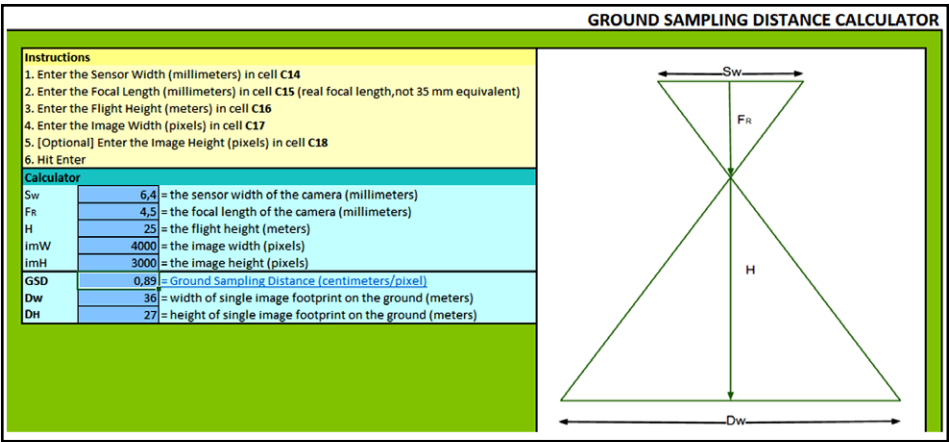
Mediante el uso del software fotogramétrico Agisoft Metashape se hicieron los procesos necesarios para obtener la ortofoto y los modelos digitales que servirán de insumo para la caracterización del macizo rocoso. Sin embargo, dichos resultados correspondían a la planeación previa de la ejecución del vuelo, en el cual se determinó un GSD de 1 cm. Para esto se

hacía necesario un vuelo a una distancia del macizo rocoso cercana a 25 m, la cual era óptima al espacio libre del área a volar sin que se presentaran elementos que arriesgaran una caída del dron.

A continuación, se detallan los cálculos previos al mapeo, en el que se usó una calculadora de GSD del programa Pix4D con base en la distancia focal, el sensor de la cámara y demás parámetros, como se puede observar en la figura 5.

Figura 5.

Calculadora GSD de Pix4D.



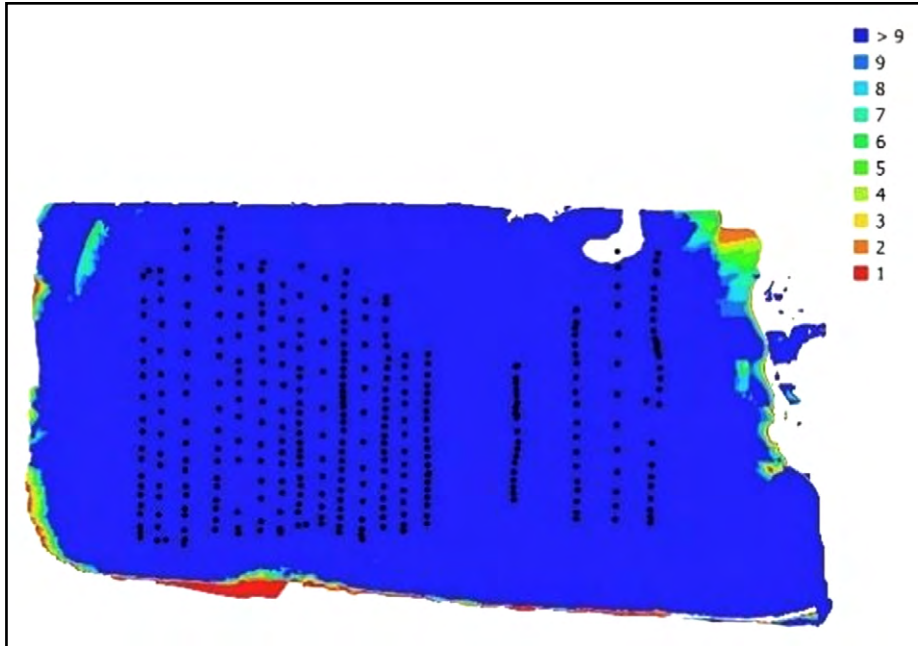
Fuente: Pix4D

Por otra parte, se determinó que al tener como objetivo el mapeo del macizo rocoso se debía obtener un traslape alto para no tener problemas en la orientación de las imágenes ni en la determinación de puntos clave en el software fotogramétrico; por lo que se determinó un traslape de cerca de

9 % y la velocidad máxima programada de acceso del dron, de 4 m/s, se debía obtener a c l imagen por segundo. Esto se hizo para asegurar un traslape realmente alto que garantizara la cobertura deseada, como se observa en la figura 6.

Figura 6.

Solapamiento de imágenes.



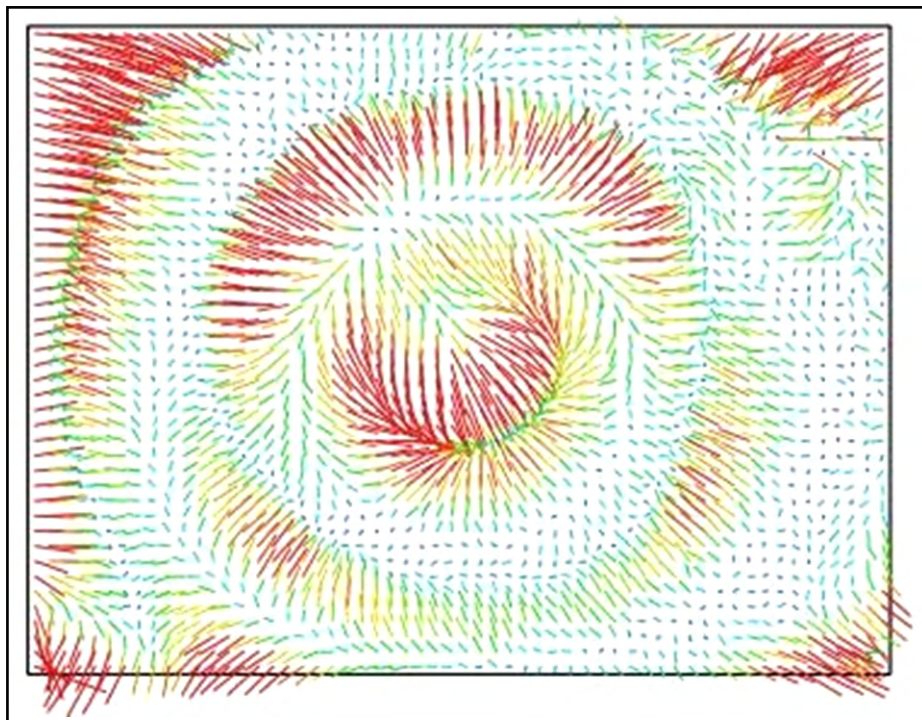
Fuente: reporte Pix4D.

En el documento también se obtuvo información relevante, como metadatos de la fotografía en la que se observó que se tiene un total de 345 cámaras orientadas, es decir el mismo valor para el número de imágenes. Esto indica un 100 % de orientación interna, también muestra un altitud media de vuelo que, en este caso, es de 12,9 m, como se encontró en los cálculos de la calculadora GSD. Por

consiguiente, esto da una resolución en terreno de 3,5 mm por pixel, muestra una superficie aproximada cubierta de 856 m², y se obtuvo en este proceso un error de proyección de 0,674 pixeles. En el documento se puede observar un gráfico de residuales para la cámara, en la que básicamente se encuentra una estimación aleatoria de los datos y se puede determinar que el gráfico está correcto.

Figura 7.

Gráfico de residuales para FC3170 (4,5 mm).



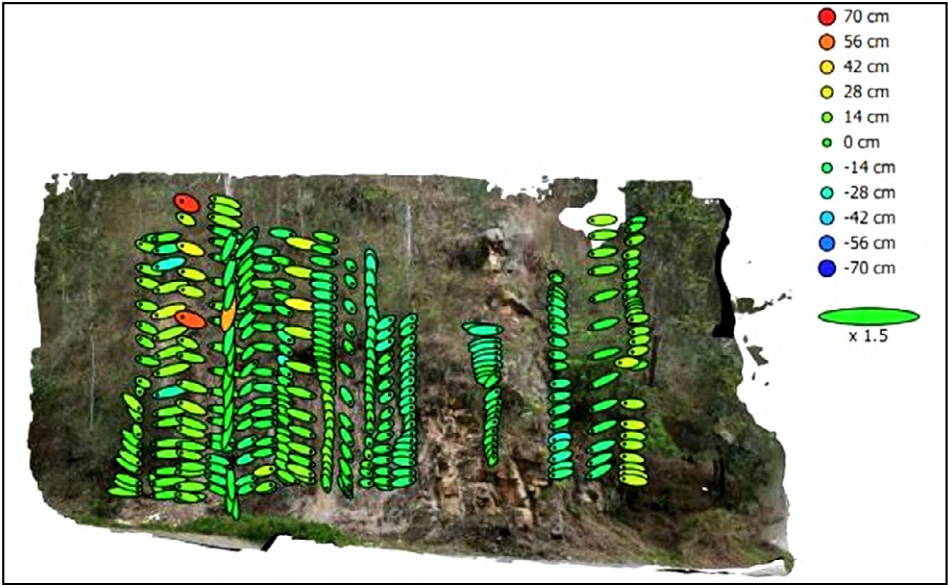
Fuente: reporte Pix4D.

Para las posiciones de la cámara, de cómo lo calcula y muestra que error ha tenido el cálculo de esa posición. Como se puede observar, en este caso, el error se encuentra en torno a los 64,311 m, y se evidencia en la representación gráfica de cada una de las fotografías, y cómo ese

error en altura (Z) está en función de los colores y el error (XY). Esto se representa mediante la forma del elipse, lo que da a entender que los puntos negros dentro de las elipses son las posiciones estimadas de las cámaras.

Figura 8.

Posiciones de la cámara y estimación de error.



Fuente: reporte Pix4D.

Tabla I.

Errores medios de las posiciones de cámara.

Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Error combinado (cm)
55.2182	30.0086	13.6504	62.8456	64.311

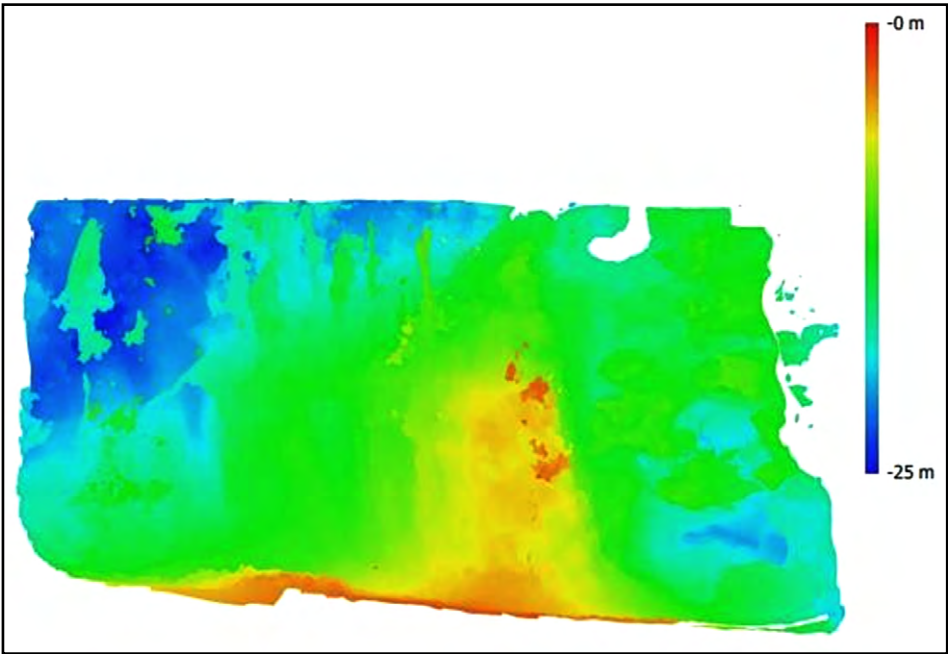
Fuente: Elaboración propia, reporte Agisoft Metashape (2024).

El modelo digital de elevación en la variable que tienen los puntos del terreno cubre, como su nombre lo indica, únicamente el suelo, sin tener en cuenta las cosas

que pueden estar sobre el mismo. Aquí se obtienen datos como la densidad de puntos, que es 0,1 puntos/cm².

Figura 9.

Modelo digital de elevaciones.



Fuente: reporte Pix4D.

ORTOMOSAICO

Como resultado de la nube de puntos tomada, se obtuvo un ortomosaico que

permitió observar de manera detallada los parámetros necesarios para llegar a la respuesta de esta aplicación en la mecánica de rocas.

Figura 10.

Ortomosaico.



Fuente: Pix4D.

A partir del ortomosaico, cuya distorsión geométrica se ha corregido mediante el conjunto de los puntos clave y la generación del modelo digital, se ha realizado un balance de color de las imágenes para producir una entrada de mosaico continuo. Con esto, se logra tener mediciones ajustadas para realizar la evaluación de la caracterización

de la estructura de la matriz rocosa, y así evaluar parámetros como espaciamiento, relleno, rugosidad, apertura, resistencia. En virtud a ello se realizó la esquematización de la estructura de la matriz rocosa, que servirá como insumo para el cálculo de los parámetros J_v , RQD y clasificación RMR.

Figura 11.

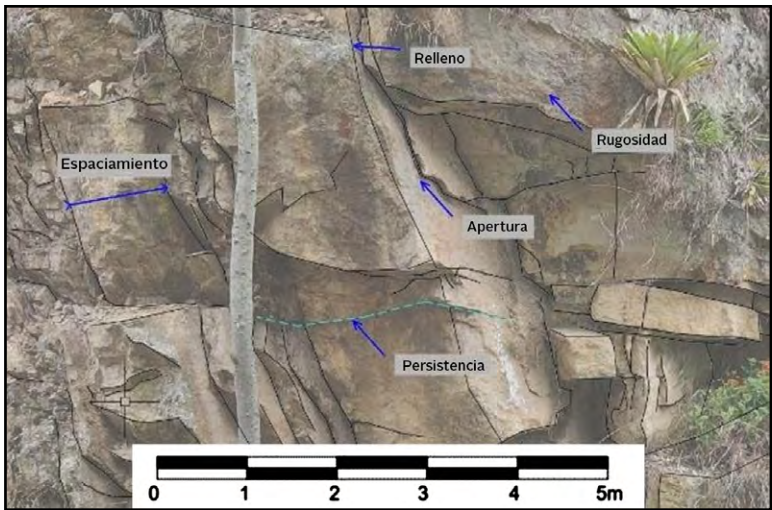
Ortomosaico.



Fuente: Pix4D.

Figura 12.

Ortomosaico.



Fuente: Pix4D.

RESULTADOS

CARACTERIZACIÓN DE DISCONTINUIDADES			
Resistencia a la compresión simple			
clase	Descripción	Identificación de campo	Aproximación de resistencia a compresión
R-3	Moderadamente dura	No puede tallarse con la navaja. Puede fracturarse con un golpe fuerte del martillo	25-50

Tabla 2.

Resistencia a partir de índices de campo.

Clase	Descripción	Identificación de campo	≈ Resistencia a la compresión (MPa)
S ₁	Suelo muy blando	El puño penetra fácilmente varios cm.	< 0,0025
S ₂	Suelo blando	El dedo penetra fácilmente varios cm.	0,0025 – 0,05
S ₃	Suelo firme	Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo.	0,05 – 0,10
S ₄	Suelo rígido	Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo.	0,10 – 0,25
S ₅	Suelo muy rígido	Con cierta presión puede marcarse con la uña.	0,25 – 0,50
S ₆	Suelo duro	Se marca con dificultad al presionar con la uña.	> 0,50
R ₀	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña.	0,25 – 1,0
R ₁	Roca muy blanda	Al golpear con la punta del martillo la roca se desmenuza. Con navaja se talla fácilmente.	1,0 – 5,0
R ₂	Roca blanda	Al golpear con la punta del martillo se producen ligeras marcas. Con la navaja se talla con dificultad.	5,0 – 25

R_3	Roca moderadamente dura	Con un golpe fuerte del martillo puede fracturarse. Con la navaja no puede tallarse.	25 – 50
R_4	Roca dura	Se requiere más de un golpe del martillo para fracturarla.	50 – 100
R_5	Roca muy dura	Se requiere muchos golpes del martillo para fracturarla.	100 – 250
R_6	Roca extremadamente dura	Al golpear con el martillo sólo saltan esquirlas.	> 250

Fuente: Ferrer y Gonzales de Vallejo (2007, pag 5).

Tabla 3.

Clasificación macizos rocosos por número de familias.

Espaciamiento de las discontinuidades	
Descripción	Espaciado
Extremadamente Junto	<20 mm
Muy Junto	20-60 mm
Continuidad o persistencia	
Continuidad	Longitud
Muy baja continuidad	< 1 m
Baja Continuidad	1-3 m
Rugosidad	
Tipo Ondulación-Aspereza	Perfil
Rugosa Escalonada	
Rugosa Plana	

Abertura	
Descripción	Separacion en mm
Moderadamente Ancha	2.5-10mm
Ancha	> 10 mm
Criterios de fracturamiento de acuerdo al número de familias de discontinuidades	
Tipo de macizo Rocoso	Número de Familias
VII	Tres familias de discontinuidades más otras ocasionales

Clasificación de macizos rocosos por número de discontinuidades (ISRM, 1981).

Tipo de macizo	Número de familias
I	Masivo, discontinuidades ocasionales
II	Una familia de discontinuidades
III	Una familia de discontinuidades más otras ocasionales
IV	Dos familias de discontinuidades
V	Dos familias de discontinuidades más otras ocasionales
VI	Tres familias de discontinuidades
VII	Tres familias de discontinuidades más otras ocasionales
VIII	4 o más familias de discontinuidades
IX	Brechificado

Fuente: Ferrer y Gonzales de Vallejo (2007, pag 11)

Tabla 4.

Descripción del tamaño del bloque en función del número de discontinuidades.

Criterios de fracturamiento-Descripción del tamaño del bloque en función al número de discontinuidades			
Formula	Jv	Descripción	Jv (Discontinuidades(m3))
$J_v = \frac{n_1}{L_1} + \frac{n_2}{L_2} + \frac{n_3}{L_3}$	3,33	Bloques tamaño medio	3-10

Descripción del tamaño del bloque en función del número de discontinuidades según ISRM (1981)

Descripción	Jv (discontinuidades / m³)
Bloques muy grandes	< 1
Bloques grandes	1 – 3
Bloques tamaño mediano	3 – 10
Bloques pequeños	10 – 30
Bloques muy pequeños	> 30
Macizo brechificado	> 60

Fuente: Ferrer y Gonzales de Vallejo (2007, pag 12)

Tabla 5.

Descripción del RQD porcentual

Rock Quality Designation-RQD			
Formula	RQD	RQD %	Calidad
$RQD = 115 - 3,3 * J_v \rightarrow J_v > 4,5$ $RQD = 100 \rightarrow J \leq 4,5$	100	90-100	Muy Buena

RQD%	Calidad
< 25	Muy mala
25 - 50	Mala
50 - 75	Media
75 - 90	Buena
90 - 100	Muy buena

Fuente: Ferrer y Gonzales de Vallejo (2007, pág. 13).

Tabla 6.

Parámetros deClasificación de RMR

Clasificación de Bieniawski (1989)- ROCK MASS RATING – RMR								
A. PARAMETROS DE CLASIFICACIÓN Y SUS RADIOS								
Parámetros		Escala de valores						
1	Resisten- cia de la roca intacta	Bajo carga puntual	>10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	Para estos valores es preferible la resistencia a compresión simple	
	A compres- ión simple	>250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa
	Valor	15	12	7	4	2	1	0
2	R.Q.D.	90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 1 25		
	Valor	20	17	13	8	3		
3	Espacio de las juntas	> 2 m	0,6 - 2 m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm		
	Valor	20	15	10	8	5		

4	Condición de las jaulas		Muy rugosas, sin con- tinuidad, cerradas, roca labios sana	Ligera- mente rugosa separa- ción < 1 mm, roca labios algo meteoriza- dos	Ligera- mente rugosa separa- ción ≤ 1 mm, roca labios algo meteoriza- dos	Espejo de falla o relleno de espesor < 5 mm, o juntas abiertas 1-5 mm (juntas continuas	Relleno blando de espesor > 5 mm, o juntas abiertas > 5 mm (juntas continuas
	Valor		30	25	20	10	0
5	Agua	Flujo en cada 10 m de túnel, o bien	Ninguno	< 10 l/min	10 - 25 l/min	25 - 125 l/min	< 125 l/min
		Relación presión de agua en la junta/tensión principa máxima	0	< 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 125 l/min
		Condiciones generales	Comple- tamente seco	Manchas de húme- dad	Muy húmedo	Goteo	Flujo de agua
		Valor	15	10	7	4	0

Resistencia de la roca	RQD	Espaciado de juntas	Condición de juntas	Agua
4	20	5	25	15
RMR	69			

Fuente: Ferrer y Gonzales de Vallejo (2007, pág. 14)

Tabla 7.*Determinación y Clase del Macizo Rocosó*

C. DETERMINACION DE LA CLASE DEL MACIZO ROCOSO					
Valor total del RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase, número	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy bueno	Bueno	Medio	Malo	Muy malo
D. SIGNIFICADO DE LAS CLASES DE MACIZOS ROCOSOS					
Clase, número	I	II	III	IV	V
Tiempo de mantenim.	20 años para 15 m	1 año para 10 m	1 semana para 5 m	10 horas para 2,5 m	30 minutos para 1 m
Cohesión (Kpa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100
Angulo de fricción (°)	> 45 °	35 ° - 45 °	25 ° - 35 °	15 ° - 25 °	< 15 °

Fuente: Ferrer y Gonzales de Vallejo (2007, pág. 14)

DISCUSIÓN

De acuerdo con el consolidado de información recolectada en campo, es decir los datos fotogramétricos y GNSS, con el cual se hicieron los respectivos postprocesos para la generación de los ortomosaicos en el programa Agisoft Metashape, se hicieron las mediciones de espaciamientos, aberturas y persistencias de las discontinuidades de la matriz rocosa. Con esto se obtuvieron los datos correspondientes, que responden a valores muy ajustados a las tomas de las distancias de control adquiridas en campo sobre la matriz rocosa; así se obtuvieron variaciones con respecto a los datos tomados en

campo entre 5 mm y 20 mm. Por otra parte, se puede analizar que, con las condiciones actuales de la vía, la necesidad de evaluar el comportamiento de suelo y roca se hace inminente, y su comportamiento dependerá de los parámetros geológico-geotécnicos, toda vez que, en la medida en que se conozcan dichos parámetros, se lograrán determinar las mejores soluciones técnicas desde un enfoque integral y multidisciplinar. Sin embargo, en la medida en que se optimicen los recursos y se implementen las técnicas rápidas y colaborativas, se logrará tener una mejor eficiencia en la toma de decisiones; de allí que el uso de drones para la modelación de las matrices rocosas se pueda considerar una técnica

eficiente para esto.

En cuanto a términos de calidad y fiabilidad en los datos, a partir de estos resultados se notó considerablemente la precisión que tiene el modelo, ya que se logró tener mediciones de espaciamentos, aberturas y persistencias de las discontinuidades de la matriz rocosa, los cuales son totalmente representativos a la realidad. Por lo quej con dichos datos de mediciones se realizó la clasificación de designación de la calidad de la roca RQD en función del parámetro J_v , el cual que representa el número total de discontinuidades que interceptan una unidad de volumen equivalente (1 m³) del macizo rocoso. Sin embargo, ante la dificultad de ver las tres dimensiones de los afloramientos, es posible estimar el número total de discontinuidades que interceptan la longitud L en cualquier dirección, cuya selección se realizó mediante el esquema de la estructura del afloramiento (véase la figura 11), en la posición en la que se encontrará la mayor cantidad de discontinuidades (aquella que corta al mayor número de planos). No obstante, allí se encontró que el parámetro de J_v corresponde a 3,33, para lo cual, según correlaciones empíricas como la de Palmstrom (1974) para la estimación del RQD, es acorde a 100, lo que implica tener una calidad de roca de buenas características con bloques de tamaño medio según el parámetro J_v .

Con base en lo anterior se logró realizar también la clasificación geomecánica RMR de Bieniawski (1973), que fue modificada sucesivamente en 1976, 1979, 1984 y 1989. De acuerdo a esta se logró hacer una clasificación de roca con los parámetros o insumos según la ortorectificación; de tal modo, se podría estimar la clase del

macizo, el tiempo de mantenimiento y las correlaciones de parámetros geotécnicos en función a la cohesión y el ángulo de fricción. Dicha clasificación involucra resistencia uniaxial de la matriz rocosa, grado de fracturación del macizo en función al parámetro del RQD, separación entre diaclasas y las condiciones de las discontinuidades junto con condiciones hidrogeológicas.

Con base en lo anterior, de acuerdo con los puntajes ponderados por cada uno de los parámetros que involucra la clasificación RMR, se puede evidenciar que el afloramiento rocoso posee un RMR de 69, que corresponde a una matriz rocosa de buena calidad con un tiempo de mantenimiento de un año para 10 metros. Adicionalmente, se da como recomendación para la corrección de taludes excavaciones a plena sección de 1 a 1,5 m.

CONCLUSIONES

Se logra evidenciar, según los análisis de los datos obtenidos, la diferencia sustancial en cuanto a la rapidez y versatilidad del uso de las tecnologías modernas. Esto con el fin de optimizar las aplicaciones en cuanto a la ingeniería geológica-geotécnica en virtud al aporte a soluciones en la ingeniería para corredores con condiciones vulnerables, como la transversal del Sisga.

REFERENCIAS

Bieniawski, Z. T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications. A Complete Manual for Engineers and Geologist in Mining, Civil, and Petroleum Engineering*. John Wiley & Sons. <https://iem.ca/pdf/>

[resources/Engineering%20Rock%20Mass%20Classifications_%20A%20Complete%20Manual%20for%20Engineers%20and%20Geologists%20in%20Mining,%20Civil,%20and%20Petroleum%20Engineering.pdf](#)

González de Vallejo, L. I. y Ferrer Gijón, M. (2007). *Manual de campo para la descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramientos*. Instituto Geológico y Minero de España.

Palmstrom, A. (1974). *Characterization of Degree of Jointing and The Quality of Rock Masses*. Internal Report Ing. A.B. Berdel.

Barton, N., Lien, R., Lunden, J. (1974). Engineering classification of rock

masses for the design of tunnel support. Rock mechanics. Springer Verlag, Vol, 6 pp 189 – 236.

Barrientos, A., Del Cerro, J., Gutiérrez, P., San Martín, R., Martínez, A., & Rossi, C. (2007). Vehículos aéreos no tripulados para uso civil. tecnología y aplicaciones. Madrid, España.

-ISRM, 1981. Suggested methods for rock characterization, testing and monitoring. In: E.T. Brown, Ed. Suggested methods. Pergamon Press.

Jiménez, W., & Prado, J. (2017). Análisis técnico comparativo entre los métodos topográficos tradicionales y el método de aerofotogrametría con vehículo aéreo no tripulado. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.

TOCANCIPÁ HACIA LAS COMPRAS PÚBLICAS SOSTENIBLES. UNA GUÍA CON MIRAS AL FUTURO AMBIENTAL

TOCANCIPÁ TOWARDS SUSTAINABLE PUBLIC PROCUREMENT. A GUIDE TO THE ENVIRONMENTAL FUTURE

Lina María Mejorano-Fonseca.¹

Ricardo Antonio Tobón-Rojas²

RESUMEN

El presente documento brinda una guía detallada y sistemática para la adquisición de bienes destinados a proyectos de obras de adecuación y mantenimiento, en el marco de la plataforma Secop II. También, se presenta un análisis de los procesos de contratación pública desde la planificación, la definición de requerimientos, la evaluación de propuestas hasta la adjudicación de contratos. Además, se enfatiza en la importancia de aplicar criterios ambientales en la selección de proveedores, así como la necesidad de garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad y sostenibilidad establecidos para adoptarlos en el municipio de Tocancipá. Asimismo, se abordan aspectos legales relevantes y se proporcionan recomendaciones prácticas para la gestión y mitigación de impactos ambientales. A través de este artículo se busca contribuir a mejorar la eficiencia y la transparencia en los procesos de adquisición de insumos para obras civiles (ya sean adecuaciones locativas, mantenimientos, reformas o desmontes, montajes y suministros de equipos, rellenos y demás, que se puedan presentar en los establecimientos estatales), y así fomentar la participación de empresas calificadas y promover el desarrollo de una contratación pública ambientalmente sostenible.

Palabras clave: compras públicas, Secop II, adquisición, insumos.

¹ Estudiante Ingeniería Civil. Miembro del Semillero de investigación Semiicfa adscrito a la Red Institucional de Semilleros de Investigación de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Correo electrónico: mejorano.lina@uniagraria.edu.co

² Geólogo, Especialista SIG. Máster GIRD. Líder de formación para la investigación del programa de Ingeniería Civil de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Coordinador del semillero de investigación Semiicfa adscrito a la Red Institucional de Semilleros de Investigación de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Correo electrónico: tobon.ricardo@uniagraria.edu.co

ABSTRACT

This document provides a detailed and systematic guide to the procurement of goods for adaptation and maintenance projects, within the framework of the Secop II platform. It also presents an analysis of public procurement processes from planning, definition of requirements, evaluation of proposals to the awarding of contracts. In addition, the importance of applying environmental criteria in the selection of suppliers is emphasized, as well as the need to ensure compliance with the quality and sustainability standards established to adopt them in the municipality of Tocancipá. It also addresses relevant legal aspects and provides practical recommendations for the management and mitigation of environmental impacts. The purpose of this article is to contribute to improve efficiency and transparency in the procurement processes of supplies for civil works (whether they are for building adaptations, maintenance, renovations or dismantling, assembly and supply of equipment, fillings and others, which may occur in state facilities), and thus encourage the participation of qualified companies and promote the development of environmentally sustainable public procurement.

Keywords: public procurement, Secop II, acquisition, inputs.

INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente y transparente de los recursos públicos en proyectos de obras ha cobrado una relevancia creciente en las últimas décadas debido a la gran demanda de infraestructura y a la necesidad de garantizar la sostenibilidad ambiental y social de los proyectos (Vargas Leyton, 2023). En Colombia, como en muchos otros países de América Latina, la contratación pública en el sector de la construcción ha estado marcada por desafíos como la corrupción, la falta de transparencia y la complejidad de los procesos. Sin embargo, en los últimos años se han observado avances significativos en la implementación de mecanismos de control y seguimiento, así como en la adopción de estándares internacionales de buenas prácticas (Malaret y García, 2016).

Esta investigación se centra en el análisis de los procesos de adquisición de bienes en proyectos de obra de adecuación y mantenimiento en el municipio de Tocancipá, Cundinamarca, con el objetivo de identificar buenas prácticas y proponer mejoras que permitan optimizar la gestión de los recursos públicos y fomentar la participación de empresas locales. A través de una guía, se analizarán los procesos de adquisición de bienes, utilizando como marco teórico los principales modelos de gestión de compras públicas y los principios de la contratación pública sostenible.

Los resultados de esta investigación contribuyen a enriquecer el conocimiento sobre la gestión de compras públicas

sostenibles y genera un marco de referencia para la implementación de una guía que fortalezca la sostenibilidad ambiental.

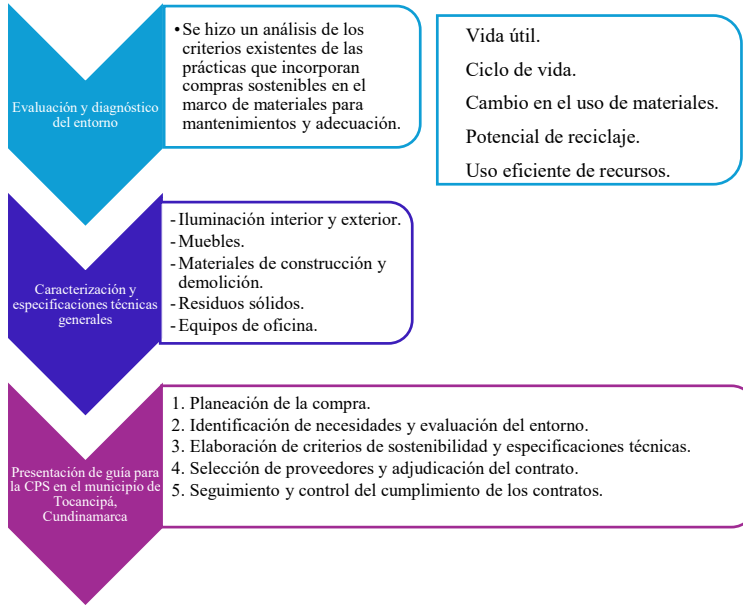
Las compras gubernamentales han llegado a ser un instrumento principal de la ejecución del gasto y, por ende, de la materialización de políticas públicas (Casier *et al.*, 2015; López Pedreros, 2015). Desde finales de los años ochenta se ha presentado la tendencia mundial de utilizar la herramienta de subasta inversa en las adquisiciones estatales, con base en las experiencias del sector privado (López-Pedreros, 2015). Esto debido a que al ser un mecanismo de contratación en el cual los proveedores compiten para que los compradores elijan la adquisición de sus productos, genera beneficios económicos, como el ahorro para la entidad (RICG, s. f.). En la actualidad, la contratación estatal en línea es una práctica común en países como Estados Unidos, Inglaterra, Singapur, Australia, México, Chile, Perú y Brasil, entre otros (López-Pedreros, 2015).

MÉTODOS

La guía se hizo al utilizar una metodología cualitativa, en la cual se emplearon diversas técnicas de investigación, como la revisión de literatura, el análisis de documentos y la presentación de una guía de desarrollo como resultado final; la cual pueda servir como herramienta para la compra pública de materiales e insumos de obra que incentive el desarrollo sostenible en el municipio de Tocancipá, Cundinamarca, de acuerdo con las siguientes fases:

Figura 1.

Metodología propuesta para el desarrollo del proyecto



Fuente: elaboración propia.

EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL ENTORNO

Se analizaron los criterios existentes de las prácticas que incorporan compras sostenibles en el marco de materiales para mantenimientos, adecuación y demás obras en el municipio de Tocancipá, Cundinamarca. De esta forma, se evaluaron las mejoras para implementar.

Criterios ambientales a evaluar

Los procesos de compra pública comienzan con una fase crucial que es la identificación exacta de las necesidades. Las autoridades deben determinar con claridad qué bienes,

servicios o infraestructura requieren para cumplir sus objetivos antes de iniciar cualquier causa de adquisición. Dentro de los principales criterios iniciales a nivel general en la compra de materiales de construcción se tienen en cuenta vida útil, ciclo de vida, cambio en el uso de materiales, potencial de reciclaje y uso eficiente de recursos. Las ofertas se evalúan y adjudican con base en el precio más bajo en el momento de la compra. Sin embargo, teniendo en cuenta la implementación de las compras públicas sostenibles, estas permitirán la evaluación de otras ventajas y consideraciones que proporciona un margen mayor para la inclusión de criterios ambientales y sociales, tales como las

matrices con tabla de puntajes y matrices de evaluación por colores; estas últimas también con la función de puntuar:

Caracterización y especificaciones técnicas generales

Con este proceso se pretende organizar las especificaciones de los productos en estudio (adquisición de materiales de adecuación) y elaborar especificaciones técnico-ambientales generales para la adquisición de los mismos en las compras públicas. Según Casier et al. (2015), en su *Manual para agentes de compras públicas*, se tuvieron en cuenta las principales categorías de compra y se adicionaron aquellas que, según lo investigado y analizado en el entorno para Tocancipá, son iluminación interior y exterior; muebles, materiales de construcción y demolición, residuos sólidos y equipos de oficina.

Por lo tanto como apoyo para la guía se realizó una ficha técnica por cada actividad. Esto teniendo en cuenta que se llevó a cabo una guía para la compra pública sostenible en el municipio de Tocancipá, Cundinamarca, para la cual se propuso la siguiente estructura: planeación de la compra; identificación de necesidades y evaluación del entorno; elaboración de criterios de sostenibilidad y especificaciones técnicas; selección de proveedores y adjudicación del contrato, así como seguimiento y control del cumplimiento de los contratos.

RESULTADOS

GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE COMPRAS PÚBLICAS

SOSTENIBLES PARA OBRAS DE ADECUACIÓN Y MANTENIMIENTO EN EL MUNICIPIO DE TOCANCIPÁ, CUNDINAMARCA A TRAVÉS DE LA PLATAFORMA SECOP II

Planear la compra

Para el desarrollo de esta actividad se deben tener en cuenta los siguientes pasos que harán el desarrollo de la compra la compra más efectivo:

1. Conformar equipo de trabajo o comités, y delegar funciones, definir un representante de compras, establecer políticas y lineamiento de trabajo de acuerdo a la actividad, y adecuar el documento de gestión enfocados en la adquisición de productos.
2. Seleccionar y priorizar los programas y soluciones p/s y revisar la prioridad de obra si es de mantenimiento o adecuación, planear cronogramas de obra, garantizando el aprovechamiento de residuos o desperdicio.

Evaluar el entorno

Vida útil y ciclo de vida

El análisis del ciclo de vida de un producto evalúa las etapas desde la extracción de materias primas hasta la disposición final (Soler García, 2022). Estas incluyen transformación, manufactura, transporte y uso. La economía circular propone extender este ciclo mediante la reutilización o reintroducción de materiales en fases anteriores. El ciclo de vida de un producto se muestra en la siguiente figura (figura 4):

Figura 4.

Análisis de ciclo de vida de una obra.



Fuente: Adaptada de Soler García (2022)

Cambio en el uso de materiales

La evolución de los procesos industriales y la creciente conciencia ambiental están impulsando un cambio radical en el uso de materiales (Área metropolitana Valle de Aburrá, s. f.). La demanda de soluciones más sostenibles ha llevado a una intensificación de la investigación y el desarrollo de materiales innovadores con un enfoque en la economía circular y la reducción del impacto ambiental. Esto para el municipio de Tocancipá tendría un gran apogeo y avance, no solo ambiental, sino también social. La Política de Producción y Consumo Sostenible (MinAmbiente, 2011) y el Documento CONPES 3874 (DNP, 2016) sentaron las bases para que

Colombia iniciara su transición hacia una economía circular. De acuerdo a esto, el municipio de Tocancipá podría adoptar los principios de desarrollo sostenible por medio de las compras públicas de suministros, materiales para obras o adecuaciones que, por la actividad, sería una generadora de gran impacto negativo ambiental en cuanto a calidad de aire, agua y suelo.

Uso eficiente de los recursos

En este apartado se pretende establecer criterios sobre beneficio y calidad de vida para el beneficio del consumidor o el entorno de la adecuación o mantenimiento que se realice.

Adjudicación y ejecución del contrato

Al finalizar los análisis previos se procede a hacer la adjudicación y después la ejecución del contrato de compra. Hasta ese punto se garantiza la evaluación de ofertas, que en este caso tendrá que ser no solo económico, sino también sostenible. Dentro de las fichas técnicas ya antes mencionadas, se deja un espacio al final para el seguimiento y control del cumplimiento de los estándares establecidos, el cual se da de acuerdo al material, ya sea por certificación de procedencia, disposición final o tercerización con otras empresas, como es el caso del escombros.

Estrategias de divulgación de la guía

Para asegurar la efectiva implementación y aceptación de la guía es necesario desarrollar estrategias robustas de divulgación. Esto incluye la capacitación continua del personal encargado de las compras públicas, así como la difusión de la guía a través de canales oficiales y redes profesionales. Además, se recomienda establecer mecanismos de retroalimentación para ajustar y mejorar la guía basada en las experiencias y desafíos encontrados durante su aplicación. Para tal fin, se dispone de los siguientes canales digitales con los que cuenta la Alcaldía de Tocancipá: página web y perfil de Instagram, comunicaciones oficiales, emisores y periódicos locales, en los cuales la ciudadanía podrá consultar y solicitar información relacionada con la guía. Los links son:

@Alcaldía_Tocancipá,
<https://www.tocancipa-cundinamarca.gov.co/>

INSTRUCTIVO PARA INGRESAR AL SECOPY REGISTRARSE COMO PROVEEDOR



En el anterior código QR se plasma un instructivo interactivo mediante un video en el que se anexa la guía para favorecer y promocionar la implementación de las compras públicas sostenibles, el cual podrá ser usado desde los diferentes dispositivos y computadores.

Recomendaciones

Se recomienda adicionar la implementación de sistemas de entrega al por mayor con el fin de reducir los materiales de embalaje y optimizar rutas de transporte por medio de vehículos de bajas emisiones o híbridos. Asimismo, se recomienda un sistema de recolección y gestión de residuos de embalaje para fomentar su reutilización o reciclaje por parte de los proveedores, o a través de tercerización. Esto con el fin de garantizar que estos sean los encargados de gestionar el segundo uso del producto, las consultas preliminares amplias y transparentes para identificar proveedores con capacidad y

compromiso con la sostenibilidad, y así fomentar la competencia y la innovación. Con la implementación de esta guía y el desarrollo real que se le pueda dar, se recomienda incorporar criterios de sostenibilidad en todos los procesos de contratación, desde la planificación hasta la evaluación de ofertas, para priorizar aquellos bienes y servicios con menor impacto ambiental.

Es importante que se genere la delegación de la responsabilidad de revisión y evaluación de los proveedores a personal capacitado, que tenga en cuenta, como prioridad, el ciclo de vida de los productos para identificar oportunidades de mejora y seleccionar aquellos con mayor desempeño ambiental.

Con ayuda de los profesionales que intervienen en el control y manejo de la implementación de esta guía se pueden desarrollar tipificaciones más detalladas de los materiales para continuar con el avance del objeto de esta guía. Al hacer las evaluaciones se sugiere segmentar los procesos de compra para facilitar la participación de pequeñas y medianas empresas, y así promover la diversidad y la economía local.

La evaluación de riesgos es otra característica importante al adoptar los criterios de sostenibilidad y establecer mecanismos de seguimiento y mitigación. Se debe fomentar una cultura de sostenibilidad al interior de la entidad para promover la capacitación y la sensibilización del personal. Se debe solicitar el apoyo técnico del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para fortalecer las capacidades institucionales y acceder a mejores prácticas, así como al personal de la Secretaría de Salud,

Secretaría de Medio Ambiente y hasta Planeación Municipal. Se pueden designar representantes para que conformen comités de evaluación de proveedores, costos y propuesta ambiental.

DISCUSIÓN

La investigación propuesta es novedosa en la medida en que analiza la aplicación de la compra pública ambientalmente responsable. Además, la investigación se centra en un caso de estudio específico en el municipio de Tocancipá, lo que permitirá obtener resultados más concretos y aplicables, partiendo de una línea base cero.

Se espera que la investigación tenga un impacto positivo en el desarrollo sostenible del municipio de Tocancipá, Cundinamarca. La implementación de la guía para la compra de materiales de construcción contribuirá a la promoción de prácticas sostenibles en el sector público, lo que generará beneficios en materia ambiental, social y económica para el municipio y los proveedores que licitan. La industria de la construcción es un importante contribuyente a la contaminación ambiental debido al uso de materiales y procesos que generan emisiones contaminantes, residuos y consumen recursos naturales de manera desmedida; la adopción de nuevas tecnologías y materiales más sostenibles, así como la implementación de prácticas de construcción más eficientes, son fundamentales para mitigar estos impactos negativos y promover un desarrollo sostenible. Teniendo en cuenta que en el municipio no existen componentes que contribuyan a la adquisición de suministros sostenibles y que después

del análisis del barrido documental de los contratos del municipio no se han desarrollado protocolos o intervenciones para la contratación de compras públicas sostenibles o suministros de materiales, la implementación de esta guía, con el apoyo de las políticas públicas sostenibles, será un auge para Tocancipá. Asimismo, servirá para apoyar a la incorporación de la misma en otros municipios y entidades estatales para optar por las compras sostenibles, no solo para adecuación y mantenimiento, sino también a nivel general en adquisición de insumos.

La producción de poluciones, gases tóxicos y la generación de grandes volúmenes de residuos de construcción y demolición son solo algunas de las consecuencias de las obras de adecuación y mantenimiento. Estos impactos negativos afectan la calidad del aire, el suelo y el agua, y ponen en riesgo la salud humana y los ecosistemas. Por lo tanto, es imperativo adoptar medidas para mitigar estos efectos y promover prácticas de construcción más sostenibles, como el uso de materiales reciclados, la optimización de los procesos constructivos y la gestión adecuada de los residuos. Solo a través de estas acciones podremos garantizar un desarrollo urbano más respetuoso con el medio ambiente, tal como lo plantea el Departamento Nacional de Planeación en el CONPES 3919 (Departamento Nacional de Planeación, 2016).

El Estado colombiano impulsa políticas públicas y buenas prácticas que permiten fomentar el desarrollo sostenible. A su vez, el municipio de Tocancipá, Cundinamarca, con esta guía se sumará a la acción de compras públicas sostenibles, lo cual posicionará a Tocancipá como pionero en la región en este ámbito..

REFERENCIAS

- Área metropolitana Valle de Aburrá. (s. f.). *Análisis de ciclo de vida*. <https://www.metropol.gov.co/ambiental/Paginas/consumo-sostenible/analisis-de-ciclo-de-vida.aspx>
- Casier, L., Huizenga, R., Perera, O., Ruete, M. y Turley, L. (2015). *Manual para agentes de compras públicas de la Red Interamericana de Compras Gubernamentales (RICG) Implementando Compras Públicas Sostenibles en América Latina y el Caribe*. <https://www.iisd.org/system/files/publications/iisd-handbook-ingp-es.pdf?q=sites/default/files/publications/iisd-handbook-ingp-es.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación. (2016). *Lineamientos de desarrollo sostenible y crecimiento verde*, CONPES 3919. Departamento Nacional de Planeación. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3919.pdf>
- Dirección Nacional de Planeación. (2016). *Documento CONPES 3874. Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>
- López Pedreros, S. L. (2015). *La subasta inversa como mecanismo de contratación: ¿maximiza los recursos del Estado? Caso: Computadores para educar* [tesis de maestría]. Universidad Externado de Colombia. <https://bdigital.uexternado.edu.co/server/>

api/core/bitstreams/6c260646-e533-439c-91d7-d7e4b493be38/content

Malaret i García, E. (2016). El nuevo reto de la contratación pública para afianzar la integridad y el control: reforzar el profesionalismo y la transparencia. *Revista Digital de Derecho Administrativo*, 15, 21-60. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5640672>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente). (2011). *Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible*. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/polit_nal_produccion_consumo_sostenible.pdf

Red Interamericana de Compras Gubernamentales (RICG). (s. f.). *Subasta inversa, actividades*. <https://ricg.org/es/temas/subasta-inversa/>

Soler García, D. C. (2022). *La vida útil de las construcciones y su aporte a la sostenibilidad*. Alión. <https://alio.com.co/vida-util-de-construcciones/>

Vargas Leyton, L. C. y Lugo Labrador, L. S. (2023). *Aplicación de las Asociaciones Público-Privadas en proyectos de infraestructura social en el departamento de Cundinamarca (2021-2022)* [Tesis de maestría]. Universidad Libre. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/25934>

PREVALENCIA DE MALOCCLUSIÓN DENTAL EN CONEJOS (*ORYCTOLAGUS CUNICULUS*) COMO ANIMALES DE COMPAÑÍA BAJO IMÁGENES DIAGNÓSTICAS

PREVALENCE OF DENTAL MALOCCLUSION IN RABBITS (*ORYCTOLAGUS CUNICULUS*) AS COMPANION ANIMALS UNDER DIAGNOSTIC IMAGING

Dana Catalina Gomez G.¹

RESUMEN

En los últimos años, los conejos (*Oryctolagus cuniculus*) han ganado popularidad como mascotas, gracias a su bajo mantenimiento y facilidad de adiestramiento. Sin embargo, a pesar de su creciente presencia en los hogares, muchos propietarios desconocen las necesidades y enfermedades comunes de esta especie. Entre las patologías más frecuentes se encuentran las enfermedades dentales, siendo la maloclusión una de las principales. Esta condición implica un crecimiento anormal de los dientes, que puede derivar en ulceraciones o infecciones que pueden afectar la capacidad del animal para alimentarse. La maloclusión puede afectar tanto a molares como a incisivos, y su diagnóstico es complejo debido a la anatomía del conejo, que limita la observación física. Por esta razón, el uso de herramientas de diagnóstico por imagen, como la radiografía y la tomografía computarizada, es fundamental para identificar y evaluar la gravedad de la enfermedad. Aunque la tomografía computarizada proporciona mayor precisión, la radiografía sigue siendo la técnica más accesible en muchas clínicas, especialmente en países como Colombia. En este artículo se aborda la importancia de comprender las patologías dentales en conejos y se destaca la relevancia de los métodos de diagnóstico por imagen para un tratamiento adecuado.

Palabras clave: *Oryctolagus cuniculus*, radiografía, maloclusión.

¹ Estudiante del programa de Medicina Veterinaria de la Facultad de Medicina Veterinaria. Miembro del Semillero de investigación Ciencias veterinarias y seguridad alimentaria, adscrito a la Red Institucional de Semilleros de Investigación Red Uniagraria de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Correo electrónico: gomez.dana@uniagraria.edu.co

ABSTRACT

In recent years, rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) have gained popularity as pets, thanks to their low maintenance and ease of training. However, despite their increasing presence in homes, many owners are unaware of the common needs and diseases of this species. Among the most frequent pathologies are dental diseases, with malocclusion being one of the main ones. This condition involves abnormal tooth growth, which can lead to ulcerations or infections, affecting the animal's ability to feed. Malocclusion can affect both molars and incisors, and its diagnosis is complex due to the rabbit's anatomy, which limits physical observation. For this reason, the use of diagnostic imaging tools, such as X-ray and CT, is essential to identify and assess the severity of the disease. Although CT provides greater precision, X-ray remains the most accessible technique in many clinics, especially in countries such as Colombia. This article addresses the importance of understanding dental pathologies in rabbits and highlights the relevance of diagnostic imaging methods for proper treatment.

Keywords: *Oryctolagus cuniculus*, radiography, malocclusion.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los animales de compañía no convencionales, como los conejos (*Oryctolagus cuniculus*), se han presentado con mayor frecuencia en los hogares. Las características de esta especie es lo que los hace más llamativo para las personas; por tanto, es más frecuente verlos como animales de compañía o apoyo emocional. Stock *et al.* (2021) consideran que “estos animales requieren de un mantenimiento bajo en comparación con algunas mascotas comunes y son fáciles de entrenar” (p. 1). A pesar de su popularidad la mayoría de tutores desconocen sus necesidades o cuales son las enfermedades más frecuentes que pueden llegar a presentar; “la mayoría de los individuos presentaban enfermedad dental adquirida, seguido por otras patologías, como enfermedades oculares, lesiones degenerativas, problemas en piel” (O'Neill *et al.*, 2020, p. 2). La mayoría de problemas que presentan los conejos son de la cavidad oral, tal como el sobrecrecimiento de molares e incisivos.

En cuanto a la maloclusión, esta es una patología en la cual se altera la estructura y la posición de los dientes, dependiendo del caso particular puede que el paciente se recupere por su cuenta o no. Esto varía según el grado de la enfermedad descrita por Harcourt-Brown (2007):

Los dientes de las mejillas son los primeros en desarrollarse, a medida que avanza, los dientes se curvan hacia la mejilla y no hacia la lengua. El diente de la mejilla inferior puede curvarse rostralmente y crecer a lo largo de las superficies oclusales de los dientes de la mejilla inferior.

Los dientes de las mejillas son los primeros en desarrollarse, a medida que avanza, los

dientes se curvan hacia la mejilla y no hacia la lengua, el diente de la mejilla inferior puede curvarse rostralmente y crecer a lo largo de las superficies oclusales de los dientes de la mejilla inferior.

La maloclusión de incisivos es mucho más evidente, ya que se curva hacia adelante. Lo que los tutores del conejo observan como una pequeña protuberancia en la zona de la boca, se puede desencadenar en úlceras o incluso infecciones secundarias que no le permitan al animal comer.

El diagnóstico de la enfermedad se da a partir de la revisión física, la cual es muy limitada debido a la restringida apertura mandibular y boca pequeña del animal (Quesenberry *et al.*, 2020). Debido a esto, las imágenes diagnósticas resultan ser muy útiles para obtener un examen oral completo. Por eso, tanto la radiografía como la tomografía son modalidades que proporcionan información diagnóstica complementaria. Es importante recalcar que el tamaño pequeño del conejo y la superposición de los cuadrantes dentales vuelven a las herramientas de imágenes diagnósticas una parte esencial para el diagnóstico de esta enfermedad dental (Verstraete y Osofsky, 2005).

MÉTODOS

La revisión de literatura realizada se enfoca en las afecciones con mayor prevalencia en conejos domésticos. En concreto, se hace referencia al síndrome de maloclusión dental. Por tanto, se seleccionaron artículos con base al contenido, debido a que la mayor parte de la información proviene de otros países. Adicionalmente, se tomó en cuenta el lugar de elaboración de los trabajos consultados; entre ellos se

encontraban Centro y Latino América, con el fin de analizar los estudios de esta patología en países cercanos a Colombia, donde se realizan un mayor número de consultas, y que además cuentan con protocolos para el diagnóstico y tratamiento de esta condición.

En la búsqueda y recopilación de información se optó por consultar en diferentes bases de datos que permitieran el acceso libre para analizar su contenido como Pub. Med., Science Direct, Redalyc, MPDI y Researchgate. Igualmente, se emplearon dos idiomas, español e inglés, porque se deseaba contar con un amplio número de documentos.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Fueron seleccionados aquellos artículos cuyo tema tratara acerca de conejos con enfermedades dentales, y que centraran su investigación en la medición y prevalencia de la enfermedad mediante la utilización de algún método de imagen diagnóstica, radiografía o tomografía computarizada; además, que fueran publicados entre 2007 y 2024. Se excluyeron aquellos artículos que hablaran de otras especies no convencionales, como hámsteres, cobayos y otros roedores o conejos que no están destinados como animales de compañía. Tampoco se tuvieron en cuenta aquellos que hablaran de procedimientos quirúrgicos relacionados con enfermedades dentales.

TÉRMINOS Y ESTRATEGIAS DE BÚSQUEDA

Se emplearon palabras clave en inglés y español, como maloclusión/malocclusion,

enfermedad dental/dental disease, conejo/rabbit y lagomorfo. En cuanto a la utilización de operadores booleanos se emplearon AND y OR. Las estrategias de búsqueda empleadas combinaron las palabras clave con los operadores booleanos de la siguiente manera:

- (Maloclusión OR *Malocclusion*) AND (Conejos OR rabbit)
- (Maloclusión OR "enfermedad dental") AND (Conejos OR rabbit)
- (*Malocclusion* OR "dental disease") AND (Conejos OR rabbit OR lagomorfo)
- (*Malocclusion* OR Maloclusión OR "dental disease" OR "enfermedad dental") AND (Conejos OR rabbit OR lagomorfos)

RESULTADOS

De acuerdo a las condiciones de búsqueda implementadas se encontraron aproximadamente treinta artículos, de los cuales se tomaron solo quince para la revisión; dos de los artículos fueron elaborados en ciudad de México y la región metropolitana de Chile; otros dos fueron realizados en Japón, y los demás en Estados Unidos, Inglaterra y Alemania respectivamente. En estos estudios se evaluaron conejos domésticos en grupos de treinta a cien aproximadamente; se incluyeron revisiones sistemáticas y la implementación de radiografías y tomografías, en las cuales se observó que la mayoría de animales presentaban alguna enfermedad dental que terminaba en maloclusión dental. Algunos de los factores que influían en la prevalencia era la edad (Artiles *et al.*, 2020).

En Chile se reporta que la mayor incidencia se encuentra en machos jóvenes, de algunas razas específicas con dietas determinadas; además, que el problema radica principalmente en los molares, le siguen los incisivos y, en un pequeño porcentaje, todos los dientes. La mayoría de los diagnósticos se dan en estadios avanzados de la enfermedad, ya que no presentan signos evidentes al inicio (Palma-Medel *et al.*, 2023). Los métodos diagnósticos implementados fueron el examen de la cavidad bucal mediante la observación del paciente y el estudio radiográfico para comprender las estructuras anatómicas alteradas en el síndrome de maloclusión. Al ser el primer estudio realizado en Chile, teniendo en cuenta que se utilizaron historias clínicas, no existe un seguimiento detallado para garantizar que los factores de incidencia mencionados hayan sido acertados (Palma-Medel *et al.*, 2023).

DISCUSIÓN

Los estudios indican que la maloclusión dental es un problema muy común en conejos domésticos. Esto sugiere que la mayoría de los conejos, en algún punto de sus vidas, experimentarán algún grado de desalineación dental. Es probable que la prevalencia real de maloclusión dental sea aún mayor de lo que indican los estudios. Muchos casos pueden pasar desapercibidos, especialmente en las primeras etapas, ya que los conejos son expertos en ocultar el dolor. La alta prevalencia subraya la importancia de realizar chequeos dentales regulares en conejos. Un diagnóstico temprano puede prevenir complicaciones más graves. En cuanto a la utilización de métodos diagnósticos, si bien la tomografía computarizada permite evaluar y clasificar

más asertivamente el grado de maloclusión dental, la radiografía es la técnica de imagen diagnóstica más accesible hasta la fecha en la mayoría de clínicas de Colombia, por lo que resulta de gran importancia aprender a evaluar a los pacientes por medio de este tipo de técnica.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a las docentes Carol Yesenia Gamboa Guaqueta y Erika Alexandra Daza Cardona, quienes durante este proceso para llevar a cabo el proyecto de investigación me han brindado el apoyo, la asistencia y orientación necesarias para continuar y seguir adelante. Gracias por brindarme su tiempo y confiar en mí para poder hacer esta presentación de artículo para la revista Cuadernos de Semilleros de Investigación.

REFERENCIAS

- Artiles, C. A., Sanchez-Migallon Guzman, D., Beaufrère, H. y Phillips, K. (2020). Computed Tomographic Findings of Dental Disease in Domestic Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*): 100 cases (2009-2017). *Small Animals & Exotic*, 257(3), 313-325. <https://doi.org/10.2460/javma.257.3.313>
- Capello, V. y Cauduro, A. (2016). Comparison of Diagnostic Consistency and Diagnostic Accuracy Between Survey Radiography and Computed Tomography of the Skull in 30 Rabbits with Dental Disease. *Journal of Exotic Pet Medicine*, 25(2), 115–127. <https://doi.org/10.1053/jjepm.2016.03.002>
- Harcourt-Brown, F. M. (2007). The Progressive Syndrome of Acquired

Dental Disease in Rabbits. *Journal of Exotic Pet Medicine*, 16(3), 146-157. <https://doi.org/10.1053/j.jepm.2007.06.003>

O'Neill, D. G., Craven, C. C., Brodbelt, D. C., Church, D. B. y Hedley, J. (2020). Morbidity and Mortality of Domestic Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) under Primary Veterinary Care in England. *Veterinary Record*, 186(14), 451. <https://doi.org/10.1136/vr.105592>

Palma-Medel, T., Marcone, D. y Alegría-Morán, R. (2023). Dental Disease in Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) and Its Risk Factors. A Private Practice Study in the Metropolitan Region of Chile. *Animals*, 13(4), 676. <https://doi.org/10.3390/ani13040676>

Quesenberry, K., Mans, C., Orcutt, C. y Carpenter, J. W. (Ed). (2020). *Ferrets, Rabbits, and Rodents, Clinical Medicine and Surgery*. Elsevier. <https://shop.elsevier.com/books/ferrets-rabbits-and-rodents/quesenberry/978-0-323-48435-0>

Stock, M., Hadfield, J., Hadfield, J. y Reed, N. (2021). *Pet Rabbit Projects: Getting Started*. Utah Tate University Extension. https://digitalcommons.usu.edu/extension_curall/2167/

Verstraete, F. y Osofsky, A. (2005). Dentistry in Pet Rabbits. *Compendium on Continuing Education for The Practicing Veterinarian*, 27, 671-648. <https://www.semanticscholar.org/paper/Dentistry-in-pet-rabbits-Verstraete-Osofsky/685f6295965e01a2b2bf90b744f9c068d43bfae8>

BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL

Ayako, O., Yutaka, H., Nobutsune, I., Masao, A., & Robert, W. (2007). Comparative Observation of Skeletal-Dental Abnormalities in Wild, Domestic, and Laboratory Rabbits. *J VET DENT*, 24(4), 224-229.

Böhmer, C., & Böhmer, E. (2017). Shape variation in the craniomandibular system and prevalence of dental problems in domestic rabbits: A case study in evolutionary veterinary science. *Veterinary Sciences*, 4(1). <https://doi.org/10.3390/vetsci4010005>

Borawski, W., Kie-bowicz, Z., Kubiak-Nowak, D., Prz-dka, P., & Pasternak, G. (2024). Computed Tomographic Findings of Dental Disease and Secondary Diseases of the Head Area in Client-Owned Domestic Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*): 90 Cases. *Animals*, 14(8). <https://doi.org/10.3390/ani14081160>

Caelenberg, A., Rycke, L., Hermans, K., Verhaert, L., Bree, H., & Gielen, I. (2008). Diagnosis of dental problems in pet rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, 77(6), 386-394. <https://doi.org/10.21825/vdt.87231>

Capello, V. (2016). Diagnostic Imaging of Dental Disease in Pet Rabbits and Rodents. In *Veterinary Clinics of North America - Exotic Animal Practice* (Vol. 19, Issue 3, pp. 757-782). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2016.05.001>

- García, M. C., & Maldonado, R. (2020). Prevalencia y hallazgos radiográficos en conejos, cuyos y chinchillas diagnosticadas con maloclusión en el Hospital Veterinario de Especialidades en Fauna Silvestre y Etología Clínica de la UNAM, México. *Revista de La Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 67(1), 17–32. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v67n1.87676>
- Jackson, M.A., Burn, C. C., Hedley, J., Brodbelt, D. C., & O'Neill, D. G. (2024). Dental disease in companion rabbits under UK primary veterinary care: Frequency and risk factors. *Veterinary Record*, 194(6), no. <https://doi.org/10.1002/vetr.3993>
- Sasai, H., Iwai, H., Fujita, D., Seto, E., & Izumi, Y. (2014). The use of micro-computed tomography in the diagnosis of dental and oral disease in rabbits. *BMC Veterinary Research*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s12917-014-0209-4>

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN DIRECCIÓN FORMACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN REVISTA CUADERNOS DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN GUÍA PARA LOS AUTORES

INTRODUCCIÓN

Cuadernos de Semilleros de Investigación es una publicación de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia-UNIAGRARIA, creada con la finalidad de divulgar los proyectos de investigación presentados por los estudiantes de Semilleros de Investigación y estimular su producción investigadora.

ORIENTACIÓN EDITORIAL

La revista publica artículos en español y en otro idioma relacionados con las líneas de investigación institucionales, que sean originales y que no hayan sido publicados en otras revistas, y que se desarrollen en el marco de la estrategia de Semilleros de Investigación.

CONTENIDO DEL ARTÍCULO

Los artículos deben incluir las siguientes partes: título en español, título en inglés, nombre del autor o autores, información del autor o autores, resumen, palabras clave, abstract, keywords, contenido del artículo, agradecimientos (opcional), conflictos de intereses (opcional) y referencias bibliográficas (opcional). El orden anterior debe respetarse en el documento.

En general, la estructura de los artículos de investigación tiene las siguientes secciones: Introducción, métodos, resultados, discusión, referencias bibliográficas y agradecimientos.

Las tablas y figuras deben ubicarse a lo largo del texto.

TIPOS DE ARTÍCULOS

La Revista CUADERNOS DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN adopta la siguiente tipología:

Artículo de investigación científica y tecnológica:

Documento que presenta los resultados originales de proyectos de investigación. La estructura general contiene cuatro apartados importantes: — Introducción, metodología, resultados y conclusiones.

Artículo de reflexión:

Documento que presenta los resultados de una investigación desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor sobre un tema específico, con referencia a fuentes originales.

Artículo de revisión:

Documento resultado de una investigación en el que se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas sobre un campo de la ciencia o la tecnología, con el fin de mostrar los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de al menos 50 referencias.

Artículo corto:

Documento breve que presenta resultados originales preliminares o parciales de una investigación científica o tecnológica que, por lo general, requieren una pronta difusión.

Reporte de caso:

Documento que presenta los resultados de un estudio sobre una situación particular con el fin de dar a conocer las experiencias técnicas y metodológicas consideradas en un caso específico. Incluye una revisión sistemática comentada de la literatura sobre casos similares.

Cartas al editor:

Posiciones críticas, analíticas o interpretativas sobre los documentos publicados en la revista, que, a juicio del comité editorial, constituyen una aportación importante a la discusión del tema por parte de la comunidad científica de referencia.

Editorial:

Documento escrito por el editor; un miembro del comité editorial o un investigador invitado sobre orientaciones en el ámbito temático de la revista.

PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS

Parámetros generales:

- ✓ El artículo se presenta en tamaño carta (21,5 × 28,0 cm).
- ✓ Interlineado doble.
- ✓ Márgenes: 4 cm a la izquierda y 3 cm en los demás márgenes.
- ✓ Numeración: En todas las páginas, en el ángulo inferior derecho de cada una; fuente: Times New Roman; tamaño de la fuente: 12.

Títulos: van alineados a la izquierda, en mayúsculas, y corresponden a: Título en español e inglés, nombre del autor, resumen, palabras clave, abstract, keywords, introducción, métodos, resultados, discusión, agradecimientos, conflictos de intereses, referencias bibliográficas y anexos. Los demás títulos y subtítulos van en minúscula, con la primera letra en mayúscula, y se alinean a la izquierda.

Extensión máxima del artículo: 10 páginas.

Título del artículo: corto pero informativo. Debe limitarse a 15 palabras. Centrado en mayúsculas.

Nombre de los autores: nombres, primer apellido, letra inicial del segundo apellido seguida de punto. Alineados a la derecha. Se respetará el nombre de pluma del autor, es decir, la forma habitual de los autores de separar los apellidos por un guion. El orden de los autores quedará como esté en el manuscrito enviado, entendiendo que el primero es el autor principal.

Información de los autores: en una nota a pie de página, con números arábigos consecutivos, se escribirán los siguientes datos de cada autor: profesión, grados académicos y filiación profesional (instituciones con las que está vinculado).

Cargo actual, ciudad, país y correo electrónico (del autor principal o de quien se encargue de la correspondencia).

Resumen: extensión entre 150 y 250 palabras en español y en inglés.

Palabras clave: de 3 a 7 palabras que identifiquen con certeza el contenido del artículo.

Agradecimientos: Se debe incluir el nombre, la filiación y el tipo de colaboración de los colaboradores en la realización del manuscrito, pero que no se consideran autores. Las personas mencionadas deben haber dado su consentimiento para ello y el autor es responsable de obtener el permiso por escrito.

Conflictos de intereses: en el caso de que se presente esta situación, se debe hacer una nota sobre las relaciones personales o institucionales que puedan influir en la realización, los resultados o la interpretación de los mismos.

Citación de referencias bibliográficas: cada referencia bibliográfica será citada en el texto. Si hay un autor o dos, estos deben citarse, con el apellido del autor principal seguido del año de la publicación, separados por una coma y entre paréntesis, según el orden consecutivo de aparición.

Si son tres o más, solo se cita el primero seguido de la abreviatura *et al.*

Presentación de referencias bibliográficas: la revista de CUADERNOS DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN, se rige por el estilo APA.

ENVÍO DE ARTÍCULOS

El texto completo del artículo se envía a la Revista CUADERNOS DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN en medio magnético e impreso en original acompañado de una carta de presentación por parte del autor o autores que incluya los siguientes puntos:

- ✓ Título del artículo
- ✓ Declaración de que los autores están de acuerdo con el contenido, la organización y la presentación del artículo.
- ✓ Declaración de que el artículo es original, que no se ha publicado con anterioridad y que no se va a presentar a otra revista nacional o internacional mientras esté en proceso de evaluación por parte del Comité Editorial de la revista.
- ✓ Que han respetado el derecho a la intimidad de las personas que participaron en la investigación;
- ✓ Que han cumplido con las normas éticas de experimentación con humanos o animales;
- ✓ Que han incluido en los agradecimientos a las personas que, sin ser autores, participaron de forma especial en la realización del estudio.
- ✓ Indicar que los autores no tienen conflictos de intereses.
- ✓ Autorizar a la revista Cuadernos de Semilleros de Investigación para reproducir el texto, las figuras o cualquier otro material con derechos de autor reservados; y para realizar ajustes en el contenido y estilo del artículo por parte de los revisores de inglés u otro idioma y de estilo.
- ✓ Indicar cuál autor se encargará de recibir y enviar la correspondencia; de lo contrario, se asumirá que el primer autor asumirá las funciones antes mencionadas.
- ✓ Incluir el nombre completo (nombre y dos apellidos), documento de identificación y firma de todos los autores.

Comité Editorial

Revista: Cuadernos de Semilleros de Investigación

CUADERNOS DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN

Publicación de la Fundación Universitaria
Agraria de Colombia, UNIAGRARIA.
Editado en la ciudad de Bogotá D.C., 2023 por
Entrelibros SAS, www.entrelibros.co



UNIAGRARIA
LA U VERDE DE COLOMBIA

Sede Principal: Calle 170 No. 54A-10
Bogotá - Colombia
PBX: 667 1515

informes@uniagraria.edu.co

www.uniagraria.edu.co