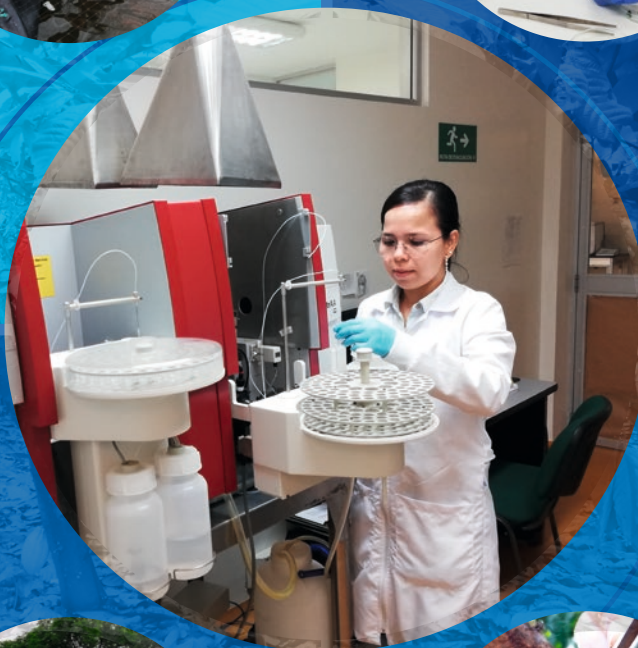




GIAA

Revista agropecuaria y
agroindustrial La Angostura

No. 6 • Año 6
diciembre de 2019
Huila, Colombia
ISSN: 2422-0493



SENNNOVA

Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación



TECNOPARQUE
Nodo La Angostura / Programa SENA

Revista Agropecuaria y Agroindustrial La Angostura

Centro de Formación Agroindustrial La Angostura

No. 6; Año 6. Diciembre de 2019. Huila, Colombia. ISSN: 2422-0493

Con el apoyo del Grupo de Investigación Agroindustrial La Angostura

Director de la revista

Cándido Herrera González

cherrerag@sena.edu.co

Comité editorial y científico

Andrea Melisa Vásquez

Claudia Mercedes Ordóñez

Dayana Moreno

Leidy Machado Cuellar

Sergio Andrés Orduz

Yuli Marcela Ordóñez

Paula Marcela Vidal

Vanessa Yara

Coordinación editorial

Sílaba Editores SAS

Corrección de estilo

Rubelio López

Diseño y diagramación

Juan Carlos Vélez S.

Servicio Nacional de Aprendizaje

Directivos SENA

Carlos Mario Estrada Molina

Director General SENA

Farid de Jesús Figueroa Torres

Director de Formación Profesional y Coordinador Grupo de Gestión Estratégica de la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (SENNOVA)

Fermín Beltrán Barragán

Director Regional (E) - SENA Regional Huila

Cándido Herrera González

Subdirector - Centro de Formación Agroindustrial La Angostura SENA Regional Huila

Isaías Farfán Collazos

Coordinador Formación Profesional Centro de Formación Agroindustrial La Angostura SENA Regional Huila

Sergio Andrés Orduz Tovar

Líder SENNOVA, Centro de Formación Agroindustrial La Angostura

Gloria Maritza Sánchez Alarcón

Coordinadora Académica Centro de Formación Agroindustrial La Angostura

Andrea Melisa Vásquez Riascos

Dinamizadora Tecnoparque Centro de Formación Agroindustrial La Angostura

Distribución: gratuita

Revista anual

Fecha de publicación: diciembre de 2019

Fotografías interior y carátula: Banco de imágenes Centro de Formación Agroindustrial La Angostura.

Foto principal de carátula: Nancy Cachaya

Centro de Formación Agroindustrial La Angostura

Tecnoparque nodo La Angostura

Dirección: Kilómetro 38 vía al sur de Neiva; Campoalegre (Huila).

Teléfonos.: (578) 8380191-8385060

Páginas web: <http://sena.edu.co/regionales-y-centros-de-formacion/zona-andina/Huila/Paginas/Huila.aspx>

<http://centroagroindustrial.blogspot.com>

Correo electrónico: angostura@sena.edu.co

Se autoriza la reproducción total o parcial de la obra para fines educativos siempre y cuando se cite la fuente.

CONTENIDO

EDITORIAL	4
VALORACIÓN NUTRICIONAL DE ESPECIES FORRAJERAS ASOCIADAS A SISTEMAS PECUARIOS EN EL NORTE DEL HUILA	6
DOI: https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.1	
<i>NUTRITIONAL ASSESSMENT OF FORAGE SPECIES ASSOCIATED WITH LIVESTOCK SYSTEMS IN NORTHERN HUILA</i>	
Jorge Andrés Perdomo Vargas, Elver Arley Herrera Hernández, Laura Constanza Rojas Basto, Diego Orlando Grisales Cabrera, David Saavedra Mora, Sofía Imelda Mora-Lamilla	
CULTIVO DE LARVA DE MOSCA PARA SU USO COMO FUENTE DE PROTEÍNA PARA ALIMENTACIÓN ANIMAL	19
DOI: https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.2	
<i>FLY LARVA CULTURE FOR USE AS A SOURCE OF PROTEIN FOR ANIMAL FEED</i>	
Jorge Mario Olivar Barreto, Ricardo Pinzón, Yoly Dayana Moreno, Cristian Chavarro	
EFFECTO ANTIHELMÍNTICO DEL ORÉGANO (<i>ORIGANUM VULGARE</i>) EN EQUINOS EN PREDIO DEL MUNICIPIO DE PAUJIL - CAQUETÁ	27
DOI: https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.3	
<i>ANTHELMINTIC EFFECT OF OREGANO (ORIGANUM VULGARE) IN HORSES ON THE PREMISES OF THE MUNICIPALITY OF PAUJIL - CAQUETÁ</i>	
Sergio Falla Tapias, Paula Andrea Cárdenas, Fernando Perdomo losada, Angela Joana Ávila Acosta	
EXTRACCIÓN DE METABOLITOS SECUNDARIOS DE ORÉGANO (<i>ORIGANUM VULGARE</i>) DE DIFERENTES PISOS TÉRMICOS POR EL MÉTODO DE HIDRODESTILACIÓN	39
DOI: https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.4	
<i>EXTRACTION OF SECONDARY OREGANO METABOLITES (ORIGANUM VULGARE) FROM DIFFERENT THERMAL FLOORS BY THE HYDRODESTILATION METHOD</i>	
Sergio Falla Tapias, Jorge Mario Olivar, Yudy Paola Artunduaga	
CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA DEL CAFÉ DE LOS MUNICIPIOS CAFETEROS DEL NORTE DE ANTIOQUIA-FASE 1	45
DOI: https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.5	
<i>CHARACTERIZATION OF THE PHYSICAL QUALITY OF COFFEE FROM MUNICIPALITIES IN NORTHERN ANTIOQUIA-PHASE 1</i>	
Andrés F. Mendoza, Germán Maya, Juan D. Lopera, Paulina Arboleda, Julián López	

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE FILTRO AIREADOR PARA PISCICULTURA DOI: https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.6 <i>DESIGN AND CONSTRUCTION OF A PROTOTYPE OF AERATOR FILTER FOR FISH FARMING</i> Diego Fernando Pineda Rojas, Luis Alberto Curtidor Guataqui	52
TRANSFORMACIÓN DEL TAMO DE ARROZ A PAPEL ECOLÓGICO COMO ESTRATEGIA DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL DOI: https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.7 <i>TRANSFORMATION OF THE RICE HUSK TO ECOLOGICAL PAPER AS AN ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY STRATEGY</i> Luis Alexander Carvajal Pinilla, Valentina Díaz Páez, Valentina Jiménez Medina	60
DESAFÍOS TECNOLÓGICOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRAZABILIDAD DE CACAO (<i>THEOBROMA CACAO</i> L.): REVISIÓN LITERARIA DOI: https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.8 <i>TECHNOLOGICAL CHALLENGES FOR THE IMPROVEMENT OF TRACEABILITY OF COCOA (THEOBROMA CACAO L.): LITERARY REVIEW</i> Jean Carlo Quintero-García, Valentín Murcia-Torrejano, Juan David Caviedes-Morales, Kathryn Yadira Guzmán-Pacheco, David Saavedra-Mora	68
VALORIZACIÓN DE METABOLITOS SECUNDARIOS PRESENTES EN LA SEMILLA DE AGUACATE (<i>PERSEA AMERICANA</i>) DOI: https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.9 <i>ADD VALUE TO SECONDARY METABOLITES FROM SEED AVOCADO (PERSEA AMERICANA)</i> Liliana Marcela Moreno, Angélica Sandoval Aldana	81
ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE VIVIENDA EN COLOMBIA CASO GUADUA DOI: https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.10 <i>ANALYSIS OF THE CONSTRUCTION SYSTEMS OF HOUSING IN COLOMBIA - CASE GUADUA</i> Juan Pablo Villamil Poveda	91
EL CUENTO DE “LA ANGOSTURA” DOI: https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.11	103

EDITORIAL

La gestión del conocimiento, el empalme generacional y el campo colombiano

Es común aceptar, que en los tiempos que corren, se vivencian una serie de cambios acelerados y turbulentos que generan tensión. Los conflictos sociales, las guerras ideológicas, o simplemente, las diferencias entre unos y otros, acentúan un clima de turbación que a su vez genera zozobra e incertidumbre. Pero estas circunstancias se acompañan de innovaciones y desarrollos tecnológicos vertiginosos. Todo lo anterior conlleva a la marginación de temas sensibles y prioritarios para nuestro país, como lo son la atención al sector rural y los factores concomitantes como el desarrollo integral, la seguridad alimentaria, la productividad, la equidad y la competitividad.

Según un informe reciente de la FAO contenido en el Mapa de Hambre del año 2019, cerca de 821 millones de personas están subalimentadas en el mundo; el efecto de esta degradación en la provisión de alimentos de calidad se sustenta en el poco crecimiento de la economía global, los diferentes conflictos que generan las migraciones masivas y el acelerado cambio climático. El aumento de la temperatura en el globo terráqueo afecta la productividad agrícola, la generación de alimentos y los recursos naturales.

Estas condiciones, que revisten gravedad para la convivencia armónica del planeta, hacen que la seguridad alimentaria se erija en el centro de atención de la agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Bien sea para poner fin a la pobreza y el hambre, para responder al cambio climático o para conservar nuestros recursos naturales, el reto es la inclusión de la juventud como

agente generacional que promueva el uso de la tecnología, la innovación, la investigación, la asociatividad y el emprendimiento, con responsabilidad y visión de futuro.

En el SENA, y específicamente en el Centro de Formación Agroindustrial La Angostura, se gestiona conocimiento a partir de la formación, la sistematización y el análisis de experiencias de proyectos de desarrollo rural y la investigación aplicada con un enfoque de apropiación tecnológica en los territorios. Se ha orientado el foco de esfuerzos a la búsqueda de soluciones innovadoras para la mitigación de la pobreza rural y la cualificación del talento humano como herramienta para el estímulo de la productividad y la competitividad. La convergencia de estos componentes ha impactado en la generación de ingresos y más empleos, validando la pertinencia y el acierto de nuestra labor institucional.

Para lograr el escenario deseado es necesario que todos los actores del estado trabajemos de manera articulada y sincrónica en todos sus niveles. La academia, el sector productivo, los gremios, los entes territoriales, coadyuvados por la cooperación internacional, permitirán implementar proyectos pertinentes y sostenibles. Es momento de democratizar el conocimiento y de ponerlo al alcance de los pobladores rurales. Ellos también deben contar con canales de acceso a los beneficios asociados al advenimiento de la IV Revolución industrial, que en sabia mixtura con los saberes ancestrales, consolidarán una sociedad del conocimiento en concordancia con los desafíos del mundo contemporáneo.



VALORACIÓN NUTRICIONAL DE ESPECIES FORRAJERAS ASOCIADAS A SISTEMAS PECUARIOS EN EL NORTE DEL HUILA

DOI: <https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.1>

Jorge Andrés Perdomo Vargas

Elver Arley Herrera Hernández

Aprendices del Centro de Formación Agroindustrial La Angostura

Laura Constanza Rojas Basto

Diego Orlando Grisales Cabrera

David Saavedra Mora

Profesionales de SENNOVA

Sofía Imelda Mora-Lamilla

Instructora e investigadora

Palabras clave: Fibras totales, proteína cruda, materia seca.

Resumen: La ganadería en zonas de vida del bosque seco tropical (Bs-T) es de vital importancia para la economía local; para ello, se busca la implementación de especies forrajeras nutritivas, de fácil digestibilidad y adaptables a las condiciones agroecológicas de Bs-T, especialmente en época seca. El objetivo de este estudio fue evaluar los componentes nutricionales de 20 plantas forrajeras, una de ellas la *Tephrosia purpurea* (L) como nueva especie con potencial. Para ello se tomaron los datos suministrados por AGROSAVIA a partir de análisis bromatológicos y se realizó un análisis de los componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés) y los conglomerados para agrupar las especies con relación a los valores nutricionales y describir las variables. Se encontró una explicación del 55,9 % en el PCA, donde se relacionan tres grupos sobresalientes para FDA, FDN, PC y MS, entre otras variables, siendo la especie *Tephrosia purpurea* (L.) la que presenta equilibrio nutricional.

NUTRITIONAL ASSESSMENT OF FORAGE SPECIES ASSOCIATED WITH LIVESTOCK SYSTEMS IN NORTHERN HUILA

Abstract: Livestock in living areas of the tropical dry forest (Bs-T) is of vital importance for the local economy. For this purpose, it is significant the use of forage species that contain a high content of energy, protein and are easily digestible and adaptable to the Bs-T agroecological conditions, especially in the dry season. The objective of this study was to evaluate the nutritional components of 20 native forage plants. The *Tephrosia Purpurea* (L.) was selected as a new species with potential use for livestock economies. We took the data provided by AGROSAVIA from bromatological analyzes. An analysis of PCA and clusters was carried out to assemble the species in relation to nutritional value. The results of PCA showed that the variables of FDN, FDA, MS and PC have a significant weight when selecting species with forage potential in livestock systems, being the *Tephrosia purpurea* (L.) the species that presents nutritional balance.

Keywords: Total fibers, crude protein, dry matter.

Introducción

La ganadería juega un papel importante en la economía de los pequeños y medianos productores de América Latina y el Caribe; en el contexto de Colombia, alrededor de 500.000 ganaderos viven de esta actividad, de los cuales 330.000 son considerados pequeños productores (Gumucio et al., 2016; FEDEGAN, 2017). Actualmente, el 70 % de la ganadería bovina se encuentra bajo sistemas de producción extensiva y, dadas las condiciones de manejo de las pasturas, el clima y la baja fertilidad de los suelos, la ganadería es considerada una de las principales actividades causantes de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) (Andrade y Castro, 2012; Sotelo et al., 2017; Durango et al., 2017), registrando un total del 14,5 % de las emisiones a nivel global; sumado a esto, la pérdida de nitrógeno (N), energía y materia orgánica disminuye la eficacia y productividad de los recursos naturales (Gerber et al., 2013; Marín et al., 2017; Villanueva et al., 2018), lo que genera un balance negativo para la ganadería por

las variaciones climáticas que afectan la producción de pastizales y cultivos transitorios (Malik et al., 2015; Villanueva et al., 2018).

Bajo estos antecedentes, la ganadería ha adoptado cambios en la producción hacia sistemas alternativos que proporcionan servicios ecosistémicos para la mitigación de la variabilidad climática y el incremento de la producción de biomasa (Casanova-Lugo et al., 2014; Cardinael et al., 2017), logrando mejorar la productividad y la calidad de los forrajes, reduciendo los tiempos estimados para la producción de carne y leche, en comparación con la ganadería convencional (Sotelo et al., 2017; Pérez et al., 2017), y manteniendo la disponibilidad de alimento (Tapia-Coral et al., 2005).

Una de las especies menos estudiadas es la *Tephrosia purpurea* (L.) Pers., perteneciente a la familia Fabaceae, herbácea perenne que alcanza una altura de 4 a 9 m y que ocasionalmente supera los 1,5 m de longitud, sus hojas son de forma imparipinnada y tienen

estípulas estrechamente triangulares. Este género se distribuye en regiones tropicales y subtropicales del mundo, entre los 400 y los 1300 m s. n. m. (Patel et al., 2010; Arriaga et al., 2014; Babu et al., 2017). Es un arbusto popularmente conocido en el noreste de Brasil como “anil-bravo” y en la India como “rapunkha” (Pavana et al., 2008; Arriaga et al., 2014).

Esta especie se destaca por su uso medicinal como cicatrizante, antidiabético y antiséptico (Jain et al., 2009; Nile et al., 2014; Verma et al., 2017), y en el tratamiento de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo, la actividad de radicales libres y la inflamación, por contener componentes químicos de flavonoides (Bhadada et al., 2016; Babu et al., 2017; Bhardwaj y Shrivastava, 2016). Por otra parte, mediante la extracción de hidrolato y aceite esencial, funciona como larvicida y antimicrobiano (Arriaga et al., 2014). En algunas zonas del trópico húmedo es sembrada para el uso de abonos verdes y la recuperación de suelos degradados, gracias a su aporte de materia orgánica (Jiménez et al., 2006).

En este orden de ideas, es importante la validación y fomentar el mejoramiento de los sistemas con especies adaptadas a las condiciones de cada región (DNP-BID, 2014). Por esta razón, la presente investigación tuvo como objetivo determinar y valorar los componentes nutritivos de *T. purpurea* y demás especies arbóreas con potencial forrajero en la zona de Bs-T, asociadas a los sistemas silvopastoriles, como insumo orientador para el uso de alternativas alimenticias en sistemas ganaderos.

a 612 m s. n. m. en la zona norte del departamento del Huila. La temperatura promedio es 28 °C, la humedad relativa promedio es de 62 %, la precipitación promedio anual es de 1300 a 1800 mm con dos periodos de lluvia, pues el resto del año prevalece la sequía (Saavedra et al., 2017). Según Holdridge (1987), la clasificación ecológica en el municipio de Campoalegre se encuentra en la zona de vida de bosque seco tropical (Bs-T).

Determinación bromatológica

En primera instancia, se realizó una revisión bibliográfica acerca de las principales especies de uso en la zona de vida Bs-T, determinando las 20 especies forrajeras con mayor adaptación a las condiciones agroecológicas, variaciones climáticas, resistencia a los efectos de sequía, a las plagas y enfermedades, y con los tiempos de recuperación más cortos. Una vez fueron seleccionadas, se referenció la información mediante la base de datos AlimenTro de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) (tabla 1).

Para la determinación del contenido nutricional de *T. purpurea* como especie nueva sin datos al respecto, se eligieron las plantas más saludables, destinadas en su momento como sombrío transitorio en dos lotes de producción agrícola pertenecientes al Centro de Formación Agroindustrial La Angostura. Para realizar el muestreo, se escogió 10 plantas totalmente al azar por cada surco, obteniendo de cada surco una muestra de 500 g; estas muestras fueron enviadas al laboratorio de AGROSAVIA para realizar el análisis bromatológico mediante los métodos referenciados en la tabla 1.

Metodología

Área de estudio

La investigación se realizó en el Centro de Formación Agroindustrial La Angostura, SENA Regional Huila, ubicado en el municipio Campoalegre, y localizado a 2°41'06.30" latitud Norte, -75°19'35.91 longitud oeste,

Tabla 1. Métodos para la determinación de variables nutricionales en especies forrajeras

VARIABLE	MÉTODO	AUTORES
Materia Seca (MS)	Secado en horno a 105 °C	Helrick (1990)
Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Ácido (FDA), lignina (LIG) Carbohidratos Solubles (CS)	Van Soest	Van Soest (1991)
Proteína Cruda (PC)	Micro Kjeldahl	Temminghoff (2010)
Cenizas (Ce)	Ignición (análisis de residuos inorgánicos)	Helrick (1990)
Energía Bruta (EN)	Calorimetría	
Extracto Etéreo (EXET)	Método de Soxhlet	Helrick (1990)
Taninos (TAN)	N-Butanol/HCl/	Romero (2000)
Digestibilidad de MS (DIM), Nutrientes Digestibles totales (NDT o TDN)	<i>In vitro</i>	Tilley y Terry (1963) modificado por Goering y Van Soest (1970) y ajustado por Ankom (1998)
Almidones Totales (AT)	Tratamiento enzimático	Ruiz y Ruiz (1990)
Fenoles Totales (FT)	Folin	Makkar (2003)

Análisis de datos

Para la valoración de los principales nutrientes en la calidad del forraje, se realizó una descripción general de la especie *T. purpurea*. Luego, mediante el PCA, se identificó las variables con influencia en la calidad del forraje, después, mediante un análisis de agrupamiento jerárquico bajo el método de mínima varianza de Ward y la distancia euclídea² (este análisis considera la medida de disimilitud en una distancia de atributos) (Kaiser y Rice, 1974), se identificó las especies forrajeras respecto a las variables de calidad. Los análisis se realizaron empleando el paquete estadístico InfoStat (*Di Rienzo et al.*, 2018).

Resultados

Valoración del contenido nutricional de la *Tephrosia purpurea* (L.)

La *T. purpurea* es una especie introducida en Colombia, de la cual muy pocos estudios se han llevado a cabo para describir su comportamiento en los dife-

rentes climas presentes en este país; por lo tanto, en este estudio se comparan sus características con otras plantas forrajeras usadas en la región. De acuerdo a los datos obtenidos de AlimenTro, *T. purpurea* contiene un total de 19,75 % de PC, por encima del gomo (*Cordia alba*), el bohío (*Clitoria fairchildiana*), la cratilia (*Cratylia argentea*), el cachingo (*Erythrina poeppigiana*), el guácimo (*Guazuma ulmifolia*), la moringa (*Moringa oleifera*, *M. nigra*) y la morera (*Morus alba*); también existen especies con mayor contenido proteico, como igúa (*Albizia guachapele*), el casco de vaca (*Bauhinia variegata*), el raspayuco (*Chloroleucon bogotanense*), la leucaena (*Leucaena leucocephala*), el matarratón (*Gliricidia sepim*), el dinde (*Maclura tinctoria*) y el botón de oro (*Tithonia diversifolia*); esta última tiene un bajo nivel respecto a las otras 19 plantas en las que, según Lizotte *et al.* (2015), el contenido de ceniza es inversamente proporcional al contenido de energía, y aumenta debido a la contaminación en el suelo por combustión de materiales (altos índices de ceniza).

Tabla 2. Datos obtenidos sobre el contenido nutricional de las 20 especies forrajeras analizadas

Especie	Nombre Común/ Código	MS	PC	Ce	EXET	FDN	FDA	LIG	TAN	NUD	DIM	EN	AT	FT	CS
<i>Albizia guachapele</i> (Kunth)	Iguá - ALGU	30,87	20,32	8,29	3,22	43,87	21,57	5,05	1,72	63,04	68,92	4,29	8,75	2,16	0,34
<i>Bauhinia variegata</i> (L.)	Casco de vaca-BAVA	29,26	22,02	8,39	2,95	34,39	16,4	3,56	2,64	57,85	63,32	4,15	7,48	2,26	0,46
<i>Clitoria fairchildiana</i> (R. A. Howard)	Bohío-CLIFA	30,91	17,58	7,9	1,6	47,39	29,45	5,74	1,96	59,21	64,79	4,17	7,87	2,68	1,15
<i>Chloroleucon bogotense</i> (Britton y Killip)	Raspayuco-CHBO	30,07	21,83	9,11	3,52	42,12	21,18	4,63	1	64,27	70,25	4,3	10,94	1,37	0,56
<i>Cratylia argentea</i> (Desv)	Cratylia-CRAR	27,9	16,86	9,81	2,58	51,39	30,88	5,7	0,56	57,77	63,23	4,07	8,44	0,78	0,45
<i>Cordia dentata</i> (Poir)	Gomo-CODE	24,42	18,91	15,23	1,09	41,97	19,87	3,45	2,1	62,5	68,33	3,92	7,19	2,45	0,48
<i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp)	Cambulo-ERPO	23,67	18,43	8,42	2,61	49	29,36	5,17	0,83	59,37	64,97	4,19	9,42	0,99	0,31
<i>Guazuma ulmifolia</i> (Lam.)	Guácimo-GUUL	24,14	15,49	9,78	2,07	43,06	21,61	4,5	1,63	59,46	65,06	4,08	9,25	1,96	0,54
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.)	Matarratón-GLCE	26	21,59	9,36	2,42	35,64	20,46	3,28	1,6	64,7	70,71	4,18	9,24	1,86	1,46
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.)	Leucaena-LELE	29,26	22,02	8,39	2,95	34,39	16,4	3,56	2,64	66,22	72,35	4,27	6,12	3,02	1,07
<i>Maclura tinctoria</i> (L.)	Dinde-MATI	35,58	22,34	14,92	3,4	37,84	16,64	1,89	0,79	65,97	72,08	4,05	4,97	1,04	0,25
<i>Moringa oleifera</i> (Lam.)	Moringa-MOOT	15,54	17,29	9,95	2,7	43,9	24,79	3,47	0,96	59,86	65,49	4,12	9,05	1,27	1,34
<i>Morus nigra</i> (L.)	Morera-MONI	19,64	18,05	14,02	2,98	32,49	15,78	2,26	1,04	63,05	68,93	4,05	9,12	1,28	0,99
<i>Tephrosia purpurea</i> (L.)	Tephrosia-TEPU	24,49	19,75	6,6	1,84	37,54	24,41	5,43	1,28	61,79	67,57	4,11	4,21	2,09	2,51
<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.)	Botón de oro-TIDI	16,96	22,39	13,67	1,64	32,44	14,53	2,19	1,25	66,46	72,61	4,04	4,93	1,64	1,2

Fuente: Sistema de información abierto sobre recursos alimenticios utilizados en alimentación animal en Colombia: AlimenTro, de AGROSAVIA.

Variables: MS = Materia Seca (g 100 g 1 MS); PC = Proteína Cruda (g 100 g 1 MS); Ce = Ceniza (g 100 g 1 MS); EXET = Extracto Etéreo (g 100 g 1 MS); FDN = Fibra Detergente Neutro (g 100 g 1 MS); FDA = Fibra Detergente Ácido (g 100 g 1 MS); LIG = Lignina (g 100 g 1 MS); TAN = Taninos (g 100 g 1 MS); NUD = Nutrientes Digestibles Totales (g 100 g 1 MS); DIM = Digestibilidad de MS (g 100 g 1 MS), EN = Energía Bruta (kcal. g 1 MS), AT = Almidón Total (g 100 g 1 MS); FT = Fenoles Totales (g 100 g 1 MS); CS = Carbohidratos Solubles (g 100 g 1 MS).

Cuando los forrajes tienen un alto contenido de fibras, estas afectan la degradación del alimento en el proceso digestivo del rumiante; debido a eso, la actividad de los microorganismos que intervienen en el proceso digestivo aumenta, incrementando la producción de metano (CH_4) y, por ende, aumentando el gasto de energía y limitando la producción. Según los datos nutricionales, el contenido de FDN de la *Tephrosia purpurea* (L.) Pers es bajo (37,54 %) con respecto a las demás plantas forrajeras analizadas; este componente se conoce como la parte suave del forraje y consta principalmente de hemicelulosa, celulosa y lignina. Ahora bien, entre mayor sea el contenido de FDN, menor es el consumo del rumiante. Por otro lado, el FDA, que consta de celulosa, lignina, cutina y sílica, y se conoce como la parte dura de los forrajes, en la *T. purpurea* tiene un valor de 24,41 %, lo que se considera equilibrado (Cruz y Sánchez, 2000; Bedoya et al., 2016).

El contenido de lignina es alto, con un valor de 5,5 %, lo que resulta negativo debido a que la lignina es un compuesto presente en las paredes celulares responsable de la rigidez estructural, lo que limita físicamente la actividad de las bacterias degradadoras; además, posee ácidos que son indigeribles, aunque estos están presentes mayormente en las gramíneas. (Hernández, 2010; Herrera et al., 2017). Esta planta posee también 1,28 % en concentración de taninos, los cuales actúan de forma anti-nutricional cuando se encuentran en altas cantidades, ya que siendo su-

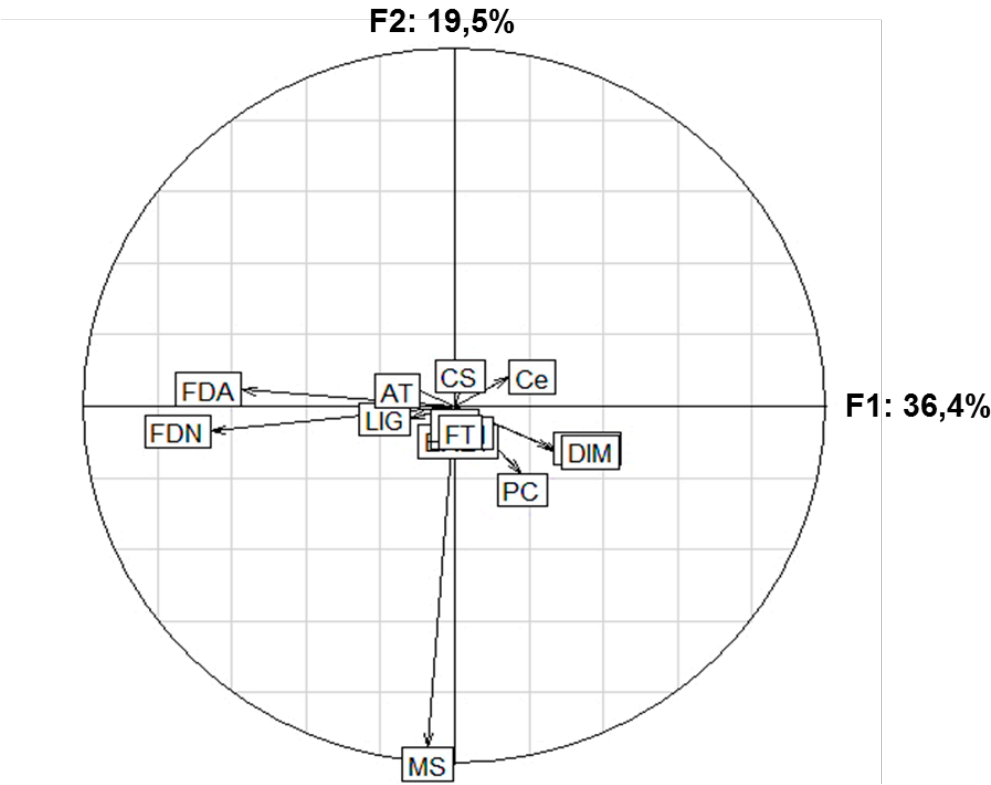
ministrados de forma moderada pueden ocasionar un impacto positivo en la producción del rumiante al reducir la actividad microbiana, al mismo tiempo que mitiga la emisión de metano y aumenta el paso de proteínas (Jenko et al., 2018). Teniendo en cuenta los ocho parámetros analizados, la planta forrajera con mayor promedio fue la *Cratylia*, con un valor total de 18,21, seguido por el bohío, con un promedio de 17,81, mientras que en último lugar se encuentra el botón de oro, con un promedio de 13,13.

Con un total de 2,51 en contenido de carbohidratos solubles, *T. purpurea* cuenta con el contenido más alto en comparación con las otras plantas forrajeras. Según Vargas (2015), en su estudio sobre metano entérico en sistemas pastoriles, los carbohidratos solubles en una concentración moderada disminuyen la emisión de gases de efecto invernadero. *T. purpurea* cuenta con un contenido total de 2,09 de fenoles, por debajo de la leucaena, el iguá, el gomo, el bohío y el casco de vaca. Los fenoles en concentraciones bajas o moderadas contribuyen en la producción de la proteína sobre-pasante, la cual es útil en los procesos digestivos del rumiante (Obando y JoJoa, 2018). En cuanto al contenido de almidones, esta planta obtuvo el valor más bajo, con 4,21 %; tanto los azúcares como los almidones, al ser suministrados en condiciones desbalanceadas, pueden inducir a trastornos digestivos como la acidosis ruminal (Bretschneider, 2016).

Descripción de las principales variables nutricionales

El PCA permitió identificar las variables más asociadas en la calidad de forraje. El F1 explica el 36,4 % que separa las variables FDN y FDA, incluidos los AT y la LIG. En el F2, con 19,5 %, se ubican aquellas especies con mayor MS; y un tercer grupo reúne las demás variables: PC, DIM, CE, EXET, TAN, TDN, EB, FT, y CS. De esta manera, existe una explicación del PCA de 55,9 %.

Figura 1. Ordenamiento de las variables de calidad de forraje con relación a las especies con mayor uso en la zona del norte del departamento del Huila. Las abreviaturas se encuentran en la tabla 2



Fuente: Elaboración propia.

FDN y FDA son indispensables para mantener la funcionalidad ruminal, estimular el masticado y la rumia, y mantener un pH ruminal adecuado, permitiendo equilibrar la actividad de la microfauna digestiva. Las fibras están asociadas con la producción de leche, siendo precursoras de la grasa láctea. Una mala alimentación, con alto contenido de fibras, puede aumentar el gasto energético, así como la producción de metano y consumos voluntarios (Weiss, 1993a, 1993b; Cruz y Sánchez, 2000; Bedoya *et al.*, 2016). Respecto a la MS, allí es donde se encuentran concentrados los nutrientes, y varía en las especies forrajeras, así como también varía el contenido de PC, mientras que la cantidad de nitrógeno dependerá del proceso digestivo en los bovinos (Jiménez *et al.*, 2004; Juárez *et al.*, 2005; Juárez y Bolaños 2014), y se relaciona con el AT y la LIG, favoreciendo la palatabilidad

e ingesta animal, y teniendo efectos positivos sobre la degradación del rumen y la síntesis de la grasa láctea (Fondevila 2015), aunque la LIG puede ser una barrera física que impide el rompimiento de las paredes celulares y dificulta la adquisición del contenido celular, al no tener una nutrición equilibrada (Moore y Jung, 2001; Francesa, 2017).

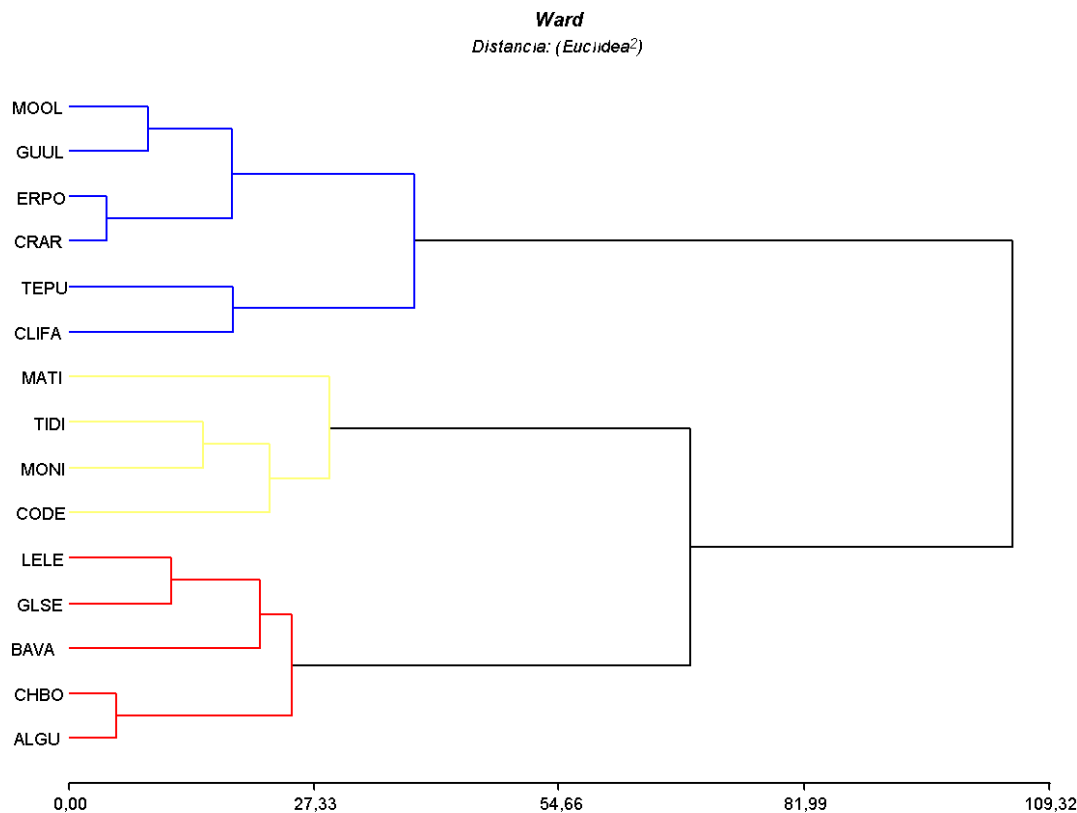
Agrupamiento de las especies forrajeras con relación a su valor nutricional

En el análisis de agrupamiento jerárquico, para identificar las especies con relación a las variables nutricionales, se formaron tres grupos. En el primer grupo se asocian las especies forrajeras *C. argentea* (Desv.)

(CRAR), *T. purpurea* (L.) (TEPU), y *C. fairchildiana* (R. A. Howard) (CLIFA), ya que cuentan con alto contenido de FDN, FDA, LIG y AT. En el segundo grupo se ubican especies como *M. tinctoria* (L.) (MATI) y *T. diversifolia* (Hemsl.) (TIDI), que cuentan con mayor contenido en Ce. Finalmente, en el tercer grupo de conglomerados se encuentran las plantas *L. leucocephala* (Lam.) (LE-

LE), *G. sepium* (Jacq.) (GLSE), y *B. variegata* (L.) (BAVA), con mayor contenido de PC, MS, y otras variables como EXET, TAN, NUD, EN, FT, CS. Estos resultados han demostrado que la especie con mayor calidad fue *T. purpurea* (L.) debido a su contenido nutricional equilibrado (figura 2).

Figura 2. Conglomerados de las especies forrajeras con relación al valor de importancia de las variables nutricionales. Las abreviaturas se encuentran en la tabla 2



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Se encontró que la leguminosa forrajera *T. purpurea* (L.) tiene un contenido nutricional que favorece la producción ganadera, además de que se adapta a las condiciones agroecológicas del Bs-T. En el PCA se evidenció que las variables de FDN, FDA, MS y PC tienen un peso significativo al momento de seleccionar las espe-

cies con potencial forrajero en los sistemas ganaderos. Los resultados reflejan tres conglomerados, donde se asocian las especies relacionadas con los componentes nutricionales. Los resultados de esta investigación son útiles en procesos de consolidación de una línea base sobre especies asociadas a los sistemas ganaderos con

potencial forrajero, como alternativa de alimentación para fortalecer el sector ganadero, para la implementación de sistemas sostenibles y para plantear dietas nutricionales balanceadas según las características del hato ganadero.

Referencias bibliográficas

- Andrade, G. I. y Castro, L. G. (2012). "Degradación, pérdida y transformación de la biodiversidad continental en Colombia, invitación a una interpretación socio ecológica". *Ambiente y Desarrollo*, XVI(30): 53-71.
- ANKOM (1998). "Procedures for fiber and in vitro analysis" [en línea]. Accesible en Internet: [Consulta: 1 junio 2002].
- Arriaga, A. M.; María da Conceicao, F.; Da Silva, M. G. R.; De Lemos, T. L.; Da Silva, F. R. L.; Tavares, L. C.; y Braz-Filho, R. (2014). "*Tephrosia purpurea*: A Source of Larvicidal Compounds Against *Aedes Aegypti*". *Chemistry of Natural Compounds*, 50(6): 1125-1127.
- Babu, N.; Singh, A.; y Singh, R. (2017). "A review on therapeutic potential and phytochemistry of *Tephrosia purpurea*". *Bulletin of Pure & Applied Sciences-Botany*, (2).
- Bedoya-Mazo, S.; Noguera, R. R.; y Posada, S. L. (2016). "Efecto de la especie donadora de inóculo ruminal sobre la degradación de la materia seca y producción de metano *in vitro*". *Livestock Research for Rural Development*, 28(5).
- Bhadada, S. V.; Vyas, V. K.; y Goyal, R. K. (2016). "Protective effect of *Tephrosia purpurea* in diabetic cataract through aldose reductase inhibitory activity". *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 83: 221-228.
- Bhardwaj, R. y Shrivastava, S. (2016). "*Tephrosia purpurea*: A natural herb/bliss". *International Journal of Phytomedicine*, 8(4): 468-471.
- Bretschneider, G. (2016). "Acidosis ruminal en el ganado lechero". Estación Experimental Agropecuaria Rafaela, CC 22, Rafaela (2300), Santa Fe, Argentina.
- Cardinael, R. et al. (2017). "Increased soil organic carbon stocks under agroforestry: A survey of six different sites in France". *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 236: 243-255. Disponible en: doi: 10.1016/j.agee.2016.12.011.
- Casanova-Lugo, F. et al. (2014). "Forage yield and quality of *Leucaena leucocephala* and *Guazuma ulmifolia* in mixed and pure fodder banks systems in Yucatan, Mexico". *Agroforestry Systems*, 88(1): 29-39.
- Cruz, C. y Sánchez González, J. M. (2013). "La fibra en la alimentación del ganado lechero". *Nutrición Animal Tropical*, 6(1).
- Di Rienzo J. A. et al. (2017). "InfoStat versión 2017". Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Durango, S.; Gaviria, X.; González, R.; Sotelo, M.; Gutierrez, J. F.; Chirinda, N.; y Barahona, R. (2017). "Iniciativas de mitigación al cambio climático en sistemas de producción de carne bovina en países tropicales". CCAFS Info Note. Copenhagen, Denmark: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Disponible en: <http://hdl.handle.net/10568/79950>.
- Federación Nacional de Ganaderos (FEDEGAN) (2017). *Balance y perspectivas del sector ganadero colombiano 2016-2017*. Oficina de Planeación. Consultado el 9 de septiembre de 2018. Disponible en: http://estadisticas.fedegan.org.co/DOC/download.jsp?pRealName=Balance_Perspectivas_2016_2017.pdf&ildFiles=645.
- Fondevila, M. (2015). *La importancia de los azúcares en la alimentación de los rumiantes*.

- Francesa, U. (2017.) *La Fibra en Forrajes Tropicales*. "Parte 1. Factores que afectan su Digestibilidad".
- Gerber, P. J.; Steinfeld, H.; Henderson, B.; Mottet, A.; Opio, C.; Dijkman, J.; y Tempio, G. (2013). *Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería. Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Roma.
- Goering, H. K. y Van Soest, P. J. (1970). *Análisis de fibra de forraje*. Servicio de Investigación Agrícola del USDA. Manual número 379. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Superintendente de Documentos, Oficina de Imprenta del Gobierno de EE. UU., Washington, DC.
- Gumucio, T.; Mora Benard, M. A.; Twyman, J.; y Ceballos, H. (2016). *Género en la ganadería: Consideraciones iniciales para la incorporación de una perspectiva de género en la investigación de la ganadería en Colombia y Costa Rica*. Documento de trabajo CCAFS no. 159. Copenhagen, Dinamarca: Programa de investigación de CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS).
- Helrick, K. (1990). *Métodos oficiales de análisis* (AOAC).
- Hernández, S. (2010). *Importancia de la fibra en la alimentación de los bovinos*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina.
- Herrera, M. L.; Bourrillón, A. R.; y Ramírez, C. Z. (2017). "Características nutricionales y fermentativas de ensilados de pasto Camerún con plátano pelipita". *Agronomía Mesoamericana*, 28(3): 629-642.
- Holdridge, L. R. (1987). "Ecología basada en zonas de vida". *Revista Agro américa*, 83.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2006). *Métodos analíticos del laboratorio de suelos*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (ed) sexta. Bogotá, Colombia, 637 p.
- Jain, A. y Singhai, A. K. (2009). "Effect of *Tephrosia purpurea* Pers on Gentamicin Model of Acute Renal Failure". En: C. T. Lim y J. C. H. Goh, *13th International Conference on Biomedical Engineering* (pp. 1438-1442). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Jiménez O. M. M. et al. (2004). "Calidad del pasto humidícola (*Brachiaria humidicola*) con fertilización orgánica e inorgánica en suelos ácidos". *Memorias de la XL Reunión Nacional de Investigación Pecuaria*. Mérida (México): Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 164.
- Jiménez, A. M.; Farfán, F.; y Morales, C. S. (2006). "Descomposición y transferencia de nutrientes de *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea* y *Tephrosia candida* como abonos verdes en cafetales".
- Juárez H. J. (2005) "Productive and nutritional performance of *Brachiaria brizantha* x *B. ruziziensis* (ruzi grass) in humid tropical conditions". *Cuban Journal Agricultural Science*, 39(4): 599-607.
- Juárez-Hernández, J. y Bolaños-Aguilar, E. D. (2014). "Las curvas de dilución de la proteína como alternativa para la evaluación de pastos tropicales". *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 23(1).
- Kaiser, H. F. y J. Rice. (1974). "Little Jiffy Mark IV". *Educational and Psychological Measurement*, 34(1): 111-117.
- Lizotte, P. L.; Savoie, P. ; y De Champlain, A. (2015). "Contenido de ceniza y energía calorífica de los componentes del rastrojo de maíz en el este de Canadá". *Energies*, 8 (6); 4827-4838.

- Makkar, H. P. S. (2003). "Quantification of tannins in tree and shrub foliage". *A laboratory manual*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. 102 p.
- Malik, P. K. et al. (2015). "Livestock production and climate change". Vol 6. ISBN CABI. Disponible en: 10.1079 / 9781780644325.0202.
- Marín, M. A. M.; Pescador, L. R.; Ramos, L. R.; y Charry, J. L. A. (2017). "Impacto de la actividad ganadera sobre el suelo en Colombia". *Ingeniería y Región*, 17: 1-12.
- Moore, K. J. y Jung H. G. (2001). "Lignin and fiber digestion". *Journal of Range Management*, 54: 420-430.
- Nile, S. H.; y Park, S. W. (2014). "α-Glucosidase Inhibitory Activity of Pyranochromenes and Root Extracts of *Tephrosia purpurea*". *Chemistry of Natural Compounds*, 50(6).
- Patel, A.; Patel, A.; Patel, A.; y Patel, N. M. (2010). "Determination of polyphenols and free radical scavenging activity of *Tephrosia purpurea* linn leaves (Leguminosae)". *Pharmacognosy research*, 2(3): 152.
- Pavana, P. S. y Sethupathy S., Manoharan (2008). "Protective Role of *Tephrosia purpurea* Ethanolic Seed Extract on Glycoprotein Components in Streptozotocin Induced Diabetic Rats". *International Journal of Pharmacology*, 4: 114-119.
- Pérez, A. N.; Ibrahim, M.; Villanueva, C.; Skarpe, C.; y Guerin, H. (2013). "Diversidad forrajera tropical 2. Rasgos funcionales que determinan la calidad nutricional y preferencia de leñosas forrajeras para su inclusión en sistemas de alimentación ganadera en zonas secas".
- Pérez, J. M. G. y Vera, J. V. A. (2017). "Cultivo y costos de un sistema silvopastoril intensivo (sspi) a base de gramíneas y *leucaena leucocephala* estudio de caso en Tepalcatepec, Michoacán, México". *Revista de Investigación en Ciencias de la Administración*, 8(15): 277-292.
- Romero, C. E. (2000). "Efecto del pastoreo con ovinos sobre la concentración de taninos condensados en *Gliricidia sepium* Jacq (Walp), en el trópico seco". Tesis de Maestría. Posgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima, México.
- Ruiz, M. E. y Ruiz, A. (1990). *Nutrición de rumiantes*. IICA Biblioteca Venezuela.
- Saavedra, D.; Machado, L.; Murcia, V.; y Rodríguez, D. (2017). "Incidencia de las condiciones climáticas sobre el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en el Municipio de Campoalegre-Huila. *Revista Agropecuaria y Agroindustrial La Angostura*, 4(1): 10-25.
- Sotelo, M. et al. (2017). "Sistemas sostenibles de producción ganadera en el contexto amazónico. Sistemas silvopastoriles: ¿una opción viable?". Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Disponible en: https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/89088/CIAT_VISION_AMAZONIA_SISTEMAS_SILVOPASTORILES.pdf?sequence=3.
- Sotelo, M.; Suárez Salazar, J. C.; Álvarez Carrillo, F.; Castro Núñez, A.; Calderón Soto, V. H.; y Arango, J. (2017). *Sistemas sostenibles de producción ganadera en el contexto amazónico. Sistemas silvopastoriles: ¿una opción viable?* Publicación CIAT No. 448. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 24 p. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10568/89088>.
- Tapia-Coral, S. C.; Luizão, F. J.; Wandelli, E.; y Fernandes, E. C. (2005). "Carbon and nutrient stocks in the litter layer of agroforestry systems in central Amazonia, Brazil". *Agroforestry Systems*, 65(1): 33-42.
- Temminghoff, E. J. M. (2010). "Methodology of chemical soil and plant analysis". Wageningen University, Wageningen.

- Tilley, J. M. A. y Terry, R. A. (1963). "A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops". *Grass and Forage Science*, 18(2): 104-111.
- Vargas, J. (2015). "Emisión de metano entérico en sistemas pastoriles: estrategias de reducción con potencial práctico". *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 18(2).
- Verma, N. y Singh, J. (2017). "Evaluación de la actividad hepatoprotectiva de la *Tephrosia purpurea* Linn. Vástago". *Revista Internacional de Investigación Científica Aplicada a la Educación*, 2(7).
- Villanueva, C.; Casasola, F.; y Detlefsen, G. (2018). "Potencial de los sistemas silvopastoriles al cambio climático y en la generación de múltiples beneficios en fincas ganaderas de Costa Rica". Turrialba, C.R. 1a ed. Serie técnica, boletín técnico/CATIE; no. 87: 61p.
- Weiss, W. P. (1993a.) "Evaluating nutritional quality of alternative feeds using chemical analysis". *Feeding and Nutrition*. Consultado el 9 de septiembre de 2018. Disponiblen en: http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/feeding/NUTRITIONAL_QUALITY_OF_ALT_FEEDS.html.
- Weiss, W. P. (1993b.) "Fiber requirements of dairy cattle: Emphasis NDF". *Department of Dairy Science*. Ohio, USA. 63-76.



CULTIVO DE LARVA DE MOSCA PARA SU USO COMO FUENTE DE PROTEÍNA PARA ALIMENTACIÓN ANIMAL

DOI: <https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.2>

Jorge Mario Olivar Barreto

Ricardo Pinzón

Yoly Dayana Moreno

Cristian Chavarro

*Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) - Regional Huila
Centro de Formación Agroindustrial La Angostura*

Resumen: El presente proyecto busca la utilización de residuos como la porquinaza, la gallinaza y el excremento bovino como sustrato para la producción de larva de mosca doméstica con alto valor nutricional, que pueda ser empleada como proteína en la formulación de raciones para la alimentación de pollos de engorde o en piscicultura. En tal sentido, se diseñó módulos para el cultivo de larva de mosca elaborados a partir de madera aglomerada, en los cuales fueron probados tres sustratos: porquinaza, gallinaza y excremento bovino, de los cuales solo de la porquinaza se obtuvo larva de forma considerable, con una producción promedio de 800 g diarios por un total de 5 días antes de cambiar nuevamente el sustrato. La producción promedio semanal fue de 4000 g, teniendo en cuenta que la producción inicia el segundo día de la siembra.

Las larvas obtenidas fueron deshidratadas a 70 °C durante 3 días, para evaluar su valor nutricional, hasta que la humedad de cada muestra fuera igual o menor a 9 %; posteriormente, fueron molidas. Para evaluar los valores nutricionales se realizó un análisis físico-químico de las muestras: el contenido de proteína se determinó por el método de Kjeldahl (AOAC Official Method) y el contenido de grasa (Extracto etéreo) por el método Soxhlet (NTC 668: 1973). Los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio mostraron que la larva deshidratada presenta un alto contenido de proteína, el cual se encuentra en torno al 66 %; con respecto a la grasa, el valor encontrado fue de 21 %. Estos resultados avalan el uso de la larva de mosca como fuente de proteína y grasa en la formulación de raciones. También fueron realizados análisis microbiológicos que mostraron que la harina de larva presentaba ausencia de coliformes fecales y un valor de mesófilos aerobios dentro de los valores aceptables para su uso en alimentación animal. La siguiente etapa de este experimento será la formulación de concentrados y su evaluación en la ganancia de peso en pollos de engorde.

Palabras clave: Alimentación animal, grasa, mosca doméstica, proteína.

FLY LARVA CULTURE FOR USE AS A SOURCE OF PROTEIN FOR ANIMAL FEED

Keywords: Animal feed, fat, housefly, protein.

Abstract: The present project seeks the use of residues such as porquinaza, chicken manure and bovine excrement as a substrate for the production of domestic fly larva with high nutritional value which can be used as a protein in the formulation of feed rations for broiler or fish farming, modules for fly cultivation made from agglomerated wood were designed, three substrates porquinaza, chicken manure and bovine excrement were tested of which only larvae of the porquinaza were obtained considerably with an average production of 800 g per day for a total of 5 days before changing the substrate again. The average weekly production was 4000 g taking into account that the start of production starts on the second day of planting.

To evaluate the nutritional value of the larvae obtained, these were dehydrated at 70 degrees for 3 days until the humidity of each sample was equal to or less than 9 % and subsequently ground, to evaluate the nutritional values a physical chemical analysis of the samples, the protein content was determined by the Kjeldahl method (AOAC Official Method and fat content) (Ethereal Extract) by the Soxhlet method (NTC 668: 1973). The results obtained in the laboratory tests showed that the dehydrated larva has a high protein content which is around 66 % with respect to fat, the value found was 21 %, these results support the use of larva as a source of protein and fat in the formulation of rations, microbiological analyzes were also carried out which showed that larval meal had an absence of fecal coliforms and a value of aerobic mesophiles within acceptable values for use in animal feed, the next stage of this experiment will be the formulation of concentrates and their evaluation of weight gain in broilers.

Introducción

El aumento de la demanda de alimentos (particularmente carne, pescado y huevos) ha llevado a una necesidad urgente de nuevos suministros seguros de proteína de fuentes sostenibles para su inclusión en la alimentación animal.

Más de 40 millones de toneladas de proteínas de cultivo, principalmente soya y maíz, son importadas anualmente a países de la UE, lo que representa el 80 % de sus proteínas de cultivo (Häusling, 2011). La disponibilidad de alimentos para el consumo humano a nivel mundial está muy afectada por las demandas que implica la producción ganadera en uso de tierra y agua. Se ha estimado que alrededor tres cuartos del

área agrícola del mundo están dedicados a producir ganado, ya sea directa o indirectamente. Por otro lado, la producción de cultivos forrajeros representa el 24 % de la producción mundial (Charlton *et al.*, 2015).

La producción de insectos, específicamente con la intención de ser usados como alimento para animales domésticos, ha sido objeto de evaluaciones durante varias décadas (Hem *et al.*, 2008; Newton *et al.*, 2005), pero aún no alcanzó una etapa en la que se pueda realizar un reemplazo significativo de la proteína tradicional utilizada para la producción ganadera con proteína a base de insectos (Charlton *et al.*, 2015).

El empleo con fines alimenticios de artrópodos adultos o inmaduros es común en diversas partes del mundo. Especialmente de la clase *Insecta*, en los órdenes *Coleoptera*, *Orthoptera*, *Blatodea*, *Hymenoptera* y *Diptera*, se han registrado experimentos citados por Ramos, Pino y Cuevas Correa (1998) en donde este último orden adquiere importancia económica. Varias especies están asociadas con la alimentación de animales domésticos, ya que se multiplican en excretas animales, acumulaciones de basuras o desperdicios vegetales (Gutiérrez *et al.*, 2004).

Los insectos se proponen cada vez más como un componente de alimentación para animales monogástricos como las aves de corral y los peces, reemplazando las fuentes de proteína convencionales que son cada vez más caras y consideradas insostenibles (Van Huis, 2013; Van Huis y col., 2013).

La cría de insectos en desechos orgánicos no comestibles disminuirá considerablemente su huella ambiental y aumentará su utilidad, en particular para los consumidores de países en desarrollo. Un beneficio adicional es el reciclaje de los desechos en sí, así como el manejo de desechos orgánicos como el estiércol y los lixiviados, y el costoso desperdicio de alimentos, que es una preocupación medioambiental creciente (Popa y Green, 2012).

Las larvas de mosca se recomiendan especialmente para este propósito porque contienen una gran cantidad de proteína animal (Makkar *et al.*, 2014) y porque se pueden producir rápidamente y a bajo costo en desechos orgánicos (Kenis *et al.*, 2018).

Las principales especies de moscas utilizadas para la alimentación animal son la mosca soldado negra (*Hermetia illucens* [L.] - *Diptera: Stratiomyidae*) y la mosca doméstica (*Musca domestica* [L.] - *Diptera: Muscidae*). Actualmente, se están desarrollando unidades industriales de producción de larvas de mosca en todo el mundo, en particular para las moscas soldado negras (Drew y

Pieterse, 2015; Pastor *et al.*, 2015), pero la información detallada sobre los métodos rara vez está disponible porque ninguna de las empresas tiene hasta la fecha detalles publicados de sus sistemas de producción. Las patentes están disponibles, pero no son particularmente útiles, porque no son revisadas por pares y no brindan información detallada ni indicadores de desempeño. Los principales desafíos en los sistemas de producción industrial son tecnológicos más que biológicos. Sin embargo, las larvas también se pueden producir a menor escala en granjas individuales o en sistemas de producción simples, para la utilización local como alimento para aves o peces (Koné *et al.*, 2017; Nyakeri y col., 2017).

Los sistemas de mediana escala son particularmente adecuados para los países en desarrollo, donde los agricultores no pueden acceder fácilmente o pagar por proteínas y la mano de obra no es cara (Wang *et al.*, 2017).

La mosca doméstica o común (*Musca domestica*) es una especie de díptero braquícero de la familia *Muscidae*. Es la mosca más común y habitual en la mayoría de los climas de la Tierra, por lo que se consideran sinantrópicas (que habitan en casi todos los lugares donde lo hace el hombre) (Laraut, 2007). Ahora bien, si bien las moscas son uno de los insectos más desagradables para el hombre, sus larvas se emplean en la elaboración de alimento para aves, reptiles y peces, debido al alto grado de proteína que presentan, con un máximo de 40 a 50 % (Cuca, 1999).

En países como Colombia, las fuentes de proteína para alimentación animal son muy costosas, y en su mayoría importadas, por lo que su uso ha elevado los costos en la producción de concentrados para animales. Esto obliga a la búsqueda de alternativas de sustitución factibles, cuyo abasto esté garantizado y su precio sea accesible (Ramos, 2003). Hasta ahora, los insectos no han sido valorados en Colombia como fuen-

tes de alimentación. Estos artrópodos se caracterizan por tener una alta concentración proteica y de algunos otros nutrientes, tales como: ácidos grasos, pigmentos y vitaminas y/o minerales de origen natural. Estas características permitirían incluirlos en las raciones de diversas especies de animales domésticos. Sheppard *et al.* (2002) estudiaron la mosca casera en su biología, comportamiento, reproducción y análisis proximal, concluyendo que tales insectos pueden procesar excretas animales y producir alimento animal de alta calidad, caracterizados por una alta concentración de proteína.

Materiales y métodos

Ubicación

El presente trabajo se llevó a cabo en el Centro de Formación Agroindustrial La Angostura, ubicado en el municipio de Campoalegre, departamento del Huila, a una altura de 456 m s. n. m., una temperatura promedio de 27 °C y una precipitación anual de 1254 mm.

Duración del proyecto

El proyecto se inició en el mes de agosto de 2018 con reuniones entre los integrantes para establecer la metodología y planificar los tiempos del estudio. Luego tuvo lugar la fase de campo, que consistió en el diseño y la elaboración de las camas para el cultivo de mosca, como también en establecer el punto donde serían colocadas las mismas.

La fase de producción de larva fue realizada a partir del mes de noviembre hasta mediados de diciembre, y en ella fueron evaluados diferentes sustratos para la producción de larva. Dicha etapa fue suspendida por el cese de actividades académicas del Centro de Formación, entre los meses de diciembre y enero, siendo retomadas en el mes de febrero de 2019.

Desarrollo del proyecto

Para el desarrollo del proyecto se trabajó el sistema de producción natural de huevos de mosca, método que consiste en exponer un sustrato para atraer a las hembras de mosca, y es considerado muy confiable para una producción regular de larva y el reciclaje de desechos (Kenis *et al.*, 2018). Según la FAO (1994), es posible utilizar diversos sustratos orgánicos que favorezcan la producción de mosca; en este caso el sustrato utilizado fue, principalmente, excremento de cerdo, ya que al variar el sustrato por excretas de gallina y bovinas no se observó postura de huevos de mosca y posteriormente larvas.

Para la producción de larvas se tuvo en cuenta el diseño propuesto por Guardado *et al.* (2014); en el caso concreto fueron diseñados y construidos 6 larvarios en madera aglomerada previamente cubierta con impermeabilizante industrial; esto con el propósito de evitar el deterioro rápido de la madera a causa de la humedad del sustrato utilizado y obtener la cantidad de larvas de mosca requeridas para cada tratamiento. Los larvarios tenían dimensiones de 0,5 m x 0,5 m x 0,15 m. Se cubrió el fondo de cada larvario con tela metálica N°. 10 para facilitar la salida de las larvas, y cada uno contaba con una caja colectora que a su vez tenía una malla plástica con orificios de 3 mm, cuya función era servir de tamiz, así como un fondo en material acrílico transparente que permitiera observar la deposición de las larvas. Cada larvario fue montado en soportes de madera a una altura de 0,90 m.

Para la obtención de las larvas se utilizaron 27 kilogramos de excretas de cerdo como sustrato, las cuales fueron obtenidas en la Unidad Porcina del Centro de Formación Agroindustrial La Angostura. El volumen de las excretas depositado por larvario fue equivalente a

una altura de 10 cm, con un alto contenido de humedad, lo que permitió una alta conservación de la misma, sin crear condiciones anaeróbicas; lo anterior ayudó a un buen desarrollo de las larvas. El módulo lleno de materia orgánica es mostrado en la figura 1.

Figura 1. Módulo para cultivo de larva de mosca



La producción se realizó en forma continua durante 5 días, que es el periodo de degradación de las excretas. A los 5 días de producción, en cada larvario se obtuvo un promedio de 4000 gramos de larva de mosca.

Toma de datos

Los datos de producción de larva fueron tomados diariamente dos veces al día, uno en la mañana y otro en la tarde; al mismo tiempo, se realizó un tamizado de las larvas para separar estas de restos de sustratos (figura 2); seguidamente, se hizo el pesaje de las larvas obtenidas de cada larvario, que fueron posteriormente lavadas con agua destilada para retirar los restos del sustrato; posteriormente, fueron desinfectadas median-

te inmersión en una solución desinfectante de cloro comercial, con una concentración de 200 ppm (figura 3); y, finalmente, fueron sometidas a esterilización mediante radiación UV, para luego ser deshidratadas para su posterior análisis bromatológico.

Figura 2. Tamizado de las larvas de mosca. **Figura 3.** Pesaje de las larvas lavadas y desinfectadas



Análisis de laboratorio

Se realizará un análisis bromatológico a una muestra de 500 g de larvas secas y pulverizadas, las cuales fueron sometidas a determinación de proteína en alimentos, según el método Kjeldahl (AOAC Official Method, 945.18-991.2).

Así mismo, se realizó un análisis de laboratorio para la extracción de extracto etéreo en alimentos, según el método Soxhlet (NTC 668: 1973).

Resultados

Al realizar la evaluación de los resultados se pudo determinar que materias como la gallinaza y la bovinaza por sí solas no presentan buenas características para el cultivo de larvas de mosca, ya que en ninguna de las dos se pudo obtener cantidades considerables de la misma. En cuanto a la porquinaza, el promedio diario por módulo sembrado fue de 800 gramos diarios, con una producción semanal de 4000 g de larvas de mosca;

con respecto a los valores nutricionales, la larva mostró un alto contenido de proteína (66 %) y grasa (alrededor del 21 %), lo cual nos permite considerarla como una alternativa en la formulación de raciones.

Trabajos realizados por autores como Portillo, Villalta y González en 2013, con sustitución de raciones comerciales para la alimentación de gallinas con larvas cultivadas con estiércol fresco de cerdo, ha reportado una reducción significativa de costos y una mayor producción de huevos, en comparación con el uso de otros sustratos.

Resultados reportados por Guerrero *et al.* (2008) demuestran que la producción de larvas no genera problemas ambientales, siendo totalmente consumidas en fresco por las gallinas.

Un factor importante a tener en cuenta es que es posible aumentar la producción de larvas mediante la utilización de sangre junto con el sustrato, siendo necesario establecer los lugares de cría próximo a lugares de sacrificio de animales; lo anterior se trata de un factor en la transmisión de enfermedades zoonóticas (Swai y Schoonman, 2012).

Referencias bibliográficas

- Arango Gutiérrez, G. P.; Vergara Ruiz, R. A.; y Mejía Vélez, H. (2005). "Análisis composicional, microbiológico y digestibilidad de la proteína de la harina de larvas de *Hermetia illuscens* (L.) (Díptera: stratiomyidae) en Angelópolis, Antioquia, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 57(2): 2491-2499, 2248-7026, 0304-2847.
- Charlton, A. J.; Dickinson, M.; Wakefield, M. E.; Fitches, E.; Kenis, M.; Han, R.; y Bruggeman, G. (2015). "Exploring the chemical safety of fly larvae as a source of protein for animal feed". *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(1): 7-16.
- Cuca, G.; Berrecil, P.; Bravo, M.; Bixler, C.; y Pérez, H. (1999). "Estimación de la energía metabolizable y utilización de larva de mosca (*Musca domestica* [L.]) en la alimentación de pollos de engorde. *Archivo Latinoamericano de Producción Animal*, 7: 39-51.
- Drew, D. J. W. y Pieterse, E. (2015). "Markets, money and maggots". *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(3): 227-231.
- FAO (1994). (en línea). Consultado 8 de agosto del 2019. Disponible en: http://www.fao.org/ag/againfo/themes/en/infpd/documents/xvii/paper_4.pdf. p. 2-3.
- Guardado Alvarenga, H. A.; Ramírez Pineda, K. L.; y Solís Ávalos, S. A. (2014). *Alimentación de gallinas criollas con larvas de mosca común (Musca domestica) en Cabañas, El Salvador* (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador).
- Guerrero, V. M. y Amaya, L. A. (2008). "Uso de larvas de mosca alimentadas con carne de res cultivadas en abono equino en diferentes dosis y un alimento comercial utilizado en *Gallus gallus*". Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. MX. p. 50-55.
- Häusling, M. (2011). *Report: The EU protein deficit: what solution for a long-standing problem? European Parliament. Committee on Agriculture and Rural Development. A7-0026/2011, Brussels, Belgium.* Disponible en: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do>.
- Hem, S.; Toure, S.; Sagbla, C.; y Legendre, M. (2008). "Bio-conversion of palm kernel meal for aquaculture: Experiences from the forest region (Republic of Guinea)". *African Journal of Biotechnology*, 7(8).
- Horwitz, W. (Ed.) (2005). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 18th ed. Gaithersburg: AOAC, 2005a. Method 945.18.

- Kenis, M.; Bouwasssi, B.; Bofo, H.; Devic, E.; Han, R.; Koko, G.; y Wakefield, M. (2018). "Small-scale fly larvae production for animal feed". En: *Edible insects in sustainable food systems* (pp. 239-261). Springer, Cham.
- Leraut, P.; Blanchot, P.; y Hodebert, G. (2007). *Insectos de España y Europa*. Lynx Communications.
- Makkar, H. P.; Tran, G.; Heuzé, V.; y Ankers, P. (2014). "State-of-the-art on use of insects as animal feed". *Animal Feed Science and Technology*, 197: 1-33.
- Newton, L. A. R. R. Y.; Sheppard, C. R. A. I. G.; Watson, D. W.; Burtle, G. A. R. Y.; y Dove, R. O. B. E. R. T. (2005). "Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure". *Animal and Poultry Waste Management Center*, North Carolina State University, Raleigh, NC, 17.
- Nyakeri, E. M.; Ogola, H. J.; Ayieko, M. A.; y Amimo, F. A. (2017). "An open system for farming black soldier fly larvae as a source of proteins for smallscale poultry and fish production". *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(1): 51-56.
- Pastor, B.; Velásquez, Y.; Gobbi, P.; y Rojo, S. (2015). "Conversion of organic wastes into fly larval biomass: bottlenecks and challenges". *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(3), 179-193.
- Popa, R. y Green, T. R. (2012). "Using black soldier fly larvae for processing organic leachates". *Journal of Economic Entomology*, 105(2): 374-378.
- Portillo Barrera, C. R.; Villalta Hernández, T. Y.; y González López, J. G. (2013). "Producción de larva de mosca doméstica (*Musca domestica* [L.]) en granjas porcinas como alternativa en el manejo de estiércol, aprovechando su fuente proteica natural en la alimentación de gallinas ponedoras (*Gallus gallus*) (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador).
- Ramos, J.; Pino, J. M.; y Cuevas, S. (1998). "Insectos comestibles del Estado de México y determinación de su valor nutritivo". En: *Anales Instituto de Biología, Serie Zoológica*. Universidad Nacional Autónoma de México, (Vol. 69).
- Sheppard, C. (2002). "Black soldier fly and others for valueadded manure management". *Athens, GA.: University of Georgia. Department of Entomology and Animal Science*.
- Swai, E. S. y Schoonman, L. (2012). "A survey of zoonotic diseases in trade cattle slaughtered at Tanga city abattoir: a cause of public health concern". *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(1): 55-60.
- Van Huis, A. (2013). "Potential of insects as food and feed in assuring food security". *Annual Review of Entomology*, 58: 563-583.
- Van Huis, A.; Van Itterbeeck, J.; Klunder, H.; Mertens, E.; Halloran, A.; Muir, G.; y Vantomme, P. (2013). "Edible insects: future prospects for food and feed security". *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, N.º 71.
- Wang, Y. S. y Shelomi, M. (2017). "Review of black soldier fly (*Hermetia illucens*) as animal feed and human food". *Foods*, 6(10): 91.



EFECTO ANTIHELMÍNTICO DEL ORÉGANO (*ORIGANUM VULGARE*) EN EQUINOS EN UN PREDIO DEL MUNICIPIO DE PAUJIL - CAQUETÁ

DOI: <https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.3>

Sergio Falla Tapias

Paula Andrea Cárdenas

Fernando Perdomo losada

Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencias Afines

Corporación Universitaria del Huila - CORHUILA

Neiva, Colombia

sergio.falla@corhuila.edu.co

Ángela Joana Ávila Acosta

Centro de Formación Agroindustrial La Angostura

Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA

Campoalegre, Colombia

ajavila2@misena.edu.co

Resumen: Los parásitos intestinales constituyen uno de los factores que causan mayor pérdida económica en las producciones pecuarias, y en los equinos no es la excepción. Los antihelmínticos comerciales presentan diversos limitantes, como su elevado costo, la resistencia parasitaria, e incluso efectos medioambientales, como la destrucción de organismos esenciales para incorporar la materia fecal animal al suelo. Por lo anterior, se considera pertinente el uso de productos naturales, como el orégano (*Origanum vulgare*), como alternativa natural antihelmíntica, el cual posee otras propiedades que podrían beneficiar a los equinos, como su efecto antimicrobiano y su contenido de aceites esenciales. Sus principios activos son el carvacrol y el timol, que tienen propiedades antimicrobianas y antiparasitarias, y han sido utilizados en especies como cerdos, aves y ovinos. En ese contexto, el objetivo del presente artículo es evaluar el efecto antihelmíntico del orégano (*Origanum vulgare*) vs. el febendazol en 22 equinos, en un predio del municipio de Paujil (Caquetá). El resultado encontrado es que el aceite de orégano (*Origanum vulgare*), tiene una efectividad del 90,70 %, y el febendazol del 93,64 %.

Esta investigación no reportó efectos adversos secundarios a simple vista, o de observación, resultantes de la administración de orégano a los equinos. Es importante señalar que el uso de este producto natural se presenta como una gran opción para el control y la prevención de parasitosis en equinos; además, es una excelente opción económica para la población de caballistas que poseen bajo presupuesto y escasos recursos. En los análisis coprológicos, la especie parasitaria de mayor prevalencia en el predio del municipio de Paujil (Caquetá) fue el *Strongylus equinus*.

Palabras clave: Alternativa, coprológicos, efectividad, parásitos.

ANTHELMINTIC EFFECT OF OREGANO (*ORIGANUM VULGARE*) IN HORSES ON THE PREMISES OF THE MUNICIPALITY OF PAUJIL - CAQUETÁ

Keywords: Alternative, coprological, effectiveness, parasites.

Summary: Intestinal parasites constitute one of the factors that causes the greatest economic loss in livestock production, and in horses it is no exception. Commercial anthelmintics have various limitations, such as their high cost, parasitic resistance, and even environmental effects, such as the destruction of essential organisms to incorporate animal fecal matter into the soil. Therefore, the use of natural products, such as oregano (*Origanum vulgare*), as a natural anthelmintic alternative, which has other properties that could benefit horses, such as its antimicrobial effect and its essential oil content, is considered pertinent. Its active ingredients are carvacrol and thymol, which have antimicrobial and antiparasitic properties, and have been used in species such as pigs, birds and sheep. In this context, the objective of this article is to evaluate the anthelmintic effect of oregano (*Origanum vulgare*) vs. Febendazol in 22 equines, on a farm in the municipality of Paujil (Caquetá). The result found is that oregano oil (*Origanum vulgare*), has an effectiveness of 90,70%, and febendazole of 93,64%.

This investigation did not report adverse side effects to the naked eye, or observation, resulting from the administration of oregano to horses. It is important to note that the use of this natural product is presented as a great option for the control and prevention of parasitosis in horses. In addition, it is an excellent economic option for the population of horsemen who have low budget and scarce resources. In the coprological analyzes, the most prevalent parasitic species on the site of the municipality of Paujil (Caquetá) was the *Strongylus equinus*.

Introducción

Es una tendencia mundial el volver a utilizar en salud animal productos naturales, especialmente en la Unión Europea, donde está prohibido el uso de algunos medicamentos de origen sintético que pueden afectar a los animales en depósitos hepáticos y en grasa (González *et al.*, 2010); en ese contexto, se propone como opción producir alternativas inofensivas para el animal y el medio ambiente, teniendo en cuenta un efecto indirecto generado por que el uso indiscriminado de antiparasitarios es una amenaza a la integridad am-

biental. Existen antecedentes que confirman que el uso de antiparasitarios provoca cambios en los organismos colonizadores de la materia fecal de animales tratados con estos productos (Iglesias *et al.*, 2005).

Entre las alternativas fitogénicas que se han adoptado se encuentra la utilización del orégano, ya que en él se destacan poderosas acciones antiparasitarias, bacteriostáticas y antioxidativas que se han demostrado en diversos estudios realizados a nivel mundial (Anón, 2002).

Al orégano se le considera no solo como una alternativa para sustituir los antibióticos promotores del crecimiento, sino como medio para obtener un incremento en la eficiencia y palatabilidad en sistemas donde se utilicen subproductos y alimentos de escaso valor nutricional, que generalmente tienden a afectar el comportamiento animal (Mellor, 2002). En la actualidad, representa un campo de gran interés para países tropicales como Colombia, donde las condiciones, en cuanto a biodiversidad vegetal, son excelentes para producir estas plantas que poseen componentes como los terpenoides y, así mismo, obtener aditivos con valor competitivo en el mercado de hoy.

Los parásitos intestinales constituyen uno de los factores que causa mayor pérdida económica en las producciones pecuarias, esto genera incremento en los costos de producción, debido a la muerte de animales jóvenes y a los gastos inherentes a la profilaxis para el tratamiento de animales sintomáticos, afectando la salud y el crecimiento del animal, y provocando resultados negativos en la producción (Pelegri, 2006). Donde los equinos no son la excepción. Los efectos del parasitismo gastrointestinal sobre el hospedador son muy diversos, siendo algunos de los más frecuentes las úlceras, los edemas, la congestión, la necrosis del tracto gastrointestinal, la baja en el crecimiento y productividad, y en los casos más severos, la muerte del individuo afectado (Molina, 2004; Gutiérrez, 2007). El orégano (*Origanum vulgare*) es una planta herbácea de aproximadamente 45 cm de alto que comprende varias especies de plantas que tradicionalmente son utilizadas para elaborar condimentos culinarios, cosméticos, fármacos y licores, siendo las más comunes el *Origanum vulgare*, nativo de Europa, y el *Lippia graveolens*, originario de México. Algunas propiedades de los extractos del orégano han sido estudiadas debido al creciente interés por sustituir los aditivos sintéticos en los alimentos.

Al respecto, se conocen algunos estudios donde se ha evaluado el uso del orégano en varias especies pecuarias, teniendo en cuenta sus características nutraceuticas, obteniendo muy buenos resultados, aunque ninguno se ha hecho con equinos. Por esta razón, se pretende hacer un estudio para comparar el efecto del aceite esencial del orégano teniendo en cuenta que este posee dos metabolitos secundarios principales, y, de acuerdo a lo anterior, determinar si tiene efecto antihelmíntico comparándolo con un producto comercial, en 22 caballos del municipio de Paujil (Caquetá).

Materiales y métodos

Área de estudio

Esta investigación fue realizada en el municipio de Paujil (Caquetá), ubicado a 470 m s. n. m., con una temperatura promedio de 27 °C y una precipitación de 3334 mm al año, en una zona de vida de bosque muy húmedo tropical, a 1°35' de latitud norte y 75°20' de longitud oeste (Alcaldía del Paujil, 2015).

Extracción del aceite de orégano

La materia prima (orégano) fue recolectada, transportada y recepcionada en el Centro de Formación Agroindustrial La Angostura (SENA - regional Huila), para reducir impurezas e iniciar el proceso de secado bajo sombra por 48 horas; la extracción de aceite se realizó bajo el método de arrastre a vapor, separando el aceite del agua y almacenándolo; posteriormente, se evaluó una muestra en el laboratorio de cromatografía de la UIS (Universidad Industrial del Santander) para verificar los porcentajes de metabolitos secundarios de la misma con el examen de cromatografía de gases y aceites esenciales; como resultados relevantes en los metabolitos secundarios tenemos el carvacrol con un 14,30 % y el timol con un 69,33 %; todo esto con la finalidad de utilizar el orégano en la actividad antihelmíntica en equinos.

Diseño y análisis estadístico

Esta es una investigación de tipo aplicado, en donde la muestra utilizada fue de 22 equinos en potrero, mayores de 2 años, que no se habían desparasitado nunca y que están ubicados en un predio de Paujil (Caquetá), los cuales se dividieron en 2 grupos, según el tratamiento a aplicar: Tratamiento 1: febendazol; y Tratamiento 2: aceite de orégano.

Así mismo, el número de equinos fue escogido a conveniencia del investigador, debido a que se dificulta la consecución de los ejemplares equinos para labores experimentales con productos desconocidos para el gremio, ya que no es comercial, independientemente de que sean naturales e inofensivos.

Consecuentemente, se realizaron 2 análisis coprológicos por animal, utilizando la técnica de McMaster, en los laboratorios del ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). El primer coprológico fue realizado antes de administrar los tratamientos a los animales y el otro se efectuó después de 15 días de suministrados los productos (T1: febendazol y T2: aceite de orégano [*Origanum vulgare*]), vía oral.

Por tanto, el tratamiento 1 (T1) consistió en el suministro vía oral de 7,5 ml de febendazol por cada 100 kilos de peso vivo del animal. El tratamiento 2 (T2) se realizó con aceite de orégano (*Origanum vulgare*), a razón de 6 gotas/animal en dos ocasiones: una el día de la primera toma de materia fecal, y la otra ocho días después de suministrar la primera dosis.

En ese sentido, la proporción del aceite de orégano (*Origanum vulgare*) se hizo junto con lactato de Ringer (10 gotas), para asegurar el consumo del producto por parte de los equinos, debido a que la cantidad a suministrar era muy pequeña.

Por lo tanto, el diseño estadístico fue completamente al azar. Finalmente, se realizó la diferencia de medias

de los dos tratamientos por medio del programa SAS (Statistical Analysis Software).

Aspectos éticos

Este proyecto cuenta con las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, en lo concerniente a la experimentación con animales, pues se tomaron muestras de coprológicos de una manera responsable y respetuosa con una previa autorización del propietario de los animales, y teniendo en cuenta los aspectos éticos involucrados.

El muestreo fue realizado por médicos veterinarios y zootecnistas vinculados a esta investigación, teniendo en cuenta las consideraciones éticas de confidencialidad de la información y reservando los datos resultantes para uso investigativo exclusivamente.

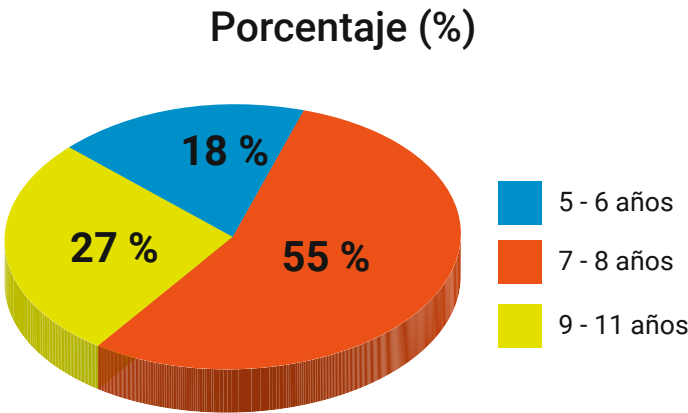
Resultados y discusión

En este estudio se utilizaron 22 equinos, 12 machos y 10 hembras, con edades entre los 5 y los 11 años; el promedio de edad fue de 7,68 años, con un porcentaje del 18,18 % en el intervalo de 5 a 6 años, y 54,55 % y 27,27 % para las edades de 7 a 8 años y 9 a 11 años, respectivamente, como se observa en la tabla 1 y la gráfica 1.

Tabla 1. Rango de edad de los equinos utilizados en la investigación

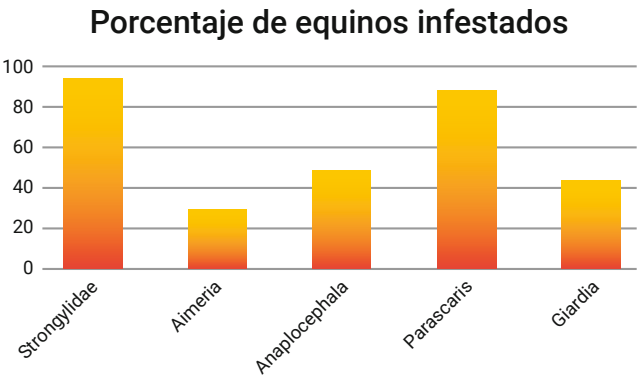
Rango de edad	Porcentaje (%)
5 a 6 años	18,18
7 a 8 años	54,55
9 a 11 años	27,27
Total	100

Gráfica 1. Distribución de la edad de los equinos utilizados en el estudio



En cuanto a los resultados de los coprológicos realizados a los 22 equinos mencionados, se encontró que la especie de parásito predominante fue de la familia *Strongylidae* para el 100 % de los animales; también se evidenció parásitos de los géneros *Parascaris*, *Anaplocephala*, *Giardia* y *Eimeria*, con porcentajes de aparición de 95 %, 55 %, 50 % y 35 %, respectivamente (gráfica 2).

Gráfica 2. Especies de parásitos encontrados en los equinos evaluados



El promedio general de huevos/gramo de materia fecal encontrados en los coprológicos realizados a los equinos, previo a la aplicación de los productos a analizar, fue de 510 huevos/gramo y 290 huevos/gramo,

respectivamente para los tratamientos 1 y 2. La cantidad encontrada en el segundo coprológico fue muy baja, con una alta eficacia para los dos tratamientos. La eficiencia de los productos aplicados vía oral como antihelmínticos se estableció por la diferencia entre los huevos/gramo del coprológico inicial y final de ambos tratamientos, donde no se evidenciaron diferencias significativas, y se estableció un promedio de 93,64 % para el tratamiento 1 y 90,70 % para el tratamiento 2 (tabla 2).

Tabla 2. Comparación de la eficacia del aceite de orégano y el febendazol en equinos de Paujil (Caquetá)

Tratamiento	Coprología inicial (huevos/gramo)	Coprología final (huevos/gramo)	Eficacia (%)
T1 (febendazol)	760	51	93,64
T2 (aceite de orégano)	565	53	90,70

No se encontraron efectos adversos en la aplicación de aceite de orégano, ya que ningún animal reportó novedad alguna de manera negativa, que pudiera afectar su salud, en el espacio de 1 año.

Cabe resaltar que no se encontraron investigaciones anteriores con base en el uso del extracto de orégano como antihelmíntico en equinos, pero sí se halló un trabajo realizado por Munguía *et al.* (2013), donde se evaluó el potencial del orégano para el control de *Haemonchus contortus* en 15 ovinos de pelo infestados de manera intencional con el parásito anteriormente mencionado; con 4.500 larvas infestantes (L3), los ovinos fueron tratados con orégano molido a razón de 260 mg/kg de materia seca consumida, en suspensión acuosa, tratamiento que se comparó con la aplicación de levamisol, obteniendo como resultado una eficacia de 64,9 % y 90,2 %, respectivamente. Este resultado es parecido a los resultados obtenidos en el presente estu-

dio, con la diferencia de que en este caso el tratamiento con aceite de orégano fue muy parecido al comercial. Es importante decir que la dosis establecida para este grupo de equinos se hizo a ensayo y error, ya que no se contaba con datos precisos, por lo que se realizó un pre-ensayo, basándonos en la dosis para los humanos; en un primer momento se evaluaron dosis de 3 gotas, las cuales no funcionaron y, por consiguiente, se optó por 6 gotas, lo que presentó un buen resultado. Es pro-

bable que aumentando la dosis se pueda aumentar la eficiencia del aceite de orégano.

Son numerosas las plantas que de forma tradicional han sido empleadas como antiparasitarios en humanos y animales en América (Cáceres y Machain, 2001; Hall *et al.*, 2002; Terceros, 2007; Satalaya *et al.*, 2009) y en el resto del mundo (Akhtar *et al.*, 2000; Giday, 2001; Urban *et al.*, 2008). Sin embargo, es notorio el vacío en el conocimiento farmacológico empírico de estas plantas.

Tabla 3. Especies de plantas medicinales con antecedentes de uso veterinario como antihelmíntico

Nombre científico	Enfermedad tratada en animales	Hospedero	Metodología	Lugar	Referencia
Allium sativum L.	Endoparásitos	Rumiantes	Entrevista	Columbia Británica	Lans <i>et al.</i> (2007)
	Parasitosis intestinales (<i>Oxyuriasis</i>)	No específica	Revisión bibliográfica	España	Ortiz (2010)
	Parásitos intestinales	Gallinas	Entrevista	Uttaranchal, India	Pande <i>et al.</i> (2007)
	Antihelmíntico	No específica	Entrevista	Italia	Guarrera y Leporatti (2007)
	Antihelmíntico	Perros	Entrevista	Italia	Guarrera <i>et al.</i> (2008)
	Nemátodos gastrointestinales	Cabras	Ensayo <i>in vitro</i>	Bangladesh, India	Amin <i>et al.</i> (2009)
	Parásitos	Ganado	Entrevista	China	Shen <i>et al.</i> (2010)
	Parásitos intestinales	No específica	Entrevista	Sierras de Córdoba, Argentina	Martínez y Lujan (2011)
	Nematodiasis por <i>Capillaria sp.</i> y <i>Spirocamallanus sp.</i>	Tilapia y carpa	Revisión bibliográfica	Cuba y México	Prieto <i>et al.</i> (2005)
	<i>Pomphorhynchus lavis</i> y <i>Acantocephalus anguillae</i>	Tilapia	Revisión bibliográfica	Cuba y México	Prieto <i>et al.</i> (2005)
	Parásitos internos	No específica	Entrevista	Colombia	Gómez <i>et al.</i> (2011)
	Helmintos gastrointestinales	Cabras	Ensayo <i>in vitro</i>	Brasil	Sousa (2008)
	<i>Haemonchus contortus</i>	Ovejas	Ensayo <i>in vitro</i>	Pakistán	Iqbal <i>et al.</i> (2001)

Nombre científico	Enfermedad tratada en animales	Hospedero	Metodología	Lugar	Referencia
<i>Artemisia absinthium</i> L.	Antihelmíntico, especialmente contra estróngilos intestinales	Ovinos	Entrevista y revisión bibliográfica	Uruguay	Grosso (2010)
	Contra las tenias como <i>Monezia spp.</i>	Rumiantes	Entrevista y revisión bibliográfica	Uruguay	Grosso (2010)
	Antiparasitario	Peces	Revisión bibliográfica	Cuba y México	Prieto <i>et al.</i> (2005)
	Lombrices intestinales	Aves de corral	Entrevista y revisión bibliográfica	Uruguay	Grosso (2010)
	<i>Toxocara cati</i>	Gatos	Ensayo <i>in vivo</i>	Turquía	Yildiz <i>et al.</i> (2011)
<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	Prevención y control de helmintiasis	Peces	Revisión bibliográfica	Cuba y México	Prieto <i>et al.</i> (2005)
	Antihelmíntico	Caballos	Entrevista	Trinidad y Columbia Británica (Canadá).	Lans <i>et al.</i> (2006)
	Huevos de <i>H. contortus</i>	Ovejas	Ensayo <i>in vitro</i>	Etiopía	Egualé y Giday (2009)
	Larvas de <i>Haemonchus contortus</i>	Cabras	Ensayo <i>in vitro</i>	USA	Ketzis <i>et al.</i> (2002)
	Parásitos internos	Caballos	Entrevista	Chaco Argentina	Scarpa (2000)
	Parásitos	Perros	Entrevista	Estelí, Nicaragua	Rodríguez <i>et al.</i> (2005)
	Parásitos internos	Aves de corral	Entrevista	Columbia Británica (Canadá)	Lans y Turner (2011)
	Parásitos internos	Terneros	Entrevista	Caldas, Colombia	Jurado <i>et al.</i> (2007)
	<i>Haemonchus contortus</i>	Cabras	Ensayo <i>in vivo</i>	Brasil	Vieira <i>et al.</i> (1999)
	Parásitos internos	No específica	Entrevista	Costa Atlántica, Colombia	Gómez <i>et al.</i> (2011)
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill	Inhibe la motilidad de larvas III de <i>Haemonchus spp</i>	Ovinos	Ensayo <i>in vitro</i>	Argentina	Lamberti <i>et al.</i> (2009)
<i>Juglans regia</i> L.	Antiparasitario	No específica	Entrevista	Italia	Guarrera <i>et al.</i> (2008)
	Inhibe la motilidad de larvas maduras de <i>Haemonchus contortus</i>	Cabras	Ensayo <i>in vitro</i>	India	Sharma <i>et al.</i> (1971)
<i>Punica granatum</i> L.	Nemátodos gastrointestinales	Cabras	Ensayo <i>in vitro</i>	Bangladesh, India	Amin <i>et al.</i> (2009)
	Parásitos intestinales	No específica	Entrevista	Uttaranchal, India	Pande <i>et al.</i> (2007)
	Nemátodos gastrointestinales	Ovejas	Revisión bibliográfica	Pakistán	Iqbal <i>et al.</i> (2005)

Nombre científico	Enfermedad tratada en animales	Hospedero	Metodología	Lugar	Referencia
<i>Ruta chalepensis</i> L.	Parásitos intestinales	No especifica	Entrevista	Sierras de Córdoba, Argentina	Martínez y Lujan (2011)
	Motilidad de Larvas III de <i>Haemonchus</i> spp.	Ovinos	Ensayo <i>in vitro</i>	La Pampa, Argentina	Lamberti <i>et al.</i> (2009)
	Parasitocida	Gallinas	Entrevista	Cataluña, España	Bonet y Valles (2007)

Según Githiori *et al.* (2006), en gran número de investigaciones *in vivo* los compuestos naturales vegetales han demostrado baja eficacia y, por lo general, no igualan a los antihelmínticos comerciales disponibles; sin embargo, con la dosis de 6 gotas/animal, por 2 veces, con un espacio de 8 días, se logró equiparar la eficacia del producto comercial a nivel estadístico.

Para explicar el modo de acción del aceite de orégano hay que tener en cuenta dos componentes importantes, como son el carvacrol y el timol, donde la actividad del timol es atribuida a la característica de los fenolicohidroxilos, además de su hidroficidad; la citrometría de los aceites esenciales permite que impregnen la membrana celular y destruyan los parásitos, afectando sus vías metabólicas citoplasmáticas o gránulos, pero no comprometen la integridad de la membrana del parásito, que daría lugar a la lisis de la membrana celular (Santoro *et al.*, 2007; Munguía *et al.*, 2013).

Conclusión

Esta investigación no reportó efectos adversos y secundarios resultantes de la administración de orégano a los equinos, por esto es importante señalar que el uso de este producto natural se presenta como una gran opción económica e innovadora para el control y prevención de parasitosis en equinos.

Por otro lado, se encontró una alta eficacia en el control de parásitos intestinales de equinos, muy similar a la del producto comercial con base en febendazol.

Finalmente, en los análisis coprológicos se encontró presencia de huevos de *Strongylidae* en todos los animales analizados.

Agradecimientos

A la Corporación Universitaria del Huila (Corhuila) por el financiamiento del proyecto, y el apoyo profesional en el mismo.

Al Centro de Formación Agroindustrial La Angostura (SENA - regional Huila), por el apoyo profesional, equipos y material del proyecto.

Referencias bibliográficas

Akhtar, M. *et al.* (2000). "Anthelmintic activity of medicinal plants with particular reference to their use in animals in the Indo-Pakistan subcontinent". *Small Ruminant Research*, 38: 99-107.

Amin, M. *et al.* (2009). "In vitro anthelmintic efficacy of some indigenous medicinal plants against gastrointestinal nematodes of cattle". *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 7(1): 57-61.

Anon (2002). *Taller nacional integrador de proyectos sobre Agrobiología y Agroecología de las plantas medicinales en Cuba. Orégano contra el cáncer*. Noviembre, 3: 5.

Bonet, B. y Vallès, J. (2007). "Ethnobotany of Montseny biosphere reserve (Catalonia, Iberian Peninsula): Plants used in veterinary medicine". *Journal of Ethnopharmacology*, 110: 130-147.

- Cáceres, M. y Machain, M. (2001). *Manual de uso de hierbas medicinales del Paraguay. Proyecto Paraguay Farmacopea Tradicional, Patrimonio Cultural y Estrategia de Desarrollo*. Fundación Celestina Pérez de Almada - Oficina Regional de Ciencias y Tecnología para América Latina y el Caribe UNESCO, 72 p.
- Egualé, T. y Giday, M. (2009). "In vitro anthelmintic activity of three medicinal plants against *Haemonchus contortus*". *International Journal of Green Pharmacy*, 3: 29-34.
- Giday, M. (2001). "An ethnobotanical study of medicinal plants used by the Zay people in Ethiopia". *CBM: Skriftserie*, 3: 81-99.
- Githiori, J. et al. (2006). "Use of plants in novel approaches to control of gastrointestinal nematodes in small ruminants". *Veterinary Parasitology*, 139(4): 308-320.
- Gómez, H. et al. (2011). "Folk medicine in the northern coast of Colombia: an overview". *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 7(27): 1-10.
- González, A. et al. (2010). "Seguridad de la ivermectina: toxicidad y reacciones adversas en diversas especies de mamíferos". *Revista MVZ Córdoba*, 15(2): 2127-2135.
- Grosso, L. (2010). "El uso popular de las plantas medicinales en Uruguay. La experiencia de los pequeños productores agroecológicos". *I Quaderni zoobiodi*, n. 6. Associazione Italiana di Zootecnia Biologica e Biodinamica. Editado por Lilia Grosso, 88 p.
- Guarrera, P. et al. (2008). "Ethnophytotherapeutical research in the high Molise region (Central-Southern Italy)". *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 4(7).
- Guarrera, P. y Leporatti, M. (2007). "Ethnobotanical remarks on Central and Southern Italy". *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 3(23): 1-11.
- Gutiérrez, M. (2007). *Determinación de parasitismo gastrointestinal mediante el método sodium acetate acetic acid formaldehyde (SAF) en perros de las zonas urbana y rural de la provincia de Ñuble*. Memoria de Título (Título de Médico Veterinario) - Departamento de Ciencias Pecuarias, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Concepción, Concepción.
- Hall, V. et al. (2002). *Plantas medicinales de Costa Rica. Volumen II*. Centro Nacional de Información de Medicamentos (CIMED). Facultad de Farmacia. Universidad de Costa Rica, 135 p.
- Información General de El Paujil. Alcaldía del municipio. Consultado el 1 de mayo de 2015.
- Iqbal, Z. et al. (2001). "In vitro anthelmintic activity of *Allium sativum*, *Zingiber officinale*, *Curcubita mexicana* and *Ficus religiosa*". *International Journal of Agriculture and Biology*, 3(4): 454-457.
- Jurado, C. et al. (2007). "Recuperación de los conocimientos tradicionales relacionados con la salud de bovinos a pequeña escala en Villamaría, Caldas, Colombia". *Revista Veterinaria y Zootecnia*, 1(2): 20-29.
- Ketzi, J. et al. (2002). "*Chenopodium ambrosioides* and its essential oil as treatments for *Haemonchus contortus* and mixed adult-nematode infections in goats". *Small Ruminantes Research*, 44: 193-200.
- Lamberti, R. et al. (2009). "Cribado antihelmíntico de plantas recolectadas en la provincia de La Pampa". *Ciencia Veterinaria*, 11: 26-31.
- Lans, C. et al. (2007). "Ethnoveterinary medicines used for ruminants in British Columbia, Canada". *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 3(11): 1-22.
- Lans, C. y Turner, N. (2011). "Organic parasite control for poultry and rabbits in British Columbia, Cana-

- da". *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 7(21): 1-9.
- Martínez, G. y Luján, M. (2011). "Medicinal plants used for traditional veterinary in the Sierras de Córdoba (Argentina): An ethnobotanical comparison with human medicinal uses". *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 7(23): 1-18.
- Mellor, S. (2000). "Herbs and spices promote health and growth". *Pig Progress*, 16:27.
- Molina, B. (2004). "Medicina etnoveterinaria. Una síntesis bibliográfica". *Vétérinaires sans frontières*. Lyon, 34 p.
- Munguía-Xóchihua et al. (2013). "Potencial del orégano como alternativa natural para controlar *Haemonchus contortus* en ovinos de pelo". *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 9(1): 150-154. Consultado el 07 de enero del 2016. Disponible en: <http://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v9-n1-18-potencial-del-oregano-como-alternativa-natural-para-controlar-haemonchuscontortus-en-ovinos-de-pelo.pdf>.
- Ortiz, N. (2012). "Plantas de interés en etnoveterinaria como antiparasitarios e insecticidas en el área de la Dehesa Española". 2010. Disponible en: Acceso en: 5 nov. 2012.
- Pande, P. et al. (2007). "Ethnoveterinary plants of Uttarakhand - A review". *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 6(3): 444-458.
- Pelegrine, A. (2006). "Efeito anti-helmíntico de taninos 493 Rev. Bras. Pl. Med., Campinas, v.17, n.3, p.480-494, 2015. Condensados sobre nematódeos gastrointestinais em ovinos". 2006. 164p. Tese do título (Doutor em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Comissão de Pós-graduação, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Prieto, A. et al. (2005). "El empleo de medicina natural en el control de enfermedades de organismos acuáticos y potencialidades de uso en Cuba y México". *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 8(1) 38-49.
- Rodríguez, O. et al. (2005). "Plantas utilizadas para el tratamiento de enfermedades en los animales domésticos, Reserva Natural El Tisey, Estelí". 152 p. Trabajo de Diploma (Título Profesional de Técnico Superior Agropecuario), Estelí.
- Santoro, G. et al. (2007). "Effect of oregano (*Origanum vulgare* L.) And thyme (*Thymus vulgaris* L.) Essential oils on *Trypanosoma cruzi* (Protozoa: Kinetoplastida) growth and ultrastructure". *Parasitol Res*, 100(4): 783-90.
- Satalaya, J. et al. (2009). "Actividad antiparasitaria de plantas medicinales de la Amazonía Peruana". *Biofarbo*, 17(2): 23-31.
- Scarpa, G. (2002). "Plantas empleadas contra trastornos digestivos en la medicina tradicional criolla del Chaco Noroccidental". *Dominguezia*, 18(1): 36-50.
- Scarpa, G. (2000). "Plants employed in traditional veterinary medicine by the criollos of the northwestern Argentine Chaco". *Darwiniana*, 38(3-4): 253-265.
- Sharma, L. et al. (1971). "In vitro anthelmintic screening of indigenous medicinal plants against *Haemonchus contortus* (Rudolphi, 1803) Cobbold, 1898 of sheep and goats". *Indian Journal of Animal Research*, 5: 33-38.
- Shen S. et al. (2010). "Ethnoveterinary plant remedies used by Nu people in NW Yunnan of China". *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 6(24): 1-10.
- Sousa, A. (2008). "Atividade *in vitro* do extrato etanólico da semente de jerimum (*Cucurbita pepo* L.) E do suco de alho (*Allium sativum* L.) Em nematóides

gastrintestinais de caprinos". 2008. 80 p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária de Pequenos Ruminantes e Eqüídeos) - Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Pró-Reitoria de pósgraduação e Pesquisa, Universidade Federal de Campina Grande, Patos.

Terceros, P. (2007). "Plantas medicinales en Bolivia. Estado de arte". Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. Subdivisión de Promoción de Inversión y Tecnología. Ministerio de Planificación, *Rev. Bras. Pl. Med.*, Campinas, 17(3): 480-494. Del Desarrollo Viceministerio de Ciencia y Tecnología Gobierno de Bolivia, 54 p.

Urban, J. *et al.* (2008). "In vitro anthelmintic effects of medicinal plants used in Czech Republic". *Pharmaceutical Biology*, 46(10-11): 808-813.

Vieira, L. *et al.* (1999). "Evaluation of anthelmintic efficacy of plants available in Ceara state, North-east Brazil, for the control of goat gastrointestinal nematodes". *Revista de Medicina Veterinaria*, 150: 447-452.

Yildiz, K. *et al.* (2011). "Antiparasitic efficiency of *Artemisia absinthium* on *Toxocara cati* in naturally infected cats". *Turkiye Parazitoloji Dernegi*, 35: 10-14.



EXTRACCIÓN DE METABOLITOS SECUNDARIOS DE ORÉGANO (*ORIGANUM VULGARE*) DE DIFERENTES PISOS TÉRMICOS POR EL MÉTODO DE HIDRODESTILACIÓN

DOI: <https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.4>

Sergio Falla Tapias

Paula Andrea Cárdenas

Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencias Afines

Corporación Universitaria del Huila - CORHUILA

Neiva, Colombia

sergio_3618@hotmail.es

Jorge Mario Olivar

Yudy Paola Artunduaga

Centro de Formación Agroindustrial La Angostura

Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA

Campoalegre, Colombia

jolivar@sena.edu.co

ypartunduaga@sena.edu.co

Resumen: En el presente trabajo fueron tomadas muestras de orégano (*Origanum vulgare*) sembradas en los municipios de Zuluaga, Rivera y Garzón. Para el proceso de hidrodestilación fueron tomadas muestras de 200 g. A partir de las muestras analizadas se pudo observar un rendimiento variante que oscilaba entre los 0,3 ml a los 0,7 ml, siendo que las muestras de Zuluaga (que está a más de 2400 m s. n. m.) presentaron mayores rendimientos comparadas con las de los otros municipios. El análisis de cromatografía también mostró que estas mismas muestras presentaban valores de carvacrol y timol más altos (18,80 y 68,40 %, respectivamente), comparadas con las del municipio de Rivera (8,46 y 57,51 %) y Garzón (10,25 y 60,56 %). Estos compuestos son reconocidos por presentar actividad antimicrobiana y antiparasitaria.

Palabras clave: Hidrodestilación, orégano, carvacrol, timol.

EXTRACTION OF SECONDARY OREGANO METABOLITES (*ORIGANUM VULGARE*) FROM DIFFERENT THERMAL FLOORS BY THE HYDRODESTILATION METHOD

Keywords: Hydrodistillation, oregano, carvacrol, thymol.

Abstract: In the present work samples of oregano (*Origanum vulgare*) sown in the municipalities of Zuluaga, Rivera and Garzón were taken. For the hydrodistillation process, 200 g samples were taken. From the samples analyzed, a variant performance ranging from 0,3 ml to 0.7 ml could be observed, being that the samples from Zuluaga (more than 2400 m s. n. m.) had higher yields purchased from those of the other municipalities. The analysis of chromatography also showed that these same samples had values of carvacrol and thymol higher than 18,80 and 68,40 %, compared with those of the municipality of Rivera 8,46 and 57,51 % and Garzón 10,25 and 60,56 %. These compounds are recognized for presenting activity antimicrobial and antiparasitic.

Introducción

Las plantas poseen una variedad de fitoquímicos, que son compuestos que poco se han investigado; los aceites esenciales son mezclas complejas de numerosos compuestos obtenidos de diversas partes de plantas y se caracterizan por tener una composición muy diversa, especialmente compuestos químicos como terpenoides (monoterpenos y sesquiterpenos) y fenilpropanoides (Calsamiglia *et al.*, 2007).

Los aceites esenciales y extractos de plantas se han utilizado desde hace mucho tiempo para obtener sabores y olores. En años recientes se han estudiado los aceites esenciales desde el punto de vista funcional como antimicrobianos y en el control de helmintos (Paredo Luna *et al.*, 2009). Se ha demostrado en muchos experimentos *in vitro* que el aceite esencial de orégano y sus componentes principales, carvacrol y timol, tienen una fuerte actividad antibacteriana contra bacterias gram negativas, especialmente la especie *E. coli*. (Elgayyar *et al.*, 2001; Nazzaro *et al.*, 2013). Además de sus propiedades antibacterianas, también se descubrió que el aceite esencial de orégano tiene efectos antivirales y anti parasitarios (Pilau *et al.*, 2011; Gaur *et al.*, 2016).

Con el nombre “orégano” se incluyen cerca de 30 diferentes especies de plantas, de las cuales se relacionan, principalmente, a dos tipos de orégano: el *Origanum vulgare*, y sus especies relacionadas, nativas de la región del Mediterráneo, y el género *Lippia*, nativo de América tropical, subtropical y África (Olivier, 1996). El análisis de la composición química de aceites esenciales de orégano ha permitido identificar hasta 56 compuestos con diferencias cuantitativas y valores que varían en el carvacrol (0,1 - 56,6 %) y timol (7,9 - 53,6 %) (Russo *et al.*, 1998).

Métodos de extracción de metabolitos secundarios

Los métodos convencionales utilizados para la extracción de aceites esenciales son la destilación con arrastre de vapor y el uso de solventes orgánicos. En los últimos años ha crecido el interés por la extracción supercrítica y subcrítica con dióxido de carbono como solvente. Este gas es ideal, ya que no es tóxico ni explosivo y es fácil de remover de los productos extraídos (Simándi *et al.*, 1998).

Hidrodestilación

El termino hidrodestilación se define como el proceso para obtener el aceite esencial de una planta aromática, mediante el uso del vapor saturado a presión atmosférica. El generador de vapor no forma parte del recipiente donde se almacena la materia prima, es externo y suministra un flujo constante de vapor. Su presión es superior a la atmosférica, pero el vapor efluente, que extrae el aceite esencial, está a la presión atmosférica. La materia prima forma un lecho compacto y se desprecia el reflujo interno de agua debido a la condensación del vapor circundante (Chávez, 2007).

Los usos de los aceites esenciales obtenidos por hidrodestilación son muy amplios, aunque básicamente están orientados a la perfumería, la cosmética, la industria farmacéutica, como aditivos e insumos para sintetizar compuestos, la alimentaria, y como aditivos e insumos para la fabricación de productos de higiene personal y de limpieza doméstica. La industria farmacéutica requiere de aceites esenciales “desterpenados”, o sea libres de terpenos, porque se busca solo los principios activos farmacológicos de la planta, comúnmente los terpenos y sesquiterpenos oxigenados, para complementar un medicamento. En los últimos años, la aromaterapia ha tenido un gran crecimiento y aceptación en el mercado mundial. La comercialización de los aceites esenciales puros, como ingredientes de los productos aromaterápicos, ha creado una mayor demanda y ha motivado la búsqueda de nuevos aromas, más exóticos y con propiedades pseudo-farmacológicas. Otras nuevas aplicaciones surgidas últimamente, y con un gran potencial futuro, son de ingredientes para la formulación de biocidas con usos veterinarios o agrícolas (Muñoz, 2002; Ziegler y Ziegler, 1998; Regnault-Roger et al., 2004; Teuscher et al., 2005).

Metodología

Extracción de metabolitos secundarios

Este trabajo se llevó a cabo en tres pisos térmicos diferentes, en los municipios de Rivera, Gigante y Zulua-ga, con 520, 1240 y 2400 m s. n. m., respectivamente, ubicados en el departamento del Huila, con dos parcelas por sitio, donde fue sembrado el orégano, previo análisis de suelo; posteriormente, se evaluó y se realizó la extracción del aceite esencial de orégano y, con base en este, se estableció el contenido de metabolitos secundarios y el porcentaje de concentración de los mismos mediante el análisis de cromatografía de aceites esenciales.

La extracción de aceite esencial de orégano fue realizada en las instalaciones de los laboratorios de biotecnología del Centro de Formación Agroindustrial La Angostura, del Sena, verificando el mejor método de extracción y comparando el método de hidrodestilación y arrastre de vapor para cada piso térmico por separado.

La extracción de los aceites esenciales se realizó mediante el proceso de hidrodestilación utilizando muestras de 200 g de orégano provenientes de cada municipio; posteriormente, cada muestra fue triturada en un procesador de alimentos y transferida a un balón volumétrico con capacidad de 2000 ml; luego, a cada muestra se le agregó 250 ml de agua potable, y se le realizó el proceso de destilación utilizando el equipo de hidrodestilación ubicado en el laboratorio de control de calidad de alimentos del complejo agroindustrial nodo La Angostura. La temperatura de recirculación de agua utilizada en el proceso de condensación del destilado fue de 11 °C; el cálculo del rendimiento se realizó mediante la separación del hidrolato y el aceite resultante de la destilación, y se hizo mediante un embudo de decantación y una micro pipeta de 100 µl que permitió la extracción del hidrolato depositado en el fondo del tubo Falcon donde sería depositada la muestra.

Para el análisis de las muestras fue utilizada la técnica de cromatografía de gases, para lo cual se procedió a enviar 1 ml de aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) de cada una de las 3 muestras de aceites esenciales para su respectivo análisis de cromatografía de gases, con el objetivo de verificar la concentración de timol y carvacrol, de cada piso térmico en conjunto con la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, y el CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), estableciendo las diferencias de cada uno de los aceites esenciales.

Figuras 1 y 2. Tubo de condensación y muestra de aceite de 0,6 ml, obtenida en el proceso de hidrodestilación

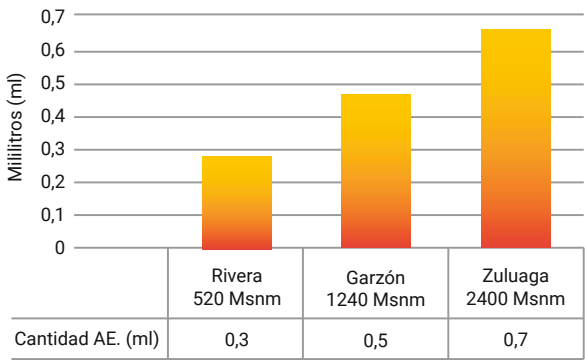


Fuente: Autores.

Resultados

A partir de las muestras analizadas se pudo observar un rendimiento variante que oscilaba entre los 0,4 ml a los 0,8 ml, dependiendo de la altitud donde fue colectada la muestra, siendo que las muestras del municipio de Zuluaga, ubicado a más de 2400 m s. n. m., presentan los mejores rendimientos (figura 3). Se realizó, también, un análisis por cromatografía de cada uno de los aceites extraídos de las muestras de cada piso térmico, obteniendo que la muestra proveniente del municipio de Zuluaga presentó valores de carvacrol y timol de 18,80 y 68,40 %, para el municipio de Rivera, los valores fueron de 8,46 y 57,51 %, y para Garzón los valores fueron 10,25 y 60,56 %. Estos metabolitos secundarios en las plantas varían de acuerdo con una serie de factores, que pueden ser bióticos (herbívoros, patógenos y parásitos), y abióticos (calor, nutrientes, minerales, sequía, pH, frío, metales pesados, luz, humedad y sombra) (Stashenko *et al.*, 2010).

Gráfica 1. Cantidad de aceite esencial del orégano (*Origanum vulgare*) de 3 pisos térmicos, extraídos por hidrodestilación



Fuente: Autores.

Conclusión

Se pudo determinar que la ubicación geográfica de las muestras puede tener influencia en la producción de aceites esenciales, ya que las muestras provenientes

de pisos térmicos de mayor altitud presentaron rendimientos mayores al momento de la extracción; también estas muestras presentaron mayores concentraciones de carvacrol y timol, sustancias con efecto antimicrobiano y antiparasitario, lo cual ofrece una alternativa a los compuestos que se encuentran hoy en el mercado.

Referencias bibliográficas

- Calsamiglia, S.; Busquet, M.; Cardozo, P.; Castillejos L.; y Ferret, A. (2007) "Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation". *Journal of Dairy Science*, 90: 2580-2595.
- Chavez, M. G. (2007). *Hidrodestilación de aceites esenciales: modelado y caracterización*. Tesis de Doctorado, Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente, Universidad de Valladolid.
- Elgayyar, M.; Draughon, F. A.; D. Golden, A.; y Mount, J. R. (2001). "Antimicrobial activity of essential oils from plants against selected pathogenic and saprophytic microorganisms". *Journal of Food Protection*, 64(7): 1019-1024.
- Gaur, S.; Kuhlenschmidt, T.; Kuhlenschmidt, M.; y Andrade, J. (2016). "Orégano Essential Oil and Carvacrol reduce *Cryptosporidium parvum* infectivity of HCT-8 Cells". *The FACEB Journal*, 30(1).
- Muñoz, F. (2002). *Plantas medicinales y aromáticas: Estudio, cultivo y procesado*. 4ª Reimpresión. Ediciones Mundi-Prensa: Madrid, España.
- Nazzaro, F.; Fratianni, F.; De Martino, L.; Coppola, R.; y De Feo, V. (2013). "Effect of essential oils on pathogenic bacteria". *Pharmaceuticals*, 6(12): 1451-1474.
- Oliver, G. W. (1966). "The world market of oregano. Proceedings of the IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute) International Workshop on Oregano". CIHEAM, Valenzano, Bari, Italy.
- Peredo-Luna, H. A.; Paulo-García, A.; y Lopez-Lalo, A. (2009). "Aceites esenciales: métodos de extracción". *Temas selectos de ingeniería de alimentos*, 32-24 :3.
- Pilau, M. R.; Alves, S. H.; Weiblen, R.; Arenhart, S.; Cueto, A. P.; y Lovato, L. T. (2011). "Antiviral Activity of the *Lippia graveolens* (Mexican oregano) essential oil and its main compound carvacrol against human and animal viruses". *Braz. J. Microbiol*, 42: 1616-1624.
- Regnault-Roger, C.; Philogéne, B. J. R.; y Vincent, C. (2004). *Biopesticidas de origen vegetal*. Ediciones Mundi-Prensa: Madrid, España.
- Russo, M.; Galletti, G.; Bocchini, P.; y Carnacini, A. (1998). "Essential Oil Chemical Composition of Wild Populations of Italian Oregano Spice (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum* [Link] letskaart): A Preliminary Evaluation of Their Use in Chemotaxonomy by Cluster Analysis. 1. Inflorescences". *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 46(9): 3741-3746.
- Simándi, B.; Oszagyán, M.; Lemberkovics, E.; Kéry, A.; Kaszács, J.; Thyron, F.; y Mátyás, T. (1998). "Supercritical carbon dioxide extraction and fractionation of oregano oleoresin". *Food Res. Int.* 31(10): 723-728.
- Stashenko, E.; Ruiz, A.; Arias, G.; Durán C.; Salgar, W.; Cala, M.; y Martínez, M. (2010). "Lippia organoides chemotype differentiation based on essential oil GC-MS analysis and PCA". *Journal of Separation Science*, 33: 93-103.
- Teuscher, E.; Anton, R.; y Lobstein, A. (2005). *Plantes Aromatiques. Épices, aromates, condiments et huiles essentielles*. Editions Tec & Doc, Paris, France.
- Ziegler, E. y Ziegler, H. (1998). *Flavourings*. Wiley-VCH Verlag GmbH: Berlín, Germany.



CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA DEL CAFÉ DE LOS MUNICIPIOS CAFETEROS DEL NORTE DE ANTIOQUIA-FASE 1

DOI: <https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.5>

Andrés F. Mendoza
afmendoza@sena.edu.co

Germán Maya
gmaya@sena.edu.co

Juan D. Lopera
jdloperam@sena.edu.co

Paulina Arboleda

Julián López
*Centro Textil y de Gestión Industrial, Área de Agroindustria,
Santa Rosa de Osos (Colombia)*

Resumen: Colombia es considerado uno de los países con mayor biodiversidad a nivel mundial, y por tal motivo tiene un gran potencial para exportar diferentes productos agrícolas, entre los cuales está el café. Como objetivo del presente artículo se tiene caracterizar la calidad física del grano de café de los municipios cafeteros del norte de Antioquia, fase 1, para entrar en el mercado del café tostado y ser competitivos en la producción de café. Por esta razón, se utilizó una metodología tipo descriptiva y cualitativa en la que se tostó los granos de café almendra, se determinó el color de los granos tostados para establecer los grados de tostión, se les determinó el porcentaje de merma y, por último, se hizo un análisis organoléptico al café tostado.

En la actualidad, el departamento de Antioquia cuenta con 79.452 caficultores y 122.206 hectáreas de café, según la Federación Nacional de Cafeteros; los municipios más representativos de la subregión norte de Antioquia con respecto al café son Angostura, Ituango, Santa Rosa de Osos (especialmente los corregimientos de San Pablo y San Isidro), Don Matías (especialmente la vereda Bellavista), Campamento, Gómez Plata, Guadalupe, Briceño y Yarumal. Como conclusión, se tiene que en la prueba de granulometría de las muestras de café almendra se identificó que el 60 % del grano de café se encontraba por encima de la malla 15, y los mejores resultados de las curvas de tostión del café almendra sana del municipio de Santa Rosa de Osos se obtuvieron con un tiempo de 480 a 660 segundos, y a una temperatura de 185 a 198 °C.

Palabras clave: Café, calidad, características, producto, región.

CHARACTERIZATION OF THE PHYSICAL QUALITY OF COFFEE FROM MUNICIPALITIES IN NORTHERN ANTIOQUIA-PHASE 1

Keywords: Coffee, quality, features, product, region.

Abstract: Colombia is considered one of the countries with the greatest diversity worldwide, for this reason it has great potential to export different agricultural products, among which is coffee. The objective of this work is to characterize the physical quality of coffee beans from several coffee municipalities in northern Antioquia phase 1, to enter the roasted coffee market and be competitive in coffee production. For this reason a descriptive and qualitative type methodology was used in which roasted almond coffee beans were roasted, the color of roasted beans was determined to established roasting degrees, the percentage of shrinkage was determined and finally an organoleptic analysis of roasted coffee was made.

Currently, the department of Antioquia has 79.452 coffee growers, and 122.206 hectares of coffee according to the National Federation of Coffee Growers. The most representative municipalities of the subregion of Antioquia, as coffee growers, are Angostura, Ituango, Santa Rosa de Osos (San Pablo and San Isidro), Don Matías (Bellavista), Campamento, Gómez Plata, Guadalupe, Briceño and Yarumal. In conclusion, the almond coffee samples granulometry test showed that 60% of the coffee beans were above the mesh 15, and the best results of the tostion curves of healthy almond coffee from the municipality Santa Rosa de Osos were obtained with a time of 480 to 660 seconds with a temperature of 185 to 198 ° C.

Introducción

El cultivo del café (*Coffea arabica*) fue introducido a Colombia a principios del siglo XVIII, y se convirtió en uno de los principales productos de la economía nacional, consolidándose como uno de sus impulsores (Gómez, 2005).

El café colombiano ha sido referente mundial desde los años 40, dada la diversa orografía de sus regiones productoras, su oferta ambiental, sus variedades cosechadas y sus técnicas productivas, lo que ha llevado a que la alta calidad del café sea una de las características más atractivas para los consumidores. Entre los factores condicionantes de las tecnologías empleadas para la producción de esta materia prima se resalta el tamaño de las fincas cafeteras colombianas que, en su mayoría, son terrenos menores a una hectárea (60,59 %), seguido

de extensiones de una a tres hectáreas (28,36 %) (FNC, 2005). Dichas fincas, generalmente, son administradas por núcleos de familias campesinas de tradición cafetera, a lo que se suma que pocas veces el café es establecido como un monocultivo.

A partir de esta realidad, los gobiernos colombianos dieron inicio al acogimiento e implementación de políticas que brindaran una mayor estabilidad y prosperidad para el renglón productivo; así mismo, en la actualidad el impulso en la producción de un café con altos estándares de calidad cada día crece más, por lo que surge la necesidad de generar acciones formativas dirigidas a los caficultores, que aseguren la calidad del grano de café.

Para lograr un buen posicionamiento en el mercado y competir con el café de otros países, la calidad del café juega un papel muy importante, debido a que esta condición es reconocida con un mejor precio en el mercado, lo que contribuye el mejoramiento de los ingresos de los caficultores. Por otra parte, la calidad de los alimentos hace referencia a su contenido nutricional y la satisfacción producida durante su ingestión, lo que se relaciona directamente con la calidad y la ausencia de defectos en la producción y el grano de café, para no alterar ni degradar los componentes ni su sabor en la taza. Ahora bien, para el análisis de la calidad del café se tiene en cuenta sus propiedades físicas y químicas.

La calidad física del café se constituye con el contenido de humedad, la apariencia, la presencia de materiales extraños, el tamaño, el color y el olor del grano pergamino, la almendra y el grano tostado. Todas estas características se derivan del buen manejo y control de la producción, la cosecha, el beneficio, la trilla y la tostión. La calidad de la taza del café (química) se valora teniendo en cuenta atributos como el aroma, la acidez, el amargo, la impresión global y el cuerpo, cualidades que están determinadas genéticamente y que pueden ser alteradas o no en la producción y transformación del grano.

El café es uno de los productos representativos de Colombia y una de las actividades productivas que sustenta la economía de miles de campesinos del país. Colombia cuenta con 903.500 hectáreas en el año 2017, mientras que el departamento de Antioquia cuenta con 122.206 hectáreas en café, de las cuales 101.483 hectáreas son productivas; por otro lado, Antioquia cuenta con 2676 veredas cafeteras, con un equivalente de 102.619 fincas cafeteras a 2018, en las cuales se tiene cultivos con las variedades Colombia, Castillo y Tabi, con un total de 109.576 hectáreas, y la variedad Caturra y Típica con 11.892 hectáreas cultivadas (información brindada por la Federación Nacional de Cafeteros).

De acuerdo con lo anterior, surge la necesidad de generar capacitaciones que cualifiquen a los caficultores en su labor, para así generar una conciencia del manejo técnico del cultivo y del mejoramiento de la calidad del café.

De la misma manera, no solo las técnicas de aseguramiento de la calidad física del café son las que definen los eslabones productivos del mismo. En la actualidad, temas de cafés especiales y de origen, que involucran adentrarse en áreas de calidad física y técnicas especializadas en la preparación del café de alta calidad, son de vital importancia para el desarrollo del conocimiento, la cultura, la sociedad y las ideas de emprendimiento.

Por tal motivo, este proyecto de calidad física del café será de vital importancia para generar aprendizajes en los temas que en la actualidad la sociedad requiere para desarrollar y buscar el mejoramiento continuo de la economía personal y de la subregión norte de Antioquia.

Materiales y métodos

La metodología empleada para llevar a cabo este proyecto se basa en una investigación descriptiva y cualitativa de la calidad del grano del café. Este proceso se articuló con el Semillero de Investigación GIAITEC-SIPA.

Plan de trabajo

El plan de trabajo de este proyecto se dividió en tres etapas:

1. Durante la primera etapa se realizó la recepción de la materia prima y la evaluación física de la misma.
2. Durante la segunda etapa se realizó la estandarización del proceso de trilla del café.
3. Durante la tercera etapa se realizó una caracterización física y sensorial de las muestras de café.

De acuerdo con el objetivo principal de esta investigación, se realizaron los siguientes procedimientos:

1. Un análisis físico (trilla, caracterización y tostión) de

las almendras de café. Para tal fin, se utilizó café de las variedades presentes en la zona de estudio. Se tomó una muestra de 500 gramos de cada una de las zonas y se le extrajo una contramuestra de 250 gramos (se utilizó 4 muestras de 250 gramos de las cuales se realizaron respectivamente según los requerimientos) de café, el cual se tostará con dos curvas de tostión durante 8 a 9 minutos, utilizando una tostadora de laboratorio de tambor rotatorio.

2. Color. Luego de realizarse la tosti3n de los granos de caf3 se proceder3 a identificar el grado de tosti3n de las muestras y se evaluar3 con un color3metro Quantik Digital IR-800; los resultados que se obtengan del color3metro se dar3n en unidades Quantik, que permiten la clasificaci3n cualitativa seg3n unas tablas que los mismos fabricantes proporcionan.
3. Porcentaje de merma. Para la p3rdida de peso o porcentaje de merma se toma como cantidad inicial de caf3 verde 500 g por muestra y luego de ser tostados se pesan para poder calcular el porcentaje de la merma.
4. An3lisis organol3ptico. Para el an3lisis organol3ptico se realiz3 una cataci3n y calificaci3n de atributos para la preparaci3n de la muestra, y se tendr3 en cuenta la norma NTC 3566, "Preparaci3n de muestras para uso en an3lisis sensorial".

Resultados y discusi3n

Resultados de la trilla y tosti3n del caf3

En la tabla 1 se muestra el resultado del an3lisis f3sico del caf3 Pergamino Seco (CPS), en el que se puede evidenciar los defectos presentes en el grupo 1, as3 como los defectos del grupo 2, el porcentaje de merma y el factor de rendimiento de dos muestras de caf3 proveniente de San Isidro (Santa Rosa de Osos),

Brice3o y G3mez Plata, realizado mediante una muestra de 250 gramos.

Tabla 1. An3lisis f3sico de CPS de los municipios de Santa Rosa de Osos (San Isidro), Brice3o y G3mez Plata

Tipo de An3lisis	San Isidro	Brice3o	G3mez Plata
Defectos Grupo 1	9 granos	12 granos	10 granos
Defectos Grupo 2	60 granos	50 granos	57 granos
% Humedad	11 %	12 %	12 %
% de merma	23.4 %	24 %	24.2 %
Factor de rendimiento	91,4	92,1	92,35

Los anteriores resultados nos indican que las muestras de caf3 de estos tres lugares est3n en el rango permitido en la tolerancia de los granos defectuosos del grupo 1; a la vez, se encontraron 20 granos brocados de una perforaci3n en San Isidro, lo que quiere decir que 10 granos brocados hacen 1 grano del primer grupo; entonces, los veinte brocados equivalen a 2 granos del grupo 1 ($9 + 2 = 11$). Por tal motivo, el conteo final ser3a: granos del grupo 1: 11 y granos del grupo 2: 60, lo que quiere decir que se trata de un caf3 excelso.

Con relaci3n al proceso de tosti3n, se muestra el comportamiento de la temperatura en el proceso en funci3n del tiempo en los granos de caf3 de San Isidro (figura 1). Para este caso, se observa que la temperatura de precalentamiento del grano de caf3 es de 227 3C, y que desciende a una temperatura m3nima de 193 3C en el minuto 2 con 30 segundos; a partir del minuto 3 se observa el incremento de la temperatura hasta el minuto 9 de 225 3C, hasta alcanzar la temperatura final de 230 3C. Para la tosti3n de la muestra de caf3 de Brice3o (figura 2) se tiene una temperatura de precalentamiento del grano de caf3 de 182 3C, que desciende en el minuto 1 hasta una temperatura m3nima de 154 3C, luego la temperatura de crepitaci3n fue de 180 3C y logra ascender hasta alcanzar una temperatura final de 190 3C.

Tal y como se muestra en la figura 1 y la figura 2.

Figura 1. Curva de tostión del grano de café de Santa Rosa de Osos (San Isidro)

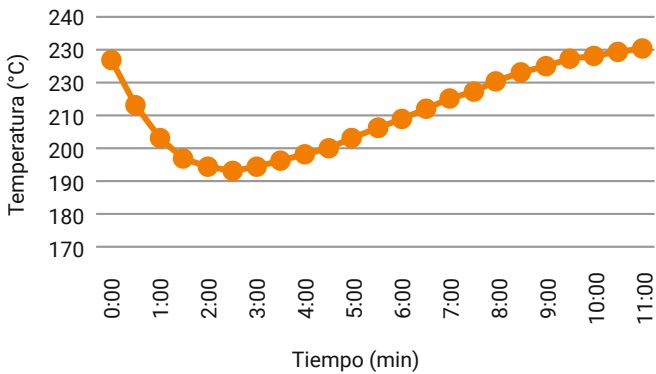
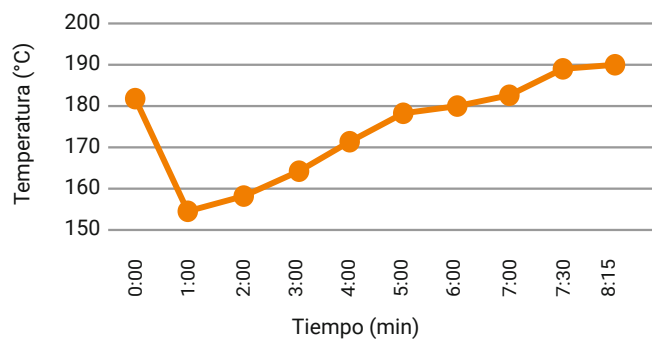


Figura 2. Curva de tostión del grano de café de Briceño



En la siguiente tabla se puede observar el resultado obtenido del proceso de colorimetría de las muestras tostadas y molidas del grano de café de San Isidro y Briceño.

Tabla 2. Color del grano de café tostado de las muestras de San Isidro y Briceño

Muestra	Unidades Quantik	Luminancia	SCAA Color Tile	Agtron E10	Color Tostado	Nombre Común
San Isidro Muestra 1	226	18,54	Tile #45	49,76	Café medio oscuro	Viennese Full City Light French Espresso
San Isidro Muestra 2	173	15,83	Tile #45	40,07	Café moderadamente oscuro	Espresso
San Isidro Muestra 3	270	21,51	Tile #65	60,36	Café medio claro	Light médium American
San Isidro Muestra 4	221	18,25	Tile #45	48,72	Café medio oscuro	Viennese Full City Light French Espresso
Briceño Muestra 1	299	23,93	Tile #65	69,00	Café medio claro	Light medim American
Briceño Muestra 2	198	17,01	Tile #45	44,30	Café moderadamente oscuro	Espresso
Briceño Muestra 3	266	21,21	Tile #55	59,29	Café medio	Espresso
Briceno Muestra 4	262	20,92	Tile #55	58,23	Café medio	Medium medium-High American

Como se observa en la tabla 2, dos de las muestras de café procesado de San Isidro corresponden a café tostión medio oscuro, mientras que dos de las muestras de café procesado de Briceño corresponden a café tostión media.

Resultados de las pruebas de análisis sensorial

La tabla 3 muestra los resultados que se obtuvieron del análisis de las muestras del café de San Isidro, Briceño y Angostura:

Tabla 3. Resultados de pruebas de análisis sensorial

Muestra	Fragancia	Acidez	Sabor
San Isidro	Cítrico (limón), floral	Cítrica, media	Dulce e intenso
Briceño	Caramelo, miel, floral	Cítrica medio alta	Dulce intenso
Gómez Plata	Cítrica, caramelo	Cítrica, balanceada	Dulce, balanceado y cítrica
San Andrés de Cuerquia	Frutoso y floral	Cítrica medio alta	Ácido y dulce perdurable

En estos resultados de atributos se muestra que predominan los cítricos y los florales, generando una buena aceptación del café tostado y un consumo amplio por la comunidad.

Conclusiones

En la prueba de granulometría de las muestras de café almendra, el municipio con mejor resultado fue Santa Rosa de Osos, específicamente el corregimiento de San Pablo, donde se identificó que el 75 % del grano de café se encontraba por encima de la malla 17.

Por otro lado, los mejores resultados de las curvas de tostión del café almendra sana del municipio de Santa Rosa de Osos se obtuvieron con un tiempo de 480 a 660 segundos y a una temperatura de 195 a 230 °C.

Finalmente, se presentó una muestra del municipio de Campamento en la que el conteo de defectos excedió la norma de defectos en el grupo 2, dando como resultado un café no excelso.

Agradecimientos

Agradecemos a Olga Lucía Lopera Lopera, subdirectora del Centro Textil y de Gestión Industrial, y a Guillermo León Peláez Henao, Coordinador Académico de la Subsele Santa Rosa de Osos del Centro Textil y de Gestión Industrial, por su apoyo y respaldo en el desarrollo de esta investigación.

Referencias bibliográficas

- Bottazzi, D.; Farina, S.; Milani, M.; y Montorsi, L. (2012). "A numerical approach for the analysis of the coffee roasting process". *Journal of Food Engineering*.
- Federación Nacional de Cafeteros (2008). División de Estrategia y Proyectos Especiales de Comercialización. *Aspectos de Calidad del Café para la Industria Torrefactora Nacional*.
- Gloess, A.; Vietri, A.; Wielan, F.; Smrke, S.; Schönbächler, B.; Sánchez, J.; Pettrozzi, S.; Bongers, S.; Koziorowski, T.; y Yeretizian, C. (2014). "Evidence of different flavor formation dynamics by roasting coffee from different origins: On-line analysis with PTR-ToF-MS". *International Journal of Mass Spectrometry*. Article in press.
- Gómez, G. C. (2005). "Desarrollos científicos de Cenicafé en la última década". *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 1(30): 89-100.
- Gómez, M. L. A. y Jaramillo, D. F. J. (2017). "Determinación de dos índices de la calidad del suelo en la calidad de la taza de café". *Revista de la Facultad de Ciencias*, 6(2): 102-123.
- Hernández, H. H. C. (2015). "Sistema de información para el control de procesos en la producción, poscosecha y análisis sensorial de café especial". *Revista Nova*, 1(1): 88-95.
- Puerta, G. (2011). "Composición química de una taza de café". *Cenicafé*, Colombia. 414: 1-12.
- Puerta, G. I.; González, F. O.; Correa, A.; Álvarez, I. E.; Ardila, J. A.; Girón, O. S.; y Montoya, D. F. (2016). "Diagnóstico de la calidad del café según altitud de suelos y beneficio en varias regiones de Colombia".
- Restrepo, M.; Brilly, E.; y Piñeros Rodríguez, J. B. (2016). "Evaluación de la fertilización edáfica en café (*Coffea arabica* L.) mediante el análisis sensorial y características físicas bajo diferentes alturas en Fusagasugá-Cundinamarca". (Doctoral dissertation).



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE FILTRO AIREADOR PARA PISCICULTURA

DOI: <https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.6>

Diego Fernando Pineda Rojas

Ingeniero Agropecuario, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid.

Instructor Agropecuario del Sena. Grupo de Investigación Minero Ambiental del Bagre (GIMAB), El Bagre, Antioquia.

dpinedar@sena.edu.co

Luis Alberto Curtidor Guataqui

Ingeniero metalúrgico, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Instructor e Investigador del Sena, Antioquia.

lcurtidor@sena.edu.co

Palabras clave: Acuaponía, aireación, amonio, prototipo, parámetros para piscicultura.

Resumen: En piscicultura se requieren unos parámetros de calidad del agua para el mayor rendimiento en cuanto a crecimiento en tamaño de los peces y, en esa medida para su aprovechamiento. Uno de los parámetros es el contenido de oxígeno en el agua necesario para el equilibrio químico y la supervivencia de los peces; la oxigenación del agua se puede lograr por agitación, por caídas inducidas o naturales, o por inyección de aire a un flujo de agua, como es el caso de esta propuesta. El objetivo de éste diseño es utilizar la menor cantidad de agua posible, recirculándola y manteniendo el nivel y volumen deseado acorde con el tamaño del estanque y el número de peces que lo ocupen. Para el presente diseño se trata de un acuario y un prototipo de filtro aireador a escala de laboratorio, con el fin de facilitar la realización de pruebas y ajustes de parámetros y, posteriormente la aplicación a una escala industrial. Se plantea al mismo tiempo, recuperar las deposiciones o excrementos producidos por los peces mediante su decantación y conducción hacia cultivos acuapónicos, pues estos contienen nutrientes necesarios para su desarrollo.

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A PROTOTYPE OF AERATOR FILTER FOR FISH FARMING

Abstract: In fish farming, water quality parameters are required for the highest yield in terms of growth in fish size and for the exploitation. One of the parameters is the oxygen content in the water necessary for chemical equilibrium and fish survival. Water oxygenation can be achieved by agitation, induced or natural falls, or by injection of air into a water flow, as is the case in this proposal. The aim of this design is to use the least amount of water possible, recirculating it and maintaining the desired level and volume according to the size of the pond and the number of fish that occupy it. For the present design it is an aquarium and a prototype of aerator filter on a laboratory scale, in order to facilitate testing and parameter adjustments and for application on an industrial scale. At the same time, it is necessary to recover the deposition or excrements produced by the fish by decanting and driving towards aquaponic crops, because this have nutrients necessary for their development.

Keywords: Aquaponics, aeration, ammonium, prototype, parameters for fish farming.

Introducción

El uso de filtros en criaderos de peces se ha incrementado en los últimos tiempos con los estudios y proyectos de investigación sobre la calidad del agua; para el buen rendimiento en la industria piscícola se han propuesto filtros con diferentes lechos y superficies filtrantes o separadoras de partículas muy pequeñas, las cuales requieren constante mantenimiento y al mismo tiempo recambio o circulación y abastecimiento del agua para su funcionamiento. Con la presente propuesta se quieren evitar todas estas actividades, implementando un proceso de decantación progresiva de sólidos en un dispositivo de forma similar a los ciclones en cuanto a forma y tipo de separación de materiales por diferencia de densidades. A demás de la utilización de este prototipo, también se incluye en la propuesta la aplicación de la acuaponía, que es la técnica que integra la acuicultura con la hidroponía, combinando la producción de peces y la producción

de hortalizas sin suelo por el medio común “agua”. En la acuaponía los desechos metabólicos de los peces son aprovechados como nutrientes por los vegetales para crecer, mientras que las plantas limpian el agua y eliminan los compuestos tóxicos para los peces (principalmente amonio y nitritos), reduciendo la frecuencia de renovación del agua.

Metodología

Para esta propuesta de implementación de elementos separadores de partículas o sustancias muy íntimamente disueltas en agua, como es el caso de los estanques para producción de peces, se cuenta con la experiencia del recurso humano y las herramientas necesarias para su desarrollo en el Centro de Formación Minero Ambiental. En primer lugar, se inició con el diseño de un prototipo separador tipo ciclón, debido a que los

desechos metabólicos de los peces son partículas muy pequeñas y, por esta razón, no se separan muy fácilmente por la agitación necesaria en el funcionamiento normal de un ciclón por vía húmeda; entonces, se propuso un medio separador por decantación de partículas en un medio con poca agitación o movimiento del agua.

Más adelante, se hizo un diseño que consta de un recipiente con tres secciones por donde circula el agua y se produce una decantación de las heces o deposiciones de los peces, para retirarlas por el fondo de dichas secciones y conducir las hacia los cultivos de hortalizas que aprovechan estos nutrientes. Para el corte y armado del prototipo se contó con la colaboración del personal, la planta física y los equipos del Tecnoparque Medellín.

Para hacer pruebas de laboratorio se construyeron dos acuarios, a los cuales se les implementó accesorios como bombas de inmersión para recircular el agua, blower para aplicar aire a un flujo de agua hacia los acuarios, alimentadores automáticos de peces y un kit o panel de celdas fotovoltaicas de energía solar, para producir la energía necesaria para el funcionamiento de los accesorios.

Desarrollo de contenidos

Los contenidos se relacionaron en forma secuencial y cronológica de actividades realizadas, como se describe a continuación:

3.1 Diseño del prototipo de filtro

Inicialmente, se propuso el diseño de un ciclón normal, similar a los que se utilizan para concentrar materiales por vía húmeda en una planta de beneficio, en el cual hay una entrada tangencial de la mezcla agua-material formando un remolino en su interior y donde, por diferencias de densidades, ocurre una separación de agua limpia por la parte superior del ciclón y de agua con material denso por la parte inferior y central del ciclón, como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Diseño inicial del prototipo



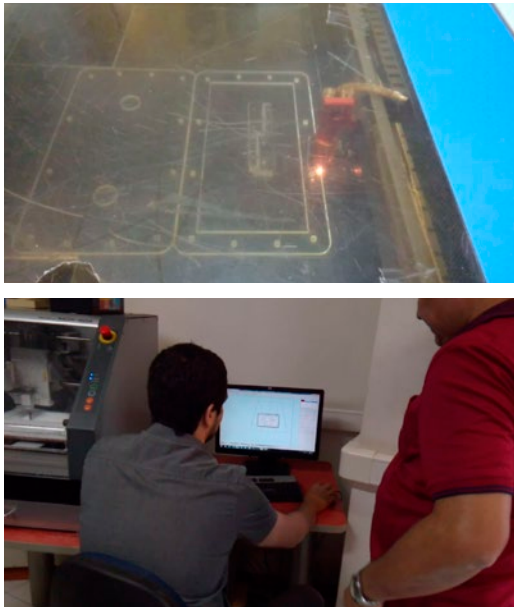
Fuente: Elaboración propia.

Debido a que los excrementos o desechos metabólicos de los peces son partículas muy pequeñas, casi disueltas en su totalidad en el agua y la pulpa (agua y material), y que dentro del ciclón están en constante agitación, se dificulta la separación por diferencia de densidades de los materiales, en este caso los amonios y nitritos, que son como lamas muy livianas.

Para hacer ajustes o modificaciones al anterior diseño, se propone aprovechar las propiedades físicas de diferencia de densidades entre los desechos metabólicos de los peces y el agua de los estanques, evacuando los primeros por la parte inferior, ya sea por orificios en el piso o con la ayuda de bombas de inmersión, para retirar la mayor concentración de nitritos y amonios decantados.

Como ya se tenía un bosquejo preliminar del prototipo, en cuanto a forma y dimensiones, se contó con la disposición y colaboración del personal y los equipos del Tecnoparque Medellín; para tal fin, se ajustó la forma y las dimensiones con ayuda de un equipo dotado de un programa de diseño gráfico y corte de material asistido, como se muestra en las figuras 2a y 2b.

Figuras 2a y 2b. Diseño y corte de material con rayo láser



Fuente: Elaboración propia.

La forma del diseño final es una pirámide truncada, con la sección menor hacia abajo en forma de embudo, para facilitar el direccionamiento de material decantado en un área pequeña con dos reboses y antes de la salida o rebose final; se dispuso, además, una malla fina de material inoxidable para ayudar a retener partículas finas y disminuir los movimientos o turbulencias producidas por la circulación de agua para facilitar la decantación.

Para la construcción se utilizó láminas de acrílico transparente, las cuales fueron cortadas y luego pegadas con una mezcla de cloruro de metileno y aserrín del mismo material acrílico, el cual se convierte en una especie de soldadura química fuerte entre las aristas de las láminas y los tubos de entrada y salida del agua, dejando uniones libres de filtraciones o salideros de agua. El cuerpo principal del prototipo se dividió en tres secciones en forma de clarificadores por decantación de partículas, para retirarlas por el fondo como se muestra en la figura 3, y luego conducir las en forma de lodos hacia los cultivos acuapónicos tradicionales.

Figura 3. Ensamble de prototipo



Fuente: Elaboración propia.

3.2 Diseño de estanques o acuarios

Los estanques tienen diversas dimensiones de profundidad, de largo y de ancho; para probar el prototipo, se construyó dos acuarios reforzados en sus aristas con ángulos de acero, para resistir las presiones laterales del agua, con un fondo convergente hacia el centro, como se muestra en las figuras 4a y 4b; para direccionar los desechos metabólicos de los peces y poderlos succionar por medio de una bomba inmersa en el fondo de los acuarios, que tienen como función sustraer lodos de nitritos y amonios para conducirlos al filtro clarificador y luego recircular el agua limpia nuevamente a los acuarios. A escala industrial, dichos acuarios representarían los estanques o piscinas de diversas dimensiones, según los parámetros establecidos para mejorar la producción.

Figuras 4a y 4b. Acuario para pruebas en laboratorio



Fuente: Elaboración propia

3.3 Instalación y ajuste de accesorios

En la figuras 5a, 5b y 5c se muestra el paso a paso de la construcción del prototipo de filtro aireador, el cual será utilizado en el sistema piscícola con una alternativa de energía fotovoltaica y un cultivo acuapónico.

Figuras 5a, 5b y 5c. Paso a paso de la construcción del prototipo



Fuente: Elaboración propia.

Resultados y Discusión

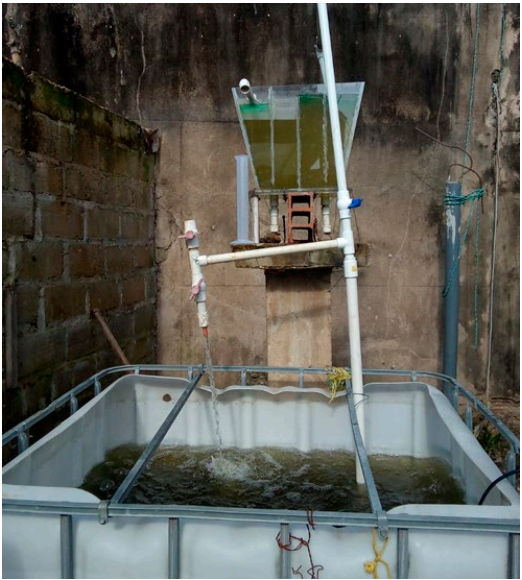
Diseño y prototipo de filtro aireador para piscicultura

Se realizó pruebas de equipos, de permeabilidad del prototipo del filtro aireador y de conducción eléctrica fotovoltaica.

Los resultados iniciales se enfocan en establecer la construcción, funcionamiento y puesta en marcha de un prototipo de filtro aireador para el área piscícola, que permite la clarificación, decantación, filtrado y re-circulación del agua que es utilizada en los estanques o criaderos de peces; con la posibilidad de utilizar los productos decantados y filtrados como fertilizantes en cultivos acuapónicos.

Para el diseño y construcción del prototipo de filtro, nos basamos en la técnica de separación de sustancias por diferencia de densidades, aplicando la decantación principalmente y un filtrado con ayuda de mallas con aberturas de tamaños similares a las partículas visibles (desechos bióticos de los peces).

Figura 6a. Montaje completo prototipo de filtro y pecera a escala de laboratorio



Fuente: Elaboración propia.

Se aplican y utilizan características adicionales como concentración de desechos bióticos o turbidez del agua en la pecera a escala de laboratorio. Como resultado y después de 2 horas de recirculación constante en el filtro aireador se tiene como resultado agua filtrada con características físicas importante tales como color y olor, determinando su funcionalidad inicial.

Figura 6b. Agua filtrada



Fuente: Elaboración propia.

La velocidad de decantación es también importante, porque la recirculación del agua genera un flujo y, por consiguiente, un movimiento de agua en un sentido en el recorrido dentro las cavidades del prototipo; las partículas deben vencer esa velocidad de flujo de agua y buscar el fondo de esas cavidades para luego ser evacuadas por salideros, las cuales se observan en la siguiente imagen, dando la funcionalidad del prototipo filtro aireador.

Figura 6c. Decantación de desechos bióticos de los peces



Fuente: Elaboración propia.

Los parámetros físicos y químicos medibles en el proceso de filtración fueron turbidez, pH, oxígeno, temperatura, nitritos, nitratos y adición por pérdidas en recirculación y conducción (evaporación), para la verificación de la eficiencia de la calidad del agua en los distintos puntos del circuito; se espera terminar el montaje con sistema acuapónico para extraer los datos estadísticos con prueba Firsher que serán ponderados en sus promedios para un posterior análisis.

Conclusiones

- Es necesario contar con un grupo interdisciplinario para este tipo de propuestas, porque en ellas juegan un papel importante áreas como la mecánica, la soldadura y la agropecuaria.
- Este tipo de prototipos dan respuesta a necesidades del sector agropecuario, para el caso específico al piscícola.

- Los montajes hidráulicos, equipos y accesorios que influyen en la filtración son importantes, ya que si el proceso no cumple con unos requisitos mínimos puede causar que el recurso agua, vital para los peces, altere su calidad y cause pérdidas.
- Se espera que este prototipo de filtro aireador sirva como alternativa de uso en las pequeñas piscifactorías.
- La utilización de tecnologías (3D) perfecciona el ajuste e impermeabilidad de posibles filtraciones de líquidos.
- Finalmente, este artículo busca generar una motivación hacia la investigación que ayude a mejorar el rendimiento de las empresas agropecuarias.

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración prestada por parte del SENA, especialmente el Tecnoparque Medellín.

También agradecemos al personal de diseño del Centro de Formación Minero Ambiental y a los instructores de los talleres de Soldadura y Mecanizados del Centro de Formación Minero Ambiental. Finalmente, agradecemos a nuestra líder SENNOVA, Blanca Alvarado.

Referencias bibliográficas

Barba Jaramillo, Carlos Andrés (2015). *Aireación de las piscinas de tilapia roja*. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria: Quito.

Bautista Covarrubias, Juan Carlos y Ruiz Velazco Arce, Javier Marcial de Jesús (2011). "Calidad de agua para el cultivo de tilapia en tanques de geomembrana". *Revista Fuente*, 3(8): 10-14.

Estanques Eu (29 de 03 de 2017). "Amonio NH3 y sus implicaciones en el estanque". Recuperado de: <https://www.estanques.eu/blog/amonio-nh3-y-sus-implicaciones-en-el-estanque/>.

Estanques, M. B. (2010). Dirección Nacional de Recursos Acuáticos. Recuperado de: <http://www.mgap.gub.uy>.

Estanques y peces (2002). "Filtros para estanques y lagos". Recuperado de: http://www.estanquesypeces.com/estanques/tipos_de_filtros.htm.

FAO (s.f.). "Mejora de la calidad de agua en los estanques". Recuperado de: http://www.fao.org/tem-pref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s02.htm.

Intagri (2017). "Acuaponía para la producción de plantas y peces". Serie *Horticultura Protegida*, 32. 6 p. Recuperado de: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/acuaponia-produccion-de-plantas-y-peces>.

Muñoz, Lucía (2019). "Mesa de cultivo para el huerto urbano en casa. Tipos de mesas de cultivo". Recuperado de: <http://www.agrohuerto.com/mesa-de-cultivo-para-el-huerto-urbano-en-casa/>.



TRANSFORMACIÓN DEL TAMO DE ARROZ A PAPEL ECOLÓGICO COMO ESTRATEGIA DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL¹

DOI: <https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.7>

Luis Alexander Carvajal Pinilla
*Magíster en Biología. Docente Corporación
Universitaria del Huila – Corhuila, Neiva (Colombia)*
luis.carvajal@corhuila.edu.co

Valentina Díaz Páez
*Ingeniera Ambiental. Corporación
Universitaria del Huila (Corhuila) - Neiva (Colombia)*
valentina9704@hotmail.com

Valentina Jiménez Medina
*Ingeniera Ambiental. Corporación Universitaria del Huila (Corhuila)
Neiva (Colombia)*
valentinajimenezmedina@gmail.com

Palabras clave: Celulosa, componentes químicos, papel ecológico, tamo.

Resumen: En el departamento del Huila se cosechan más de 36.000 toneladas de arroz anualmente, siendo uno de los cultivos con mayor producción del país; no obstante, la inadecuada disposición final de sus subproductos incrementa los niveles de contaminación, principalmente en la atmósfera debido a la quema del tamo de arroz. Por esta razón, se propone una alternativa de aprovechamiento del tamo de arroz debido al contenido de celulosa que este posee a través de procesos a escala de laboratorio. Un análisis especializado señaló que el porcentaje de calorías fue de 300 %, el de carbohidratos totales de 60 %, el de proteínas de 5,68 %, y el de grasas de 1,66 %. Durante el procesamiento, el proceso Kraft y las etapas de blanqueamiento y secado son esenciales para generar papel ecológico con mínimos estándares de calidad y características eficientes para su uso. El protocolo descrito es una herramienta para contribuir a transformar un subproducto del arroz en un producto de uso general.

1. Artículo derivado del proyecto de investigación "Aprovechamiento del tamo de arroz para la generación de papel ecológico", presentado por el grupo de investigación "Efecto ambiental", de la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria del Huila - Corhuila.

TRANSFORMATION OF THE RICE HUSK TO ECOLOGICAL PAPER AS AN ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY STRATEGY

Summary: In the department of Huila, more than 36.000 tons of rice are harvested annually, being one of the crops with the highest production in the country. However, the inadequate final disposal of the processing increases pollution levels, mainly in the atmosphere due to the burning of rice husk. For this reason, an alternative for rice harvesting is to use the rice husk, given the cellulose content that it has, through laboratory-scale processes. Specialized analysis indicated that the percentage of cellulose was 300 %, total carbohydrates was 60 %, proteins was 5,68 %, and that of fat was 1,66 %. During the processing of rice, the Kraft process and the bleaching and drying stages are essential to generate eco-friendly paper with minimum quality standards and efficient features for use. The described protocol is a tool to help transform a rice byproduct into a general purpose product.

Keywords: Cellulose, chemical components, ecological paper, rice husk.

I. Introducción

El arroz es uno de los cultivos de mayor extensión en la Tierra y genera una serie de beneficios alimenticios a gran parte de la población humana (FAO, 2015); no obstante, se generan unos subproductos que no son utilizados por los seres humanos y que, por el contrario, se convierten en contaminantes para el medio ambiente.

Uno de los mayores subproductos que genera el cultivo de arroz es la cascarilla, que ha sido ampliamente tratada y que, a su vez, genera una variedad de productos, como la obtención de cemento de tipo puzolánico, debido al alto contenido de óxido silicio (Cabrera, *et al.*, 1987), la generación de energía eléctrica a través de una planta de producción (Psetizki, 2009), también es usada como fuente energética en ladrilleras, mejorando la calidad del ladrillo (Ramírez y Sánchez, 2011), como agregado orgánico en morteros de mampostería (Chur, 2010), y como abono orgánico en cultivos de arroz por su aporte de micronutrientes y macronutrientes al suelo (Orjuela, 2010).

El tamo de arroz, otro subproducto, está siendo aprovechado a una pequeña escala como nutriente para el suelo o alimento para animales en períodos de escases (UNAL, 2016), o para cubrir necesidades en labores agropecuarias con la generación de fibras artesanales de gran fortaleza y durabilidad (Mejía y Sierra, 2015); sin embargo, a mayor escala no se realiza ningún tratamiento y se genera contaminación atmosférica por su combustión, generando afectaciones al suelo y el agua por su disposición final y, en últimas, a las cadenas productivas de arroz y cultivos aledaños (Ferre, 2010).

Uno de los productos que se generarían a partir del subproducto cascarilla de arroz es el papel reciclado ecológico. Fuente y León emplearon peróxido de hidrógeno y obtuvieron un papel con buena resistencia a la tensión, debido a una mayor cantidad de fibras fraccionadas, en comparación con las fibras largas, de la cascarilla (Tejedor, 2014).

Dado lo anterior, y con el fin de aprovechar el tamo de arroz para generar una alternativa de producto viable y útil para la sociedad contribuyendo, al mismo tiempo, a la disminución de la carga contaminante por este residuo, se establece para el presente proyecto el protocolo de transformación del tamo de arroz a un papel ecológico como estrategia de sostenibilidad ambiental de reutilización en su disposición final.

II. Metodología

Este estudio de tipo aplicado fue cuantitativo de tipo experimental e involucra al sector arrocero; presentó dos fases: la primera referente a la caracterización química del tamo de arroz, y la segunda a la definición del protocolo de obtención de papel ecológico.

Caracterización química del tamo de arroz

Se realizó una colecta de la muestra de tamo de arroz, de mínimo 5 kg; posteriormente, se hizo un corte del tamo hasta obtener varas de mínimo 15 cm y máximo 20 cm de longitud; luego fueron empacadas en bolsas herméticas, debidamente rotuladas, y transportadas al laboratorio. A continuación, se pasó la muestra de tamo colectada por un molino manual y por tamices de cuatro tamaños diferentes, para definir el mejor ojo de malla para obtener tres tipos de muestras y enviar a análisis de laboratorio. La caracterización estuvo compuesta por el análisis de humedad, cenizas, grasas, proteínas, fibras crudas, carbohidratos totales y valor calórico, realizadas todas en un laboratorio especializado.

Protocolo para la obtención de papel ecológico

Dilución del hidróxido de sodio

Se pesó tres cantidades de hidróxido de sodio (NaOH) en escamas: i) 50 g, ii) 30 g y iii) 10 g; cada muestra se diluye en 300 ml de agua destilada y se

mezcla en un vaso precipitado de 600 ml, hasta generar una reacción exotérmica. La mezcla se agita hasta disolver totalmente las escamas y luego se transfiere a un matraz aforado de 1000 ml y se adicionan 600 ml de agua destilada; finalmente, es llevada a cocción a una temperatura de 120 °C para determinar la solución de menor tiempo.

Proceso de Kraft

El tamo se somete a un proceso de cocción con 1000 ml de NaOH y 100 ml de sulfuro de sodio (Na_2S), solución denominada “licor blanco”, en un vaso precipitado de 2000 ml a 120 °C por 100 minutos. La pulpa producida se filtra para separar el líquido con lignina y se deja al secado natural por dos días (López, 2005).

Blanqueamiento

Mediante la técnica TCF (Totalmente Libre de Cloro), el agua oxigenada es empleada para el tratamiento de agentes oxidantes en un Erlenmeyer con un embudo de cristal y se le agrega agua oxigenada a la pulpa repetidamente hasta obtener el brillo deseado (Cutes Europe, 2008). La pasta obtenida se deja en bandeja metálica durante tres días para secado natural, y luego es llevada a un horno de calentamiento a 80 °C durante dos horas.

Encolado

De la pulpa resultante se prepararon 50 g y se le adicionaron tres sustancias hidrófobas: 100 ml de colbón (pegante convencional), 30 g de sulfato de aluminio en escamas, los cuales son disueltos con agua destilada hasta obtener 100 ml (UNL, 2013); finalmente, se adicionaron 20 g de caolín hasta obtener una mezcla homogénea y espesa (Bernal, 2009).

Prensado

La mezcla para obtener la hoja de papel, todavía con alto contenido líquido, se prensó con dos planchas de metal gruesas y se comprimió hasta no evidenciar go-

teo; se dispuso telas tipo liencillo para lograr una mejor absorción (Prado *et al.*, 2012).

Secado final

El líquido excedente se eliminó a través de la utilización de un horno a una temperatura entre 100 °C y 120 °C por 40 minutos, luego se deja secar convencionalmente en un espacio libre de humedad por dos días.

III. Resultados y discusión

Caracterización química del tamo de arroz

Se colectó muestras de tamo de arroz en un área rural arroceras del municipio de Aipe, al norte del departamento del Huila. El tamo colectado fue cortado en varas de 20 cm de longitud y, por encontrarse con alta humedad, fue necesario su secado natural bajo techo por cuatro días.

En el laboratorio se procedió a moler toda la muestra de tamo colectada, empleándose un molino manual, y el producto fue pasado por tres tamices de ojo de malla de 125 µm, 150 µm, 2 mm y 4 mm. El producto de tamo molido obtenido de las dos primeras medidas fue un polvo muy fino, puesto que a la hora de la cocción el polvo se iba a diluir con el licor blanco, convirtiéndose en parte del líquido; por lo tanto, se descartó de inmediato para la elaboración del papel, dada la imposibilidad de generar la pulpa de celulosa durante la cocción.

El material analizado en laboratorio especializado correspondió al obtenido de los tamices de ojo de malla de 2 mm y 4 mm. Para el análisis, se obtuvieron tres tipos de muestras, así: M1) tamo completo y seco, M2) tamo cortado y tamizado y M3) pulpa de celulosa obtenida; los valores de los análisis se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Caracterización del tamo de arroz a nivel laboratorio

Parámetros	M 1	M 2	M 3	Método
Humedad*	7,15	8,83	22,99	GOMESL.01 Gravimétrico
Cenizas*	13,68	12,23	11,74	GOMECH.01 Gravimétrico
Grasas*	2,24	1,52	1,22	GOMGC.01 Gravimétrico Soxhlet
Proteína*	8,07	8,16	0,82	GOMPL.01 Gravimétrico Kjeldahl
Fibra cruda*	26,89	22,41	44,02	Hidrolisis ácida y básica
Carbohidratos totales*	68,86	69,26	63,23	----
Calorías**	327,86	323,37	267,19	----
Nota: *: g /100 g (%); **: Kcal / 100 g				

El valor de proteína obtenido de las muestras M1 y M2 señala un alto aporte que coincide con otro tipo de tamo de arroz de la región del Tolima, departamento aledaño al Huila, donde la producción arrocería tiene una gran importancia económica para la población; no obstante, no se registraron valores similares para el caso de la fibra cruda, donde Mejía y Sierra (2015) reportan valores de alrededor del 65 %.

Protocolo para la obtención de papel ecológico

Se diluyeron con hidróxido de sodio tres soluciones de 50 g, 30 g y 10 g, llevando cada muestra a un volumen total de 1000 ml; posteriormente, se realizó la cocción obteniendo que la muestra de 50 g era la más apropiada para la continuidad de la fase experimental, con un tiempo de 90 minutos. La muestra de 30 g obtuvo un tiempo de 120 minutos y la de 10 g 160 minutos.

Una muestra de 80 g de tamo cortado se sometió a cocción con 1000 ml de NaOH con la solución de 50 g y se adicionó 100 ml de Na_2S , con un tiempo de cocción de 100 minutos a 120 °C, hasta que se obtuvo la solución licor blanco.

En un Erlenmeyer con embudo de cristal y sobre un fragmento de tela liencillo, que permite crear un lecho filtrante, se depositó la pulpa obtenida de la fase anterior; a esta se le fue pasando el licor blanco obtenido, con adición de agua oxigenada, 12 veces hasta lograr el brillo y la blancura deseada. La pulpa obtenida fue depositada en una bandeja metálica para un secado al aire libre por cuatro días y luego puesta en horno de calentamiento a 80 °C durante 120 minutos (figura 1).

Figura 1. Pulpa luego del blanqueamiento



Fuente: Autores.

Para la obtención del papel ecológico, se aplicó a 50 g de la pulpa tres sustancias hidrófobas y se pasó a licuado con 200 ml de agua, obteniendo una muestra homogénea y rígida, por lo que se procedió a adicionar 50 g de pulpa y se obtuvo papel licuado homogéneo y espeso.

Posteriormente, pasa a la prensa con una presión de 500 kg por medio de un gato hidráulico de botella para la mayor extracción de agua (figura 2). El uso de la tela liencillo transfirió las marcas de las fibras al papel y mantuvo húmedo el papel, por lo que se decidió emplear otro tipo de tela, como algodón licrado, mejorando la absorción y evitando el ondulado en el papel (figura 3). Se procedió a dejar el papel para secado al aire libre por 120 minutos y luego fue puesto en horno a 80 °C por 30 minutos.

Figura 2. Sistema de prensado con gato hidráulico de botella



Fuente: Autores.

La extracción de celulosa se realizó mediante un protocolo de fácil implementación en cualquier ámbito y con un subproducto agrícola de gran producción, en contraste con las hojas de mazorca de maíz o bagazo de caña que requieren de mayor número de pasos para la extracción de pulpa celulósica mixta (Prado *et al.*, 2012; Fuente y León, 2012).

Figura 3. Papel ecológico obtenido con tela liencillo



Fuente: Autores.

Finalmente, el presente estudio ofrece un protocolo de producción de papel ecológico a partir de un residuo del producto agrícola arroz, como lo es el tamo, y, en ese sentido, el cambio del uso actual que se tiene de este subproducto, con la propuesta metodológica descrita previamente, se convierte en una herramienta eficiente para mejorar las condiciones medioambientales de las regiones arroceras y su entorno.

Referencias bibliográficas

- Bernal, M. D. (2009). "El prensado de la estampa". Obtenido de: <http://tecnicasdegrabado.es/2009/el-prensado-aplanado-de-la-estampa>
- Cabrera, P.; Lemus, V.; y Pliego, Y. (1987). "Aprovechamiento de la cascarilla de arroz para la obtención de cemento". *Revista IMCYC*, Vol. 25.

- Chur, G. (2010). *Evaluación del uso de la cascarilla del arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería*. Guatemala: Universidad de San Carlo, Facultad de Ingeniería.
- Cutes Europe, L. (2008). "Fabricación de papel". Obtenido de: <http://www.cutes-europe.com/vacio/papel/fabricaciondelpapel/index.html>

- FAO (2015). *Perspectiva por sectores principales, producción de cultivo*. (s.d).
- Ferre, A. (2010). "La paja del arroz amenaza los ecosistemas". *Revista BBC Mundo*.
- Fuente M. y León C. (2012). *Diseño de un proceso para la fabricación de papel reciclado ecológico a escala laboratorio usando peróxido de hidrógeno*. Colombia: Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería.
- López, M. (2005). *Fabricación de pasta de celulosa, aspectos técnicos y contaminación ambiental*. Buenos Aires, Argentina: Facultad de Ingeniería, Universidad de Palermo.
- Mejía, F. y Sierra, M. (2015). "Aprovechamiento del tamo del arroz para la elaboración de tejidos artesanales, caso de estudio en la finca "El Chaco" ubicada en el municipio de Piedras (Tolima). Bogotá: Universidad de la Salle.
- Orjuela, L. (2010). *Establecimiento de una planta de fabricación de abono orgánico a base de la cascarilla de arroz en el municipio de Campoalegre (Huila)*. Ibagué: Universidad del Tolima.
- Prado Martínez, Maribel; Anzaldo Hernández, José; Becerra Aguilar, Bruno; Palacios Juárez, Hilda; Vargas Radillo, José de Jesús; y Rentería Urquiza, Maite (2012). "Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta". *Revista Madera y Bosque*, 18(3): 37-51.
- Psetizki, V. (2009). "Energía eléctrica con cáscara de arroz". *Revista BBC Mundo*.
- Ramírez, S. y Sánchez T. (2011). *Uso de cascarilla de arroz como fuente energética en las ladrilleras*. Perú: Programa de energía, ITDG.
- Tejedor, A. S. (2014). *Tecnología de la celulosa, la industria papelera*. España: Escuela de ingeniería industrial, UVA.
- UNAL (2016). "Agencia de noticias de la Universidad Nacional de Colombia". Obtenido de: <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/tamo-del-arroz-es-recuperado-como-abono.html>
- UNL (2013). *Soportes Celulósicos*. Universidad Nacional del Litoral. Argentina.



DESAFÍOS TECNOLÓGICOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRAZABILIDAD DE CACAO (*THEOBROMA CACAO* L.): REVISIÓN LITERARIA

DOI: <https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.8>

Jean Carlo Quintero-García

Valentín Murcia-Torrejano

Juan David Caviedes-Morales

Kathryn Yadira Guzmán-Pacheco

David Saavedra-Mora

*Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) - Regional Huila,
Centro de Formación Agroindustrial La Angostura,
SENNOVA, Grupo de Investigación Agroindustrial,*

Palabras clave: Manejo de plagas, fermentación, calidad, cadmio.

Resumen: Los procesos tecnológicos son el camino de la agricultura convencional hacia una agricultura de precisión, que permite desarrollar constantemente nuevas mejoras en la agricultura y aumentar los rendimientos productivos. El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) es un modelo de agricultura sostenible y sustentable que integra sistemas agroforestales ofreciendo servicios ambientales y generando alternativas de transición a cultivos con alta rentabilidad. Frente a esta oportunidad del sector productivo y agroindustrial es necesario conocer los nuevos desafíos en los procesos tecnológicos, que proyecta los sistemas productivos de cacao en un mejoramiento continuo en toda la cadena productiva desde la producción hasta el uso agroindustrial. Bajo este contexto, en este artículo se realizó la recopilación de información, como base tecnológica para la aplicación y adopción de procesos tecnológicos y así lograr tener un sector estratégico en el mercado regional e internacional, sin perder la trazabilidad e inocuidad de los productos relacionados a factores externos (cambios de precios, organización) e internos (manejo integrado de los cultivos y transformación agroindustrial).

TECHNOLOGICAL CHALLENGES FOR THE IMPROVEMENT OF TRACEABILITY OF COCOA (*THEOBROMA CACAO* L.): LITERARY REVIEW

Abstract: Technological processes are the path from conventional agriculture to precision agriculture, which allows the constant development of new improvements in agriculture and the increase of productive yields. Cocoa cultivation (*Theobroma cacao* L.) is a sustainable agriculture model, which integrates agroforestry systems offering environmental services and generating transition alternatives to highly profitable crops. Faced with this opportunity of the productive and agroindustrial sector, it is necessary to know the new challenges in the technological processes, that projects the production systems of cocoa in a continuous improvement throughout the productive chain from production to agroindustrial use.

Under this context, in this document information was collected as a technological basis for the application and adoption of technological processes in order to achieve a strategic sector in the regional and international market, without losing the traceability and safety of the products related to external factors (price and organization changes) and internal ones (integrated crop management and agro-industrial transformation).

Keywords: Pest management, fermentation, quality, cadmium.

Introducción

Los desafíos de la agricultura, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO) en la Agenda 2030, se resumen en que los productores aumenten la productividad promoviendo sistemas productivos integrados y haciendo uso de nuevos procesos tecnológicos con el fin de reducir las explotaciones de los suelos agrícolas y resistir a los cambios climáticos, para garantizar la demanda de alimentos, debido al crecimiento de la población y al desarrollo económico mundial. Entre las metas del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) está la reducción de los riesgos ambientales y los impactos socioeconómicos asociados a la variabilidad y el cambio climático, buscando sistemas productivos adaptados a nuevas herramientas tecnológicas que garanticen la trazabilidad de los cultivos, obteniendo productos diferenciados con alta calidad.

El desarrollo tecnológico no solo comprende la adopción de equipos o maquinaria, sino también la im-

plementación de los resultados obtenidos a partir de investigaciones sobre el mejoramiento genético de nuevas variedades, manejo del cultivo (fertilización, sistemas de riego, podas), beneficio (cosecha, fermentación y secado), así como la refinería y el uso agroindustrial, lo que obedece a los nuevos desafíos que deben enfrentar los productores y la industria en la adopción y adaptación de procesos innovadores (Piñeros *et al.*, 2017; Quiroga *et al.*, 2019) que dinamizan un sector estratégico frente a las necesidades del mercado y permiten la toma de decisiones de los agrónomos y agricultores.

Es de resaltar que el cultivo de cacao juega un papel importante en el mundo, pues está cultivado en cerca de 50 países tropicales desde África y América Latina hasta Asia, con una producción de 4576 millones de toneladas de grano (FOASTAT, 2019; ICCO, 2019); se caracteriza por producir cacao fino de aroma (Swisscontact, 2016), que se encuentra en un área sembrada de 11.748.129 de hectáreas, de las cuales dependen

económicamente entre 40 y 60 millones de personas (ICCO, 2018). En Colombia en el año 2018 la producción de cacao ascendió a las 60.535 toneladas (FEDECACAO, 2018), con un incremento de 13.800 toneladas (10 % más en los últimos cinco años) y un área cosechada de 175.000 hectáreas. Por su parte, el departamento del Huila tiene una producción de 659 kg/ha/año, con un rendimiento por hectárea de 0,6 t/ha (FEDECACAO, 2018). Los municipios de mayor producción durante el 2018 fueron Rivera (762 t/año), Campoalegre (326 t/año) y Tello (320 t/año), con aproximadamente 3.200 familias cacaoteras.

El cacao es un cultivo que se constituye como un modelo de agricultura competitiva para Colombia, destacándose entre los cultivos de café, palma africana y mango (Dinero, 2018), por la asociación con cultivos transitorios y perennes en sistemas agroforestales, y como estrategia de establecimiento para contrarrestar los cultivos ilícitos generados por el conflicto armado (Gardini *et al.*, 2016), por lo que es considerado en Colombia como el cultivo para la paz (Miniambiente, 2018). Sin embargo, la adopción de procesos tecnológicos está limitada en muchas regiones por la falta de la validación y transferencia local en los diferentes cultivos (Annosi *et al.*, 2019).

Es importante que los cultivos de *Theobroma cacao* L. logren la adopción tecnológica para resistir a las variaciones climáticas y evitar que se afecte la productividad y la economía de la región (Ortiz y González, 2017). En este sentido, se realizó recopilación de la información, con los procesos tecnológicos más sobresalientes y los avances técnicos que pueden ser aplicados en el sector cacaotero de Colombia, de modo que lleguen a los productores y sean implementados en sus procesos de beneficio y/o transformación, mejorando las características físicas y sensoriales y, a su vez, incrementando su valor comercial y generando mayores ganancias para el productor.

Materiales y métodos

Se realizó una revisión literaria utilizando los términos “procesos tecnológicos”, “innovación cacaotera” “trazabilidad en el cacao” en los buscadores Scopus, SciELO y Google Scholar, Web of science para obtener información científica que fuera resultado de investigaciones de universidades, instituciones públicas y privadas y del sector cacaotero. La información se exploró con la experiencia de instructores técnicos en el área, que ha permitido la organización y el análisis de la información según la metodología de Castellanos (2009).

Resultados y discusión

Para comprender las prácticas en la trazabilidad de cacao en la obtención de productos diferenciados en el mercado con alta calidad, a continuación se agrupan en temas como el manejo integrado del cultivo, la cosecha y postcosecha, y el procesamiento y uso agroindustrial.

Manejo integrado del cultivo

a. Propagación y mejoramiento genético: La conservación de material vegetal de árboles éliticos de cacao es un reto para los agricultores cacaoteros, con el fin de mantener altos rendimientos productivos que sean resistentes a plagas y enfermedades y que los granos cumplan con las exigencias de la agroindustria. Actualmente existen cuatro métodos de propagación: 1. Por injerto; 2. Propagación por estacas; 3. Acodos; y 4. Propagación *in vitro*. La propagación por injerto es actualmente la más usada por los productores; sin embargo, esta no garantiza el mejoramiento fitosanitario y genético. Es por ello que se viene adelantando estudios en propagación *in vitro* (Fontanel *et al.*, 2002; Guiltinann *et al.*, 2003; Tan y Furtek, 2003; Chantásig, 2004; Monsalve-González *et al.*, 2005; Fang *et al.*, 2009; Urrea *et al.*, 2011; Ramírez *et al.*, 2018) que permite aumentar la siembra de cacao, corregir las características

genéticas en poco tiempo y garantizar la inocuidad de las plantas (Sodré y Gomes, 2019).

El éxito de la propagación *in vitro* consiste en las fases de la embriogénesis somática, con protocolos de desinfección y selección de yemas axilares, botones flores y preparación de medios. Los medios *in vitro* con mayor éxito, entre un 50 % y un 60 %, son PCG (Primary Callus Grow), SCG (Secondary Callus Growth), INDI (Induction medium), ED (Maturation medium), INDexp (Expression medium), CM2 (Multiplication medium), MM6 (Maturation medium), 2,4,5-Trichlorophenoxyacetic acid (2, 4, 5-T) (1-2) y DKW (Driver y Kinyuki *et al.*, 1984), teniendo en cuenta que se deberán combinar para la formación e inducción de callos, la maduración y el mantenimiento hasta la adaptación en tierra.

b. Suelos: Diversos estudios de cacao evidencian el interés de estudiar los suelos en los sistemas productivos de cacao, para comprender la translocación de los nutrientes en el desarrollo fisiológico de las plantas y la calidad de la almendra de cacao (Kongor *et al.*, 2016; Singh *et al.*, 2019). La calidad del grano de cacao está relacionada con la capacidad (propiedades químicas y físicas) y las condiciones del suelo (McBratney *et al.*, 2014). Singh *et al.* (2019) definieron la capacidad del suelo como la presencia o ausencia de la limitación de suelo para la producción del cacao, y lo plantearon con la siguiente pregunta: “¿Este suelo nos permitirá producir cacao?”; y la condición del suelo hace referencia al estado necesario del suelo que permitiría la producción de cacao, y cuál es la condición que requiere, que plantearon en la pregunta: “¿Continuará este suelo apoyando la producción de cacao en el futuro?”.

Entre los aspectos cruciales para buscar soluciones a nivel del suelo está la presencia de cadmio en los granos del cacao como consecuencia de la absorción directa del metal pesado del suelo (Arévalo-Gardini *et al.*, 2017; Zug *et al.*, 2019), que posiblemente se debe a las prácticas de manejo del suelo y de aplicación de

fertilizantes sintetizados e insumos agrícolas (Kabata-Pendias, 1995; Gramlich *et al.*, 2018; Argüello *et al.*, 2019), lo que, como consecuencia, limita la comercialización en los mercados nacional e internacional (Rankin, 2018). Al respecto, algunas alternativas propuestas por Ramtahal *et al.* (2019) son la aplicación de enmiendas orgánicas y el establecimiento de sistemas agroforestales que reducen la acumulación de metales pesados en el suelo (Ramtahal *et al.* 2019) y, por ende, en los granos de cacao.

c. Manejo fitosanitario: El manejo fitosanitario en los SAF de cacao (*Theobroma cacao* L.) es una práctica que se hace necesaria en los cultivos (Charry y Castro-Llanos *et al.*, 2019); el impacto negativo de las plagas y las enfermedades causan pérdidas del 20 % al 30 % del potencial productivo (Savary *et al.*, 2012; Marelli *et al.*, 2019); y su proliferación está relacionada con diversos factores como las condiciones agroclimáticas, la distribución de árboles de sombrero, el tipo de material vegetal y el manejo del cultivo (Bailey *et al.*, 2018).

La estrategia a adoptar para la reducción de plagas y enfermedades es la aplicación de endófitos bacterianos y fúngicos que mejoran las características de las plantas y reducen significativamente la presencia de agentes patógenos (Von Maltzahn *et al.*, 2018). Kieck *et al.* (2017) mencionan que el manejo de la biodiversidad (poda de la estructura agroforestal) reduce la incidencia de las plagas y enfermedades y es efectiva en la selección de genotipos de cacao altamente tolerantes a enfermedades como *Moniliophthora perniciosa*, *Moniliophthora roreri*, *Phytophthora* sp., entre otras, y aumenta los rendimientos productivos y la calidad en la almendra de cacao (Sánchez-Mora *et al.*, 2015; Neto *et al.*, 2018; Bailey *et al.*, 2018)

d. Sistemas agroforestales: El cacao es de origen amazónico y ha evolucionado como un sotobosque (Rice y Greenberg *et al.*, 2000; Wood y Lass, 2001; Motamayor *et al.*, 2008), creciendo en requerimiento fisiológicos

generales de radiación de 200 a 750 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Rada *et al.*, 2005; Daymond *et al.*, 2011; Acheampong *et al.*, 2013; Almeida *et al.*, 2014), y presentando bajo punto de compensación lumínica (Mielke *et al.*, 2005; Asare *et al.*, 2017) y baja tasa fotosintética, entre 1 y 8 $\mu\text{mol (CO}_2\text{) m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Almeida *et al.*, 2014; Daymond *et al.*, 2011).

Los sistemas agroforestales (SAF) constituyen un aspecto primordial en la productividad y la sostenibilidad del cultivo, aunque requieren de un conocimiento preciso desde la selección del componente leñoso y productivo, las condiciones agroclimáticas, las condiciones edafológicas y el diseño de la estructura agroforestal para cada zona de establecimiento del cultivo (Van Der Wolf *et al.*, 2019; De Sousa *et al.*, 2019). Los SAF juegan un papel clave en la reducción de la vulnerabilidad del cambio climático (Verchot *et al.*, 2007; Schroth *et al.*, 2016) ofreciendo servicios ambientales y siendo un sumidero de carbono (Kumar y Nair, 2011; Sharma *et al.*, 2016; Nadège *et al.*, 2018).

Cosecha y postcosecha

a. Fermentación: La fermentación induce reacciones bioquímicas, enzimáticas y microbiológicas que son factores que contribuyen al sabor y aroma del cacao (Rivera Fernández *et al.*, 2012; Afoakwa *et al.*, 2013; Machado Cuellar *et al.*, 2017; Barrientos *et al.*, 2019). Los métodos de fermentación tienen una duración entre 4 y 8 días, dependiendo de la zona, el tipo de fermentador, las condiciones ambientales como la temperatura, la humedad relativa y el viento, el estado de maduración, entre otras (Gutiérrez-Correa, 2012; Kongor *et al.*, 2016); por este motivo se hace necesario caracterizar los tiempos de fermentación, para permitir que las regiones productoras prolonguen o disminuyan el tiempo de fermentación.

Los productores emplean métodos empíricos para determinar el grado de fermentación del cacao (Tan *et al.*, 2019), práctica que se lleva a cabo en cajones de madera de forma lineal y en escalera (Hii *et al.*, 2009;

Cardona Velásquez *et al.*, 2016); sin embargo, los avances tecnológicos para implementar son fermentadores automatizados con sensores de variables como la temperatura, el pH, la acidez y la humedad, garantizando una fermentación homogénea y el ahorro del trabajo en las horas de volteo (Ipanaqué *et al.*, 2017). Según autores como Tan *et al.* (2019b), los fermentadores con sistemas electrónicos de nariz (Sensores, sistema de monitoreo y procesamiento de data) permiten mejorar los perfiles sensoriales y garantizar la calidad en los granos de cacao.

b. Secado: En el proceso de secado se completa los procesos bioquímicos, al reducir la acidez y eliminar el contenido de ácido acético (Tinoco y Ospina, 2010), así como disminuir el contenido de humedad en las almendras de cacao con rangos entre 6 % y 7 %. Al no tener condiciones adecuadas se desarrolló hongos y valores inferiores de humedad que afectan la calidad sensorial, lo que genera sabores indeseables en el producto final (Kumar *et al.*, 2016).

En Colombia, existen diversos sistemas de secado; el secado solar al aire libre y el secado solar con techo de película transparente son los más utilizados por los productores, aunque no tienen procesos de estandarización (Puello-Méndez *et al.*, 2017). Estudios realizados por Barrientos *et al.* (2019) demostraron que el secado solar tipo marquesina presentó un impacto significativo en los perfiles sensoriales en los granos de cacao, aumentando el sabor graso con extracto etéreo y el sabor dulce con concentración de glucosa, lo que resulta un método útil para la diferenciación de mercados especiales.

c. Almacenamiento: Las condiciones de almacenamiento son: retirar impurezas y materias extrañas del grano de cacao a través de la implementación de zarandas y/o corrientes de aire (Piza, 2009), y garantizar las condiciones que debe cumplir el espacio para el almacenamiento (Armendáriz, 2012), siendo óptimas

para evitar contaminación física, química o biológica, y cumpliendo con las condiciones descritas en la NTC 5811 ("Buenas prácticas agrícolas", en la sección "Recolección y beneficio-Requisitos generales"), puesto que en esta fase es importante garantizar el control de tres factores (luz, temperatura y la generación de micotoxinas) que pueden afectar significativamente la calidad e inocuidad del cacao (Martínez, 2013).

Uso agroindustrial

a. Uso no alimentario: En el uso agroindustrial de cacao se aprovecha el 10 % del grano de cacao y un 90 % son subproductos o residuos que pueden ocasionar afectaciones al medio ambiente (Abarca *et al.*, 2010; Ramos *et al.*, 2015). La agroindustria trabaja en el aprovechamiento de los residuos, para dar un valor agregado en la cadena productiva e incrementar sus fuentes de ingreso monetario. Para esto se ha desarrollado investigaciones que buscan la consolidación de nuevos productos como la creación de infusiones a partir de cascarilla (Tapia, 2015), la obtención de papel (Ávila *et al.*, 2018), la extracción de pectina (Mendoza-Vargas *et al.*, 2017), la elaboración de galletas (Santana *et al.*, 2018) y la obtención de manteca de cacao para productos cosméticos (Ordoñez, 2017).

b. Uso alimentario: El primer uso agroindustrial tuvo lugar a mediados del siglo XVII cuando se creó la primera mezcla de cacao con leche y edulcorante; desde entonces se ha realizado investigaciones e innovaciones con el objetivo de mejorar la técnica y fortalecer los canales de comercialización junto con la funcionalidad y el aporte saludable (Valenzuela y Valenzuela, 2015), potenciando los atributos sensoriales mediante diferentes métodos y diseños experimentales (Morales *et al.*, 2016).

El grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) ha tenido usos medicinales, rituales y alimenticios (Waizel-Haiat, 2012), caracterizándose principalmente como un alimento con propiedades funcionales y efectos saluda-

bles para el organismo humano (Pascual *et al.*, 2009), teniendo en cuenta que en su componente químico el chocolate es rico en antioxidantes (Coronado *et al.*, 2015; Perea-Villamil *et al.*, 2009).

En la modernización de procesos, ambientes y/o cadenas de valor aplicadas a la agroindustria del cacao, el desafío para la industria consiste en la transformación del grano (Fontagro, 2016) en las coberturas o chocolatería fina (Díaz *et al.*, 2012), y el uso de grasa, puesto que dependerá de la dureza, la fusión, la vida útil, el brillo y los procesos de atemperado y cristalización a través de la aplicación de temperaturas (Invenio *et al.*, 2004).

Conclusiones

La trazabilidad del cacao siempre debe ser un desafío que debe avanzar en la innovación de los procesos, adopción de tecnologías e inclusión de estrategias que garanticen la calidad del grano, logrando posicionarse en mercados competitivos. Por el momento los estudios se quedan cortos en investigaciones de uso agroindustrial y planes de *marketing* que faciliten la diversificación de productos.

Referencias bibliográficas

- Abarca, D.; Martínez, R.; Muñoz, J. J.; Torres, M. P.; y Vargas, G. (2010). "Residuos de café, cacao y cladodio de tuna: Fuentes promisorias de fibra dietaria". *Revista Tecnológica-ESPOL*, 23(2).
- Acheampong, K.; Hadley, P.; y Daymond, A. J. (2013). "Photosynthetic activity and early growth of four Cacao genotypes as influenced by different shade regimes under West African dry and wet season conditions". *Experimental Agriculture*, 49(1): 31-42.
- Afoakwa, E. O.; Quao, J.; Takrama, J.; Budu, A. S.; y Saalia, F. K. (2013). "Chemical composition and physical quality characteristics of Ghanaian cocoa beans as affected by pulp pre-conditioning and fermen-

- tation". *Journal of food science and technology*, 50(6): 1097-1105.
- Almeida, A. F.; Gomes, F. P.; Araujo, R. P.; Santos R. C.; y Valle, R. R. (2014). Leaf gas exchange in species of the *Theobroma* genus. *Photosynthetica*, 52(1): 16-21, 2014.
- Annosi, M. C.; Brunetta, F.; Monti, A.; y Nat, F. (2019). "Is the trend your friend? An analysis of technology 4.0 investment decisions in agricultural SMEs". *Computers in Industry*, 109: 59-71.
- Arévalo-Gardini, E.; Arévalo-Hernández, C. O.; Baligar, V. C.; y He, Z. L. (2017). "Heavy metal accumulation in leaves and beans of cacao (*Theobroma cacao* L.) in major cacao growing regions in Peru". *Science of the Total Environment*, 605: 792-800.
- Argüello, D.; Chávez, E.; Lauryssen, F.; Vanderschueren, R.; Smolders, E.; y Montalvo, D. (2019). "Soil properties and agronomic factors affecting cadmium concentrations in cacao beans: A nationwide survey in Ecuador". *Science of the total environment*, 649: 120-127.
- Armendáriz, J. L. (2012). *Seguridad e higiene en la manipulación de alimentos*. Editorial Paraninfo.
- Asare, R.; Asare, R. A.; Asante, W. A.; Markussen, B. O.; y Ræbild, A. (2017). "Influences of shading and fertilization on on-farm yields of cocoa in Ghana". *Experimental Agriculture*, 53(3): 416-431.
- Ávila, A. J. Á.; Pacheco, K. Y. G.; y García, J. C. (2018). "Obtención de papel a partir del endocarpio seco del cacao". *Revista de Investigaciones Agroempresariales*, 3: 97-102.
- Bailey, B. A.; Evans, H. C.; Phillips-Mora, W.; Ali, S. S.; y Meinhardt, L. W. (2018). "*Moniliophthora roreri*, causal agent of cacao frosty pod rot". *Molecular plant pathology*, 19(7): 1580-1594.
- Barrientos, L. D. P.; Oquendo, J. D. T.; Garzón, M. A. G.; y Álvarez, O. L. M. (2019). "Effect of the solar drying process on the sensory and chemical quality of cocoa (*Theobroma cacao* L.) cultivated in Antioquia, Colombia". *Food research international*, 115: 259-267.
- Bunn, C.; Lundy, M.; Läderach, P.; y Castro, F. (2018). "Los impactos del cambio climático en cacao". *Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)*. Calicó. 26 p.
- Cardona Velásquez, L. M.; Rodríguez-Sandoval, E.; y Marleny Cadena Chamorro, E. (2016). "Diagnóstico de las prácticas de beneficio del cacao en el departamento de Arauca". *Revista Lasallista de Investigación*, 13(1): 94-104.
- Cerda Bustillos, R.; Orozco Aguilar, L.; Carreño Rocabado, G.; Ordóñez, J. C.; Amores Contreras, F. M.; Albán, C.; y Somarriba Chávez, E. (2019). "Tropical agroforestry and ecosystem services: trade-off analysis for better design strategies". *Agroforestry for sustainable agriculture*.
- Chanatásig, V. (2004). *Inducción de la embriogénesis somática en clones superiores de cacao (Theobroma cacao L.), con resistencia a enfermedades fungosas*. Tesis de Maestría. Costa Rica: CATIE. pp. 86.
- Charry, A. y Castro-Llanos, F. (2019). *Colombian cacao, forests and peace initiative - Estudio de línea base de la cadena del cacao en Colombia*. 57 p.
- Codini, M.; Vélez, F. D.; Ghirardi, M.; y Villavicencio, I. (2004). "Obtención y utilización de la manteca de cacao". *Invenio*, 7(12): 143-148.
- Coronado, M.; Vega León, S.; Gutiérrez, R.; Vázquez, M.; y Radilla, C. (2015). "Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana". *Revista chilena de nutrición*, 42(2): 206-212.

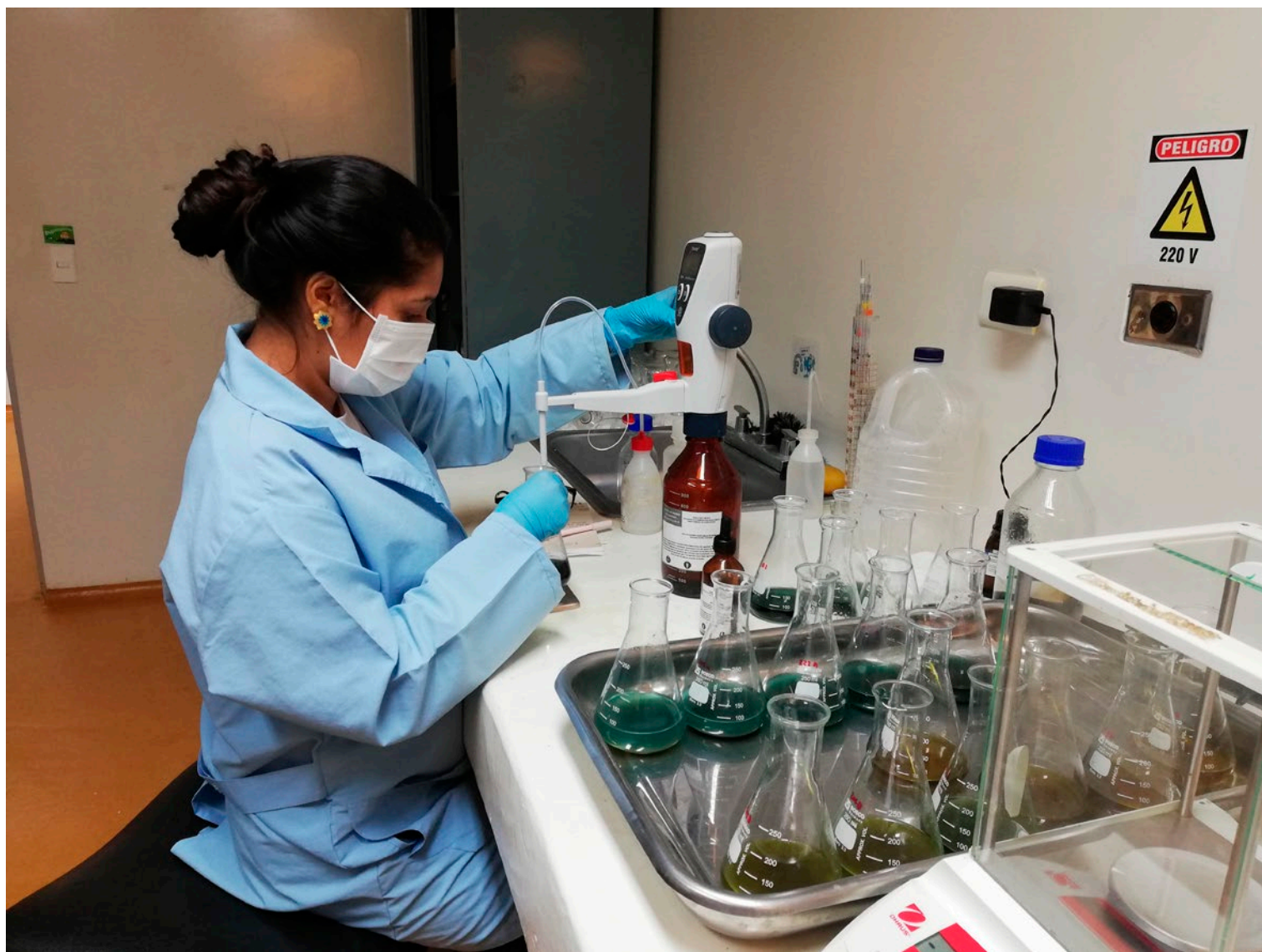
- Daymond, A. J.; Tricker, P. J.; y Hadley, P. (2011). "Genotypic variation in photosynthesis in cacao is correlated with stomatal conductance and leaf nitrogen". *Biologia Plantarum*, 55(1): 99-104.
- De Sousa, K.; Van Zonneveld, M.; Holmgren, M.; Kindt, R.; y Ordoñez, J. C. (2019). "The future of coffee and cocoa agroforestry in a warmer Mesoamerica". *Scientific Reports*, 9(1): 8828.
- Díaz, S.; Pinoargote, M.; y Castillo, P. (2012). *Análisis de las características organolépticas del chocolate a partir de cacao CCN-51 tratado enzimáticamente y tostado a diferentes temperaturas*.
- Dinero (30 de 08 de 2018). "¿Cuáles cultivos tienen mayor potencial en Colombia?". Obtenido de: <https://www.dinero.com/edicion-impres/pais/articulo/que-cultivos-son-rentables-en-colombia-en-2018/261447>.
- Fang, J.; Wetten, A.; Adu, R.; Wilkinson, M.; y Rodríguez, C. (2009). "Use of secondary somatic embryos promotes genetic fidelity in cryopreservation of cocoa (*Theobroma cacao* L.)". *Agricultural and Food Science*, 18: 152-159.
- Federación Nacional de Cacaoteros-FEDECACAO. (2019). *Informe de ejecución plan de ingresos, inversiones y gastos del fondo nacional del cacao durante el cuarto trimestre y consolidado vigencia 2018*. Obtenido de https://www.fedecacao.com.co/portal/images/INFORME_2018.pdf
- FONTAGRO (2017). "Innovación Tecnológica en Cacao Andino". Recuperado de: <https://www.fontagro.org/proyecto/innovacion-tecnologica-en-cacao-andino/>.
- Fontanel, A.; Gire-Bobin, S.; Labbé, G.; Favereau, P.; Álvarez, M.; Rutte, S.; y Pétiard, V. (2002). "In vitro multiplication and plant regeneration of *Theobroma cacao* L. via stable embryogenic calli". 10 IAPTC Congress. *Plant Biotechnology*, 23-28.
- Gockowski, J.; Afari-Sefa, V.; Sarpong, D. B.; Osei-Asare, Y. B.; y Agyeman, N. F. (2013). "Improving the productivity and income of Ghanaian cocoa farmers while maintaining environmental services: what role for certification?". *International Journal of Agricultural Sustainability*, 11(4): 331-346.
- Gramlich, A.; Tandy, S.; Gauggel, C.; López, M.; Perla, D.; Gonzalez, V.; y Schulin, R. (2018). "Soil cadmium uptake by cocoa in Honduras". *Science of The Total Environment*, 612: 370-378.
- Gutiérrez-Correa, M. (2012). "Efecto de la frecuencia de remoción y tiempo de fermentación en cajón cuadrado sobre la temperatura y el índice de fermentación del cacao (*Theobroma cacao* L.)". *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(4), 914-918.
- Hii, C. L.; Law, C. L.; y Cloke, M. (2009). "Modeling using a new thin layer drying model and product quality of cocoa". *Journal of Food Engineering*, 90(2): 191-198.
- Instituto Colombiano Agropecuario (2013). "El ICA apoya Plan Nacional de Renovación de Cacao". *ICA Comunica*, Recuperado de: <https://www.ica.gov.co/periodico-virtual/prensa/2013/el-ica-apoya-plan-nacional-de-renovacion-de-cacao.aspx>.
- Ipanaqué, W.; Castillo, J.; Robles, H.; y Belupú, I. (2017). "Desarrollo e implementación de un prototipo de acero inoxidable para evaluar el proceso de fermentación de granos de cacao". *International Symposium on Cocoa Research* (ISCR). Recuperado de: <https://www.icco.org/component/search/?searchword=Desarrollo%20e%20impleme&searchphrase=all&Itemid=106>.
- Kabata-Pendias, A. (1995). "Agricultural problems related to excessive trace metal contents of soils". In: *Heavy metals* (pp. 3-18). Springer, Berlin, Heidelberg.

- Kieck, J. S.; Zug, K. L.; Yupanqui, H. H.; Aliaga, R. G.; y Cierjacks, A. (2016). "Plant diversity effects on crop yield, pathogen incidence, and secondary metabolism on cacao farms in Peruvian Amazonia". *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 222: 223-234.
- Kongor, J. E.; Hinneh, M.; Van de Walle, D.; Afoakwa, E. O.; Boeckx, P.; y Dewettinck, K. (2016). "Factors influencing quality variation in cocoa (*Theobroma cacao*) bean flavour profile - a review". *Food Research International*, 82, 44-52.
- Kongor, J. E.; Hinneh, M.; Van de Walle, D.; Afoakwa, E. O.; Boeckx, P.; y Dewettinck, K. (2016). "Factors influencing quality variation in cocoa (*Theobroma cacao*) bean flavour profile - a review". *Food Research International*, 82: 44-52.
- Kumar, B. M. y Nair P. K. R. (2011). "Carbon sequestration potential of agroforestry systems - opportunities and challenges". *Springer*, Dordrecht
- Kumar, M.; Sansaniwal, S. K.; y Khatak, P. (2016). "Progress in solar dryers for drying various commodities". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55: 346-360.
- Machado Cuellar, L.; Ordoñez Espinosa, C. M.; Sánchez, A.; Katherine, Y.; Guaca Cruz, L.; y Suárez Salazar, J. C. (2018). "Organoleptic quality assessment of *Theobroma cacao* L. in cocoa farms in northern Huila, Colombia". *Acta Agronómica*, 67(1): 46-52.
- Mancini, A.; Frontoni, E.; y Zingaretti, P. (2019, May). "Challenges of multi/hyper spectral images in precision agriculture applications". En: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 275, No. 1, p. 012001). IOP Publishing.
- Marelli, J. P.; Guest, D.; Bailey, B. A.; Evans, H. C.; Brown, J. K.; Junaid, M.; y Puig, A. S. (2019). "Chocolate under Threat from Old and New Cacao Diseases". *Phytopathology*, 109(8): 1331-1343.
- Martínez, R. M. G. (2013). "Contaminación de los alimentos durante los procesos de origen y almacenamiento". *Aldaba: revista del Centro Asociado a la UNED de Melilla*, (36): 51-64.
- McBratney, A.; Field, D. J.; y Koch, A. (2014). "The dimensions of soil security". *Geoderma*, 213: 203-213.
- Mendoza-Vargas, L.; Jiménez-Forero, J.; y Ramírez-Niño, M. (2017). "Evaluación de la pectina extraída enzimáticamente a partir de las cáscaras del fruto de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 20(1): 131-138.
- Mielke, M. S.; De Almeida, A.-A. F.; y Gomes, F.P. (2005). "Photosynthetic traits of five neotropical rainforest tree species: interactions between light response curves and leaf to air vapour pressure deficit". *Braz. Arch. Biol. Technol*, 48: 815-824.
- MinAgricultura (2018). "Iniciativa Cacao, Bosques y Paz". *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural*. Colombia. Recuperado de: <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/MinAgricultura-se-une-a-iniciativa-Cacao,-Bosques-y-Paz.aspx>
- Monsalve-González, L. S.; García-Rojas, C. Y.; y Siga-roa-Rieche, A. (2005). "Obtención de embriones somáticos primarios de *Theobroma cacao* en clones de interés regional para el departamento Norte de Santander, Colombia". *Respuestas*, 10(1): 21-29.
- Morales, O.; Borda, A.; Argandoña Martínez, J. A.; Farach Cardaña, R.; García Naranjo Loayza, L. F.; Galdós, M. L.; y Judith, K. (2015). "La Alianza Cacao Perú y la cadena productiva del cacao fino de aroma".
- Morales, W.; Vallejo, C.; Sinche, P. D.; Torres, Y.; Vera, J.; y Anzules, E. D. (2016). "Mejoramiento de las características físico-químicas y sensoriales del cacao CCN51 a través de la adición de una enzima y levadura durante el proceso de fermentación". *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 5(2): 169-181.

- Nadège, M. T.; Louis, Z.; Cédric, C. D.; Louis-Paul, K. B.; Funwi, F. P.; Ingrid, T. T.; y Julliete Mancho, N. (2018). "Carbon storage potential of cacao agroforestry systems of different age and management intensity". *Climate and Development*, 1-12.
- Neto, A. A. P.; Laranjeira, D.; Pires, J. L.; y Luz, EDMN (2018). Selección de progenies de cacao para resistencia a la escoba de bruja". *Patología de plantas tropicales*, 43(5): 381-388.
- Ordóñez Crespo, B. S. (2017). *Plan de negocios para la elaboración y comercialización de cosméticos artesanales* (Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2017).
- Ortiz, S. A. R. y González, J. P. (2017). "Selección de tecnologías para la adaptación al cambio climático en el sector cacaotero huilense". *Creceer Empresarial: Journal of Management and Development*, (1).
- Ortiz, S. A. R. y González, J. P. (2017). "Selección de tecnologías para la adaptación al cambio climático en el sector cacaotero huilense". *Creceer Empresarial: Journal of Management and Development*, (1).
- Pascual, V.; Valls, R. M.; y Solà, R. (2009). "Cacao y chocolate: ¿un placer cardiosaludable?". *Clínica e investigación en arteriosclerosis*, 21(4): 198-209.
- Perea-Villamil, J. A.; Cadena-Cala, T.; y Herrera-Ardila, J. (2009). "El cacao y sus productos como fuente de antioxidantes: Efecto del procesamiento". *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 41(2): 128-134.
- Piñeros, O. L. L.; Sabogal, W. D. H.; Meneces, W. C. L.; y López, A. F. J. (2017). "Prototipo de automatización del proceso de secado y selección del cacao a través del procesamiento digital de imágenes". *Ciencia e Ingeniería*, 4(1): 14-14.
- Piza, R. P. (2009). *La calidad del cacao*. INIAP Archivo Histórico.
- Puello-Mendez, J.; Castellar, P. M.; Ocana, L. C.; Bossa, L.; Sanjuan, E.; Lambis-Miranda, H. A.; y Villamizar, L. (2017). "Comparative Study of Solar Drying of Cocoa Beans: Two Methods Used in Colombian Rural Areas". *Chemical Engineering Transactions*, 57: 1711-1716.
- Quiroga-Parra, D. J.; Murcia-Zorrilla, C. P.; Hernández, E.; y Torrent-Sellens, J. (2019). "Innovación en México y Colombia: un análisis comparado teórico y empírico". *Revista Venezolana de Gerencia (RVG)*, 24(85): 157-179.
- Rada, F.; Jaimez, R. E.; García-Nunez, C.; Azocar, A.; y Ramírez, M. E. (2005). "Water relations and gas Exchange in *Theobroma cacao* var. *Guasare* under periods of water deficits". *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 22: 105-112.
- Ramírez, A. M. H.; De la Hoz Vásquez, T.; Osorio, T. M. O.; Garcés, L. A.; y Trujillo, A. I. U. (2018). "Evaluation of the potential of regeneration of different Colombian and commercial genotypes of cocoa (*Theobroma cacao* L.) via somatic embryogenesis". *Scientia Horticulturae*, 229: 148-156.
- Ramos, Á. F.; Ruíz, J. A. P.; y Amaya, A. O. (2015). "Diagnóstico y manejo ambiental del cultivo de cacao, con énfasis en sus recursos hídricos en el municipio de Campoalegre (Huila)". *Ingeniería y Región*, (14), 65-74.
- Ramtahal, G.; Umaharan, P.; Hanuman, A.; Davis, C. y Ali, L. (2019). "La efectividad de las enmiendas del suelo, el biochar y la cal, para mitigar la bioacumulación de cadmio en *Theobroma cacao* L.". *Science of The Total Environment*.
- Rankin, S. (2018). "Hablemos del cadmio en el cacao andino". *Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)*. Disponible en: <https://blog.ciat.cgiar.org/es/hablemos-del-cadmio-en-el-cacao-andino/>

- Rice, R. A. y Greenberg, R. (2000). "Cacao cultivation and the conservation of biological diversity". *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 29(3): 167-174.
- Rivera Fernández, R. D.; Barrera Álvarez, A. E.; Guzmán Cedeño, Á. M.; Medina Quinteros, H. N.; Casanova Ferrín, L. M.; Peña Galeas, M. M.; y Nivelá Morante, P. E. (2012). "Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional". *Ciencia y Tecnología*, 5(1): 7-12.
- Sánchez-Mora, F. D.; Medina-Jara, S. M.; Díaz-Coronel, G. T.; Ramos-Remache, R. A.; Vera-Chang, J. F.; Vásquez-Morán, V. F.; y Onofre-Nodari, R. (2015). "Potencial sanitario y productivo de 12 clones de cacao en Ecuador". *Revista fitotecnica mexicana*, 38(3): 265-274.
- Santana, D. P.; Sánchez, J. L. R.; Calle, J.; de Villavicencio, M. N.; Ortega, L. D.; y Llanes, L. H. (2018). "Utilización de la cascarilla de cacao como fuente de fibra dietética y antioxidantes en la elaboración de galletas dulces". *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 28(3).
- Savary, S.; Ficke, A.; Aubertot, J. N.; y Hollier, C. (2012). "Crop losses due to diseases and their implications for global food production losses and food security". *Food Secur.*, 4(4): 519-537.
- Schroth, G.; Jeusset, A.; Da Silva Gomes, A.; Florence, C. T.; Coelho, N. A. P.; Faria, D.; y Läderach, P. (2016). "Climate friendliness of cocoa agroforests is compatible with productivity increase". *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 21(1): 67-80.
- Sharma, R.; Chauhan, S. K.; y Tripathi, A. M. (2016). "Carbon sequestration potential in agroforestry system in India: an analysis for carbon Project". *Agroforestry systems*, 90(4): 631-644.
- Singh, K.; Sanderson, T.; Field, D.; Fidelis, C.; y Yinil, D. (2019). "Soil security for developing and sustaining cocoa production in Papua New Guinea". *Geoderma Regional*, 17. doi.org/10.1016/j.geodrs.2019.e00212.
- Sodré, G. A. y Gomes, A. R. S. (2019). "Cocoa propagation, technologies for production of seedlings". *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41(2).
- Swisscontact (2016). *Desarrollo de la cadena de valor del cacao. Transformando el cultivo de cacao en un negocio sostenible para pequeños agricultores*. Obtenido de https://www.swisscontact.org/file-admin/user_upload/HEAD_OFFICE/Documents/Topics_Brochures/Folleto_Cacao.pdf.
- Tan, C. L. y Furtek, D. B. (2003). "Development of an in vitro regeneration system for *Theobroma cacao* from mature tissues". *Plant Science*, 164(3): 407-412.
- Tan, J.; Balasubramanian, B.; Sukha, D.; Ramkissoon, S.; y Umaharan, P. (2019). "Sensing fermentation degree of cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans by machine learning classification models based electronic nose system". *Journal of Food Process Engineering*.
- Tapia Yáñez, C. A. (2015). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales, cascarilla de cacao (Theobroma cacao L.) variedad arriba y CCN51 para la elaboración de una infusión* (Bachelor's thesis).
- Tinoco, H. A. y Ospina, D. Y. (2013). "Análisis del proceso de deshidratación de cacao para la disminución del tiempo de secado". *Revista EIA*, 7(13): 53-63.
- Urrea Trujillo, A. I.; Atehortúa Garcés, L.; y Gallego Rúa, A. M. (2011). "Regeneration through somatic embryogenesis of an elite colombian *Theobroma cacao* L. variety". *Revista Colombiana de Biotecnología*, 13(2): 39-50.

- Valenzuela B., Alfonso y Valenzuela B., Rodrigo (2015). "Innovation in the food industry: The history of some innovations and of their innovators". *Revista Chilena de Nutrición*, 42(4), 404-408. Recuperado de: <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182015000400013>.
- Van Der Wolf, J.; Jassogne, L.; Gram, G. I. L.; y Vaast, P. (2019). "Turning local knowledge on agroforestry into an online decision-support tool for tree selection in smallholder's farms". *Experimental Agriculture*, 55: 50-66.
- Verchot, L. V.; Van Noordwijk, M.; Kandji, S.; Tomich, T.; Ong, C.; Albrecht, A.; y Palm, C. (2007). "Climate change: linking adaptation and mitigation through agroforestry". *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 12(5): 901-918.
- Von Maltzahn, G.; Flavell, R. B.; Toledo, G. V.; Djonovic, S.; Márquez, L. M.; Johnston, D. M. y Sadowski, C. (2018). *U.S. Patent Application No. 16/024,050*.
- Waizel-Haiat, S.; Waizel-Bucay, J.; Magaña-Serrano, J. A.; Campos-Bedoya, P.; y San Esteban-Sosa, J. E. (2012). "Cacao y chocolate: seduction and therapeutics". *Anales Médicos de la Asociación Médica del Centro Médico ABC*, 57(3): 236-245.
- Wood, G. A. R. y Lass, R. A. (2001). *Cocoa*, 4th edn. Oxford: Blackwell Science.
- Zug, K. L. M.; Yupanqui, H. A. H.; Meyberg, F.; Cierjacks, J. S.; y Cierjacks, A. (2019). "Cadmium accumulation in peruvian cacao (*Theobroma cacao* L.) and opportunities for mitigation". *Water, Air, & Soil Pollution*, 230(3): 72.



VALORIZACIÓN DE METABOLITOS SECUNDARIOS PRESENTES EN LA SEMILLA DE AGUACATE (*PERSEA AMERICANA*)

DOI: <https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.9>

Liliana Marcela Moreno

Magíster en Ciencias Agroalimentarias,
Gestora de la Línea de Biotecnología y Nanotecnología,
Tecnoparque Nodo La Angostura - SENA
lilimoreno@sena.edu.co

Angélica Sandoval Aldana

Doctora en Ingeniería de Alimentos,
Docente de la Universidad del Tolima

Palabras clave: Aguacate (*Persea americana*), metabolitos secundarios, recubrimientos comestibles, vida útil.

Resumen: En los últimos años se ha identificado y aislado varios metabolitos secundarios biológicamente activos presentes en el aguacate (*Persea americana*) los cuales, en pruebas realizadas en conservas de carne, procesos de curado y preservación de cremas de confitería, han demostrado una posible aplicación en la industria alimenticia, ya que prolongan el tiempo de vida útil de los productos. En el presente estudio se realizó el tamizaje fitoquímico de extractos etanólicos de semillas de tres variedades de aguacate (criollo, lorena y hass) producidas en el norte del departamento del Tolima, con el fin de establecer la composición de metabolitos secundarios en cada una de ellas. El extracto de la semilla de la variedad lorena presentó mayor concentración de estos compuestos y se probó su efecto en la conservación postcosecha en frutos de aguacate adicionando 2 % (p/v) del extracto a aceite del mismo fruto, la mezcla se usó como recubrimiento comestible en los frutos en estado óptimo de madurez fisiológica. Se evidenció una actividad protectora del recubrimiento enriquecido con el extracto, ya que los frutos de los controles (recubrimiento sin extracto y sin recubrimiento) sufrieron un mayor deterioro en el color, además de un aumento en la pérdida de peso una vez alcanzaron el punto de madurez de consumo.

ADD VALUE TO SECONDARY METABOLITES FROM SEED AVOCADO (*PERSEA AMERICANA*)

Abstract: In recent years several bioactive compounds called secondary metabolites have been identified and isolated. These compounds are present in avocado seeds (*Persea americana*) and have demonstrated a possible application in the food industry because they prolong the useful life time on tests conducted in preserved meat, curing processes and confectionery creams preservation. In the present study phytochemical screening of ethanol extracts of seeds of three varieties of avocado produced in the north of the department of Tolima was performed (criollo, lorena and hass) for the purpose to establish the composition of secondary metabolites in each of them. The seed extract of Lorena variety showed higher concentrations of these compounds and its effect on post-harvest conservation was tested in avocado fruits adding 2 % (w/v) extract to avocado oil, the mixture was used as an edible coating in the fruits in optimal physiological maturity. It was observed that the coating with extract has protective activity because the fruits of control (coatings without extracts and uncoated) suffered a further deterioration in firmness and color in addition to an increase in weight loss once reached their consumption maturity.

Keywords: Avocado (*Persea americana*), secondary metabolites, edible coatings, shelf life.

Introducción

El aguacate (*Persea americana* Mill.), perteneciente a la familia de las lauráceas, conocido también como palto en algunos países americanos, es originario de este continente; sin embargo, su cultivo comercial es relativamente reciente (Carabalí *et al.*, 2018). En Colombia, las lauráceas se encuentran bien representadas en diversos tipos de bosques. Actualmente, el departamento del Tolima es una de las zonas de mayor producción de aguacate a nivel nacional, con un área sembrada de aproximadamente 5.500 hectáreas y rendimientos de 10 a 15 toneladas de frutos por hectárea (Sierra *et al.*, 2014). La zona de siembra se ubica principalmente en los municipios de Alvarado, Ibagué, Rovira, San Luis, Ortega, San Antonio, Chaparral, Río Blanco, Fresno y Planadas (PFN, 2016).

El estudio de prospectiva para la innovación en la agrocadena del aguacate en el Tolima (Bermeo *et al.*, 2010) promueve la industrialización para realizar una

explotación óptima de la cadena productiva del aguacate mediante el aprovechamiento de su pulpa para la obtención de aceite, guacamole y otros derivados; este nuevo eslabón de la cadena lleva a generar subproductos del fruto tales como la cáscara y la semilla, la cual no se considera de interés en el proceso de obtención de aceite por su bajo contenido; sin embargo, análisis fisicoquímicos llevados a cabo por Cárdenas *et al.* (2017) demuestran que los ácidos grasos presentes en la semilla poseen mayor cantidad de ácidos poliinsaturados que la pulpa, y además es posible encontrar en ella enzimas y sustancias que presentan actividades vermífugas, antibióticas, antifúngicas, antioxidantes, citotóxicas e insecticidas (Torres *et al.*, 2017).

Las propiedades que se han encontrado en los extractos de semilla de aguacate se explican en la presencia de compuestos denominados metabolitos secundarios (Velázquez, 2012), los cuales se definen

como productos de rutas metabólicas que no desempeñan una función esencial en la planta y, por lo tanto, no poseen una distribución universal. En los últimos años se han realizado estudios sobre la capacidad antimicrobiana de un extracto en acetona a partir de su semilla, determinando que tiene un efecto antibacteriano sobre *S. aureus*, *B. subtilis*, *Aspergillus glaucus* y *Penicillium notatum*, pero que no presentó efecto sobre *E. coli* y *Pseudomonas fluorescens* (Hernández *et al.*, 2018). Con el fin de determinar el efecto que causan los metabolitos secundarios extraídos de la semilla de aguacate en la conservación de frutas, se evaluó diferentes agentes de recubrimiento de tipo comestible biológicamente activos con el fin de obtener un producto apto para el manejo postcosecha de las frutas.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Ciencias Agroalimentarias de la Universidad del Tolima, ubicado en la ciudad de Ibagué. Los frutos de aguacate fueron recolectados en las zonas norte y centro del departamento del Tolima, comprendiendo los municipios de Mariquita, Fresno y Alvarado, los cuales se caracterizan por su alta producción, destacando las variedades hass, criollo y lorena. Los frutos fueron cosechados en su punto de madurez fisiológica sin ningún tipo de daño o alteración física. La maduración de los frutos se llevó a cabo bajo condiciones de atmósfera controlada a temperatura constante de 10 °C hasta el punto óptimo de consumo.

Apertura de los frutos: se retiraron las semillas de forma manual y se llevaron a secado en horno (Gallenkamp, UK) bajo condiciones moderadas a 37 °C durante 48 horas; a continuación, las semillas fueron molidas en molino de cuchillas hasta obtener partículas de 1 mm.

Extracción de metabolitos secundarios: Se obtuvo tres extractos con metabolitos secundarios: Extracto

de la semilla completa (Sc), Extracto de la semilla sin cubierta seminal (Se) y Extracto de la cubierta seminal (Cs). Las semillas y cubiertas seminales de las diferentes variedades de aguacate fueron sometidas a extracción Soxhlet con éter de petróleo durante seis horas, con el fin de retirar las sustancias apolares que afectan la identificación de metabolitos secundarios de naturaleza polar.

El tratamiento de la semilla y cubierta seminal se llevó a cabo por el método de percolación con etanol al 98 % en frío durante 48 horas, este proceso se realizó mediante una lluvia del disolvente con el fin de penetrar toda la masa envolviendo todas las partículas con una película de líquido en continuo recambio. Los extractos fueron concentrados bajo presión reducida en un rotoevaporador y llevados a congelación a -20 °C para su posterior uso.

Tamizaje Fitoquímico: Los extractos se sometieron a diferentes reacciones químicas cualitativas para los siguientes metabolitos: fenoles totales (Folin-Ciocalteu), cumarinas (Baljet), saponinas (ensayo de espuma), triterpenos o esteroides (Liebermann-Burchard), taninos (cloruro férrico), quinonas (Borntrager), flavonoides (Shinoda) y alcaloides (reactivos de Mayer, Wagner, Dragendorff). Nguyen *et al.* (2016).

Elaboración de cubiertas para conservación de frutos: La concentración de extracto adicionado en el aceite de aguacate fue de 2 % (v/v), ya que, según datos publicados por Ramos *et al.* (2010), este valor confiere a los agentes de recubrimiento actividad frente a diversos microorganismos.

Seguimiento de la vida útil de los frutos: Los frutos se mantuvieron en un espacio cerrado a 24 °C y H.R. de 45 %; se realizó pruebas de pérdida de peso (Curva de madurez) y color (Colorimetría), las mediciones se llevaron a cabo cada dos días hasta que los frutos alcanzaron el punto óptimo de consumo. Una vez los frutos alcanzaron su punto de madurez para consumo,

se realizaron pruebas fisicoquímicas de Acidez (A.O.A.C. 942.15/90) y pH (A.O.A.C 10.041/84). Las anteriores pruebas fueron comparadas con dos tratamientos control (recubrimiento sin extracto y sin recubrimiento) para establecer la efectividad del recubrimiento enriquecido con extracto.

Análisis estadístico: Los datos obtenidos fueron analizados con el programa estadístico Statgraphics Centurion XV, usando el método de comparación de varias muestras y análisis de varianza con un nivel de significancia del 95 %.

Resultados

Al analizar el contenido de metabolitos secundarios en la semilla de tres variedades de aguacate se

observaron diferencias cualitativas (tabla 1). El análisis fitoquímico reveló la presencia de taninos, cumarinas, flavonoides, saponinas y quinonas; no se detectó la presencia de esteroides y/o terpenoides, aun cuando diversos autores como Ramos *et al.* (2009) reportan este compuesto en la semilla de aguacate.

El contenido de compuestos fenólicos en los extractos etanólicos de la semilla de las tres variedades de aguacate presentan una alta capacidad protectora de oxidación, siendo más abundante en la semilla de aguacate lorena; lo anterior podría indicar que esta variedad tiene mayor capacidad para captar radicales libres que originan el estrés oxidativo en las frutas, atribuyéndole simultáneamente un efecto conservante que previene la degeneración de los tejidos vegetales (Santos, 2017).

Tabla 1. Marcha fitoquímica del extracto etanólico de tres variedades de aguacate

Metabolitos secundarios α	Variedad de aguacate								
	Hass			Lorena			Criollo		
	(Sc)	(Se)	(Cs)	(Sc)	(Se)	(Cs)	(Sc)	(Se)	(Cs)
Triterpenoides y/o Esteroides	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Compuestos fenólicos	++	+	++	+++	++	+++	+++	++	+++
Flavonoides	++	++	++	+++	++	+++	++	++	++
Cumarinas	+	-	+	++	-	+++	++	-	++
Alcaloides	+	+	-	++	++	-	+	++	-
Saponinas *	++	++	++	++	+++	++	++	+++	++
Quinonas	+	+	-	+	+	-	+	+	-
Taninos	++	+	+	++	++	+	+	+	+

- Sc: Extracto de la semilla completa. Se: Extracto de la semilla sin cubierta seminal. Cs: Extracto cubierta seminal.
- α: La concentración cualitativa se expresó en: +++ (Alta); ++ (Media); + (Baja); y -(Ausente), en función del color y/o precipitado formado.
- *: Saponinas: +++ (Abundante: > 14 mm de espuma); ++ (Moderado: 10-14 mm de espuma); + (Bajo: < 10 mm de espuma); - (Ausencia: < 5 mm de espuma).

Se puede observar que la semilla del aguacate lorena posee mayor distribución de flavonoides, encontrando mayor concentración en la cubierta seminal; por tal motivo, la semilla sin cubierta seminal es más susceptible a sufrir oxidación por radicales libres. Las variedades hass y criollo presentaron una concentración media en el contenido de este metabolito, tanto en la semilla como en la cubierta seminal.

La cumarina funciona como defensor para la planta, ya que posee propiedades supresoras del apetito, así como propiedades antimicrobianas, captadoras de radiación UV e inhibidoras de la germinación (Perea *et al.*, 2017). En la marcha fitoquímica se encontró que este compuesto está presente en la cubierta seminal de las tres variedades de aguacate, siendo más abundante en el aguacate criollo y en el lorena. No se detectó en la semilla sin cubierta.

Los alcaloides intervienen en las principales reacciones del metabolismo celular, siendo causa de intoxicación en humanos y animales, además de presentar la función biológica de defensa contra microorganismos; se encuentran principalmente en la parte foliar de plantas y árboles, aunque también se han identificado en algunas semillas (Hernández, 2017). Esta sustancia fue encontrada en la semilla sin cubierta seminal de las semillas de las tres variedades de aguacate, si bien las concentraciones más altas se identificaron en las variedades lorena y criolla.

Por otro lado, se estableció que las saponinas extraídas de frutos han mostrado un efecto antifúngico sobre *R. stolonifer*, así como actividad citotóxica sobre células cancerígenas (Mimaki *et al.*, 2011). Al realizar la identificación de saponinas en las muestras de semillas de aguacate evaluadas, se encontró una gran proporción de estas en las variedades lorena y criolla, especialmente en la semilla sin cubierta seminal; la variedad hass presentó un bajo contenido de saponinas, ya que la formación de espuma fue estable durante 10 segundos

y no superó los 5 mm de altura. En las tres variedades de aguacate se encontraron cantidades bajas de quinonas, estando presentes solo en la semilla y no en la cubierta seminal; resultados similares se observaron en extractos etanólicos de semillas de aguacate hass provenientes de México (Ramos *et al.*, 2009).

Los taninos presentan una importante actividad biológica de inhibición enzimática, ya que se ha comprobado que bloquea la 5-lipoxigenasa; por otro lado, tienen propiedades antioxidantes, ya que inhiben la peroxidación lipídica y son captadores de radicales libres (Tolosa y Cañizares, 2017). En el análisis fitoquímico realizado a las semillas de aguacate, se estableció que la variedad lorena posee una presencia moderada de taninos en su semilla y baja en la cubierta seminal, mientras que las variedades hass y criolla presentaron bajos contenidos.

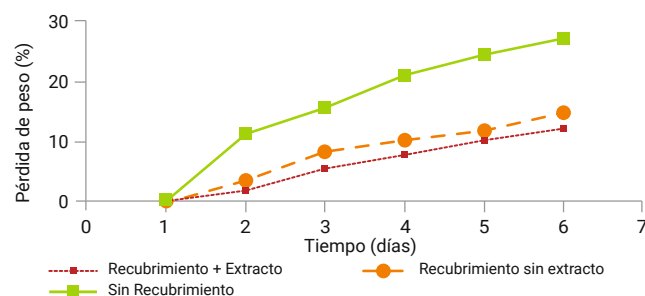
Una vez analizada la composición fitoquímica en las diferentes muestras, se puede establecer que la semilla de la variedad lorena posee mayor concentración de metabolitos secundarios en la semilla completa (Sc); por lo tanto, se escogió su extracto etanólico para adicionar al aceite de aguacate y recubrir los frutos con esta mezcla.

Seguimiento de la vida útil de los frutos

Pérdida de peso: La figura 1 muestra las pérdidas de peso de los frutos de aguacate en función del tiempo de almacenamiento. Se observa que la pérdida de peso en los frutos del control fue mayor en comparación con los frutos recubiertos con las películas, lo que indica que los recubrimientos actúan como barreras contra la humedad. Se observa que el tratamiento control presentó el mayor porcentaje de pérdida de peso, con 26,951 %; además, se puede establecer que el aceite de aguacate con extracto de semilla presentó la menor pérdida de peso, con 12,2 %, mientras que el aceite sin extracto alcanzó una pérdida de 14,7 %, lo anterior denota que

el aceite de aguacate ejerce una importante barrera contra la pérdida de humedad en frutos de aguacate, al disminuir la pérdida de peso en un 45,2 % con respecto a los frutos sin recubrimiento. La aplicación de recubrimientos hidrofóbicos en la superficie de las frutas aporta una barrera adicional a la deshidratación, lo que indica que para ejercer una barrera eficiente al agua, los recubrimientos deben contener componentes hidrofóbicos. Los recubrimientos a base de lípidos son muy eficientes para reducir la deshidratación de los productos debido a su baja polaridad, además de presentar una escasa permeabilidad al vapor de agua (De Ancos *et al.*, 2015). El análisis estadístico no arrojó diferencias significativas ($P > 0,05$) para los frutos recubiertos con aceite con extracto y sin extracto, con lo que se puede establecer que la adición de extractos de semilla en este recubrimiento no tiene efecto en la pérdida de humedad de los frutos.

Figura 1. Efecto de los tratamientos en la pérdida de peso en frutos de aguacate

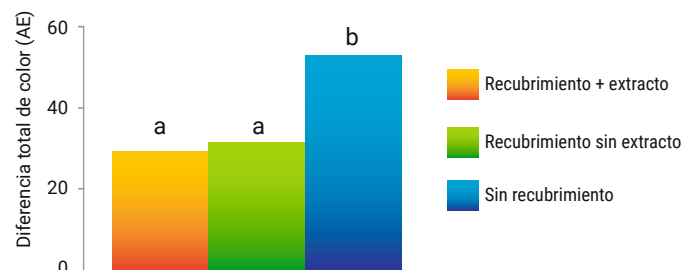


Fuente: Elaboración propia.

Color: Para los frutos de aguacate, la diferencia total de color durante seis días de medición fue mayor en los frutos del control (sin recubrimiento) que en los tratados con recubrimientos con extracto y sin extracto de semilla, lo que confirma que el uso de recubrimientos en los frutos de aguacate ayuda a reducir los cambios asociados al color. Se encontró que la tendencia de los parámetros colorimétricos fue una disminución de *L y *b y un aumento de *a (paso de región verde a rojo), lo

que quiere decir que los frutos con el paso de los días tomaron una tonalidad más pálida, pasando de un color verde oscuro a verde-amarillo pálido, encontrando valores más altos de *a para los frutos sin recubrimiento. El parámetro de luminosidad (*L) sufrió una disminución paulatina durante el tiempo de medición, encontrando el valor más bajo en el tratamiento sin recubrimiento. El análisis estadístico arrojó diferencias ($P < 0,05$) entre ΔE de los frutos sin recubrimientos y los frutos recubiertos con y sin extracto; sin embargo, no hubo diferencia estadística ($P > 0,05$) entre el recubrimiento de aceite con extracto y el recubrimiento sin extracto.

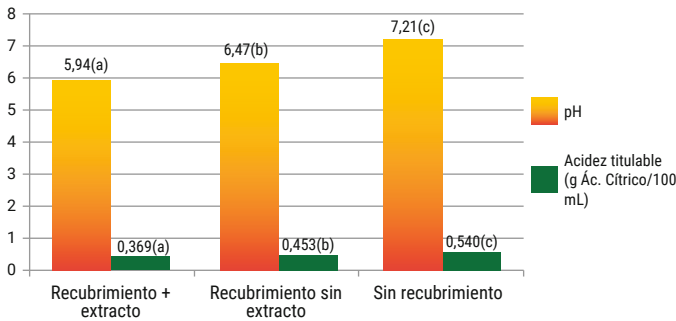
Figura 2. Diferencia de color para frutos de aguacate con diferentes tratamientos. Diferentes letras indican significancia estadística ($P < 0,05$)



Fuente: Elaboración propia.

Acidez y pH de la pulpa: Los datos obtenidos para los diferentes tratamientos muestran que existe diferencia estadística entre los tratamientos ($P < 0,05$). Se podría concluir que la incorporación de aceite de aguacate como recubrimiento aumenta la acidez del fruto al alcanzar la madurez de consumo, lo cual indicaría que los recubrimientos de aceite no permiten la adecuada degradación de los ácidos orgánicos porque limita la respiración de los frutos; además, la adición de extracto de semilla de aguacate confiere a los frutos un pH final más bajo, teniendo una posible incidencia en la calidad sensorial, ya que el aguacate se caracteriza por su sabor dulce y suave.

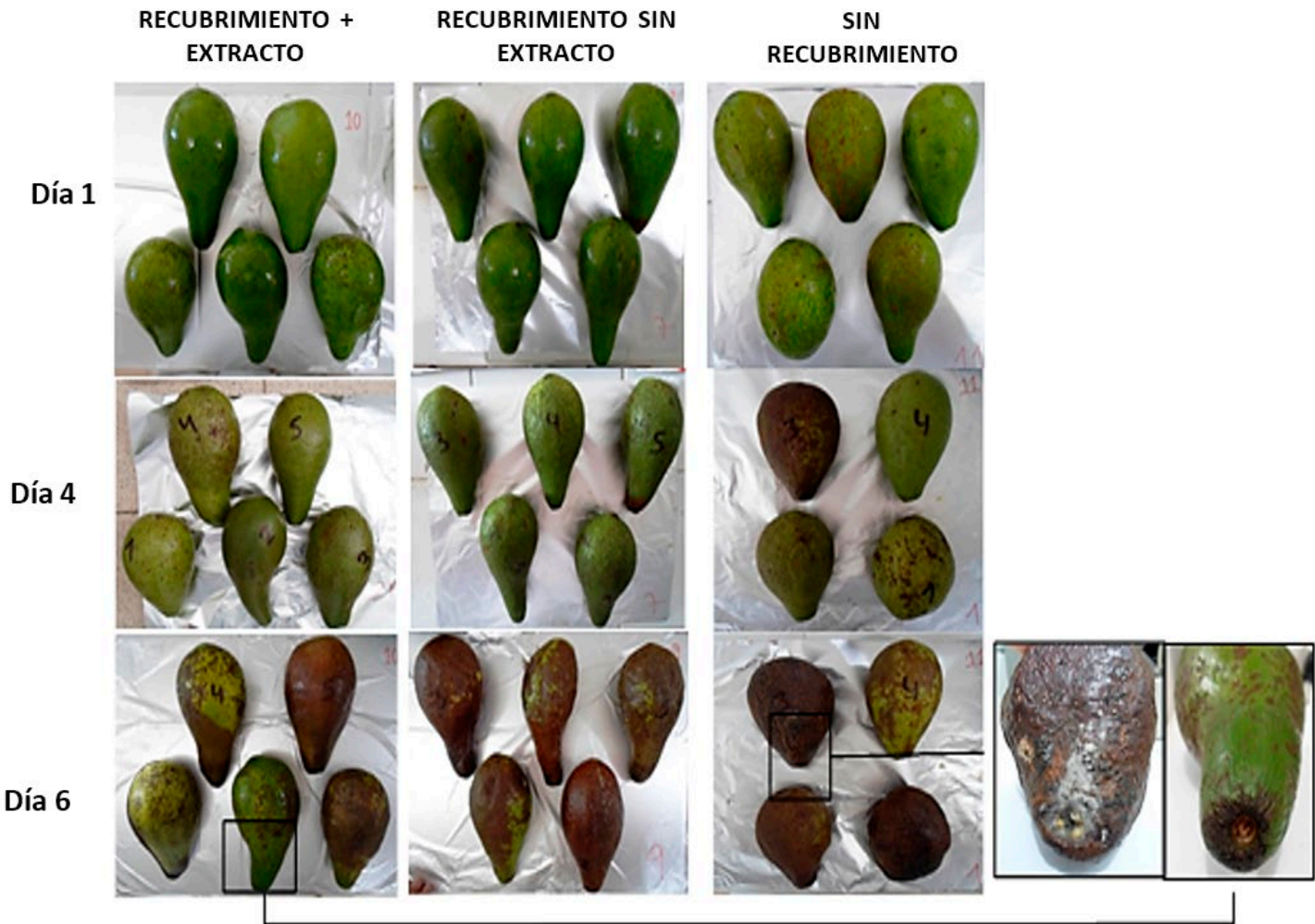
Figura 3. Acidez y pH de la pulpa de aguacate sometidos a diferentes tratamientos. Diferentes letras indican significancia estadística ($P < 0,05$) en cada serie de datos



Fuente: Elaboración propia.

Los diferentes tratamientos presentaron diferencias muy marcadas en su apariencia; los frutos sin recubrimientos desarrollaron moho en el pedicelo, mientras que en los frutos con recubrimiento enriquecido con extracto no se evidenció ningún crecimiento microbiano, lo que podría comprobar el efecto antimicrobiano del extracto de la semilla de aguacate.

Figura 4. Estado de los frutos sometidos a diferentes tratamientos durante los días de maduración



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

El análisis fitoquímico reveló la presencia de taninos, cumarinas, flavonoides, saponinas y quinonas, aunque no se detectó presencia de esteroides y/o terpenoides. La semilla de la variedad lorena presentó una mayor concentración de compuestos fenólicos y flavonoides, lo que indicaría mayor capacidad para captar radicales libres que originan el estrés oxidativo en frutas, atribuyéndole, simultáneamente, un efecto conservante que previene la degeneración de los tejidos vegetales; por tal motivo, se escogió el extracto etanólico de esta variedad para adicionar al recubrimiento de aceite de aguacate.

Los recubrimientos con aceite de aguacate mejoraron la apariencia visual de los frutos, ya que proporcionaron mayor luminosidad frente a los frutos del tratamiento sin recubrimiento; además, se observó una buena adherencia y estabilidad a temperatura ambiente (26 °C). La incorporación de extracto de metabolitos secundarios a los recubrimientos no presentó ningún tipo de alteración visual, ya que no se evidenció separación de fases ni precipitados en la mezcla.

La adición del extracto de semilla de aguacate no tiene efecto sobre la pérdida de peso, el cambio de color y la firmeza de los frutos durante la maduración; sin embargo, se estableció que sí afecta la acidez final de la pulpa, causando una posible alteración sensorial; para establecer esto es necesario realizar pruebas sensoriales y evaluar el grado de aceptación del consumidor. Por otra parte, el uso de extractos de la semilla de aguacate contribuye a disminuir los daños producidos por microorganismos a lo largo de la maduración, ya que en los frutos tratados con recubrimiento más extracto no se evidenció ningún daño de tipo biológico.

Referencias bibliográficas

- Bermeo, H. P.; Saavedra, C.; y Sandoval, A. (2010). *Prospección para la innovación en la agrocadena del aguacate en el Tolima*. Universidad de Ibagué. 106.
- Canto, W. y Travaglini, M. (1980). "Óleo de abacate: extração, usos e seus mercados atuais no Brasil e na Europa". *Revista Estudos Econômicos Alimentos processados*. (11): 144.
- Carabalí, D.; Montoya, J.; y Muñoz, A. (2018). "Efecto de la exclusión de insectos visitantes florales en el cuajado de frutos de *Persea americana* (Lauraceae) cv. Hass". *Acta Zoológica Mexicana (NS)*, 34(1): 1-9.
- Cárdenas, J.; Romero, P.; Auccapur, C.; Chang, Y.; y Hurtado, F. (2017). "Diseño de una planta para la producción de aceite de palta (*Persea Americana* Mill)". *Big Bang Faustiano*, 5(3).
- De Ancos, B.; González-Peña, D.; Colina-Coca, C.; y Sánchez-Moreno, C. (2015). "Uso de películas/recubrimientos comestibles en los productos de IV y V gama". *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(1): 8-17.
- Gómez, A. (2008). *Memorias seminario Internacional Evaluación Sensorial de licores de Ecuador y Venezuela*, Casa Luker, Bogotá, Colombia.
- Hernández, J.; Zaragoza, A.; López, G.; Peláez, A.; Olmedo, A.; y Rivero, N. (2018). "Actividad antibacteriana y sobre nematodos gastrointestinales de metabolitos secundarios vegetales: enfoque en Medicina Veterinaria". *Abanico veterinario*, 8(1): 14-27.
- Hernández, S. G. (2017). *Desarrollo de metodología sintética para la obtención de azinas, azoles y alcaloides con actividad biológica*. (Doctoral dissertation, Universidad de Alcalá).

- Martín, R. y Biones, R. (1999). "Industrial Uses and Sustainable Supply Quillaja saponaria (*Rosaceae*) saponins". *Econ. Bot*, 53; 302-311.
- Mimaki, Y.; Watanabe, K.; Ando, Y.; Sakuma, C.; Sashida, Y.; Furuya, S.; y Sakagami, H. (2011). "Flavonol glycosides and steroidal saponins from the leaves of *Cestrum nocturnum* and their cytotoxicity". *Journal of Natural Products*, 64: 17-22.
- Nguyen, N.; Vicet, L.; Siverio, D.; Jorge, M.; González, D.; y Castañeda, I. (2016). "Tamizaje fitoquímico y evaluación de la actividad sobre el sistema nervioso central del extracto etanólico de *Eugenia clarensis* Britton & P. Wilson". *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research*, 4(1): 39-48.
- Perea, A.; Mosquera, C.; y Ospina, M. (2017). "Evaluación del extracto de anamú (*Petiveria alliacea*), en el control del gusano perforador (*Neoleucinodes elegantalis*) en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*)".
- Plan Frutícola Nacional (PFN) (2016). *Diagnóstico y análisis de los recursos para la fruticultura en el departamento del Tolima*. Obtenido el 15 de junio de 2019, de: http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_15_Anexo%20A.pdf.
- Ramos M.; Moreno, A.; Chamorro, G.; y Garduño, L. (2009). "Estudio de las propiedades de la semilla de aguacate (*Persea americana*) variedad hass, para el aprovechamiento integral del fruto". *XXV Aniversario de la Carrera de Ingeniería en Alimentos en el Instituto de Ciencias Agrícolas*, Universidad de Guanajuato.
- Ramos, M.; Bustista, S.; y Barrera, L. (2010). "Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas". Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Instituto Politécnico Nacional. 81-83.
- Santos, J. (2007). *Identificación de las principales familias de metabolitos secundarios de la flor del subín (Acacia farnesiana [L.] willd.) mediante un tamizaje fitoquímico*. Tesis de grado. Universidad de San Carlos. Guatemala.
- Sierra, P.; Quiroga, L.; y Varón, H. (2014). "Preferencia de mosca blanca (*Paraleyrodes* sp.) por cultivares de aguacate (*Persea americana* Mill.) en Fresno, Tolima". *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(2): 197-206.
- Tolosa, L. y Cañizares, E. (2017). "Obtención, caracterización y evaluación de la actividad antimicrobiana de extractos de propóleos de Campeche". *Ars Pharmaceutica (Internet)*, 43(1-2): 187-204.
- Torres, N. L.; Laurido, C.; Pavan, M. F.; Zapata, A.; y Martínez, J. L. (2017). "Plantas medicinales de Panamá 2: Etnobotánica de la Reserva forestal la Tronosa, Provincia de los Santos". *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 16(4): 361-384.
- Velázquez, M. (2012). *Metabolitos secundarios de las ramas de dos especies de Lauraceas y su papel en la sobrevivencia vegetal*. Tesis de grado Ciencias Biológicas de la Salud. Universidad autónoma Metropolitana Iztapalapa. México.



ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE VIVIENDA EN COLOMBIA-CASO GUADUA

DOI: <https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.10>

Juan Pablo Villamil Poveda
Grupo de Investigación Grupo CTCM SENA Bogotá,
juanpvp@misena.edu.co

Palabras clave: Déficit de vivienda, guadua, sistema constructivo, sostenibilidad.

Resumen: En la actualidad la sobrepoblación mundial, el asentamiento acelerado de las poblaciones y los altos costos de la vivienda han generado un mayor déficit de vivienda, sumado esto al constante crecimiento del sector de la construcción y la mayor afectación de los recursos naturales en la explotación de los materiales convencionales (cemento, arena, metales, entre otros relacionados); por lo anterior, se muestra una oportunidad no solo productiva sino ambiental y social de generar e implementar nuevos materiales para el uso de sistemas constructivos sostenibles. Como respuesta a lo anterior, a continuación se tomó el estudio de caso de la guadua utilizada en un sistema mobiliario de vivienda sostenible, ya que, según las investigaciones, es un material que se da en nuestra región colombiana con características excepcionales para diferentes usos y que su industrialización se encuentra en crecimiento en nuestro país, lo cual, se pensaría, podría impulsar una mayor oferta de la misma con beneficios ambientales, económicos y sociales.

ANALYSIS OF THE CONSTRUCTION SYSTEMS OF HOUSING IN COLOMBIA - CASE GUADUA

Abstract: At present many factors as global overpopulation, high housing costs, accelerated population settlement and others have increased the total housing deficit around the world. Due to this there has being a constant growth of the construction sector and a greater impact on natural resources in the exploitation of conventional materials (cement, sand, metals, among others related). This is an opportunity to generate and implement new materials for the use of sustainable building systems, not only in the productive fields but also in the environmental and social fields. In response to this issue, the case study of “the guadua” used in a sustainable housing furniture system was taken. According to the research this material can be found in Colombian and the equatorial zone with exceptional characteristics for different uses. The industrialization of guadua is growing in our country, therefore the use of this material could have a greater offer with environmental, economic and social benefits.

Keywords: Housing deficit, guadua, construction system, sustainability, buildings materials.

Introducción

La baja oferta inmobiliaria, los altos costos y el desconocimiento de materiales de construcción convencionales y un tanto más de los materiales no convencionales, ha contribuido a que el déficit de vivienda se marque en el constante crecimiento poblacional en Colombia. Esto dada su necesidad de vivienda en ambientes urbanos y rurales, lo cual ha desembocado en afectaciones de índole social (hacinamiento e invasiones, entre otros), ambiental (emisiones, sobreexplotación de ambientes, residuos, entre otros), y económicos (costos vs. ingresos, costos de materiales, entre otros).

Según la política del plan nacional de desarrollo y los reportes del DANE, se observa la carencia de vivienda en Colombia y la necesidad de implementar medidas a esta problemática. Es por esto que se evaluó mediante

un estudio de viabilidad, la instauración de un sistema mobiliario sostenible en guadua, como dicha alternativa de vivienda; todo esto para mitigar la demanda de vivienda y a costos asequibles. Este estudio fue realizado en la ciudad de Ibagué como punto de prueba, debido a sus condiciones de expansión en vivienda, su clima y la aceptación de productos livianos en la construcción, entre otros. El equipo encargado del estudio de viabilidad fue integrado por un grupo interdisciplinario, el cual, mediante los resultados, mostró el valor del sistema a la población de la ciudad en los análisis y a los externos a esta, como una alternativa para sus deseos y/o exigencias de adquisición de vivienda, adaptada a sus necesidades, gustos y economía, además de obtener un impacto positivo en el aspecto ambiental.

Materiales y métodos

Antes de evidenciar los resultados del estudio se debe conocer los antecedentes de la guadua. Esta hace parte de la familia del bambú, la cual fue clasificada por Carl Sigismund Kunth en 1822 como *Guadua angustifolia* (hoja angosta), después de los estudios de Humbolt y Bonplant; siendo una gramínea hace parte de las plantas de la familia de los cereales, maíz, grama y/o pastos y las cañas, entre otras.

Colombia ocupa el segundo lugar en diversidad de bambú en Latinoamérica. Actualmente, 9 géneros y 70 especies están reportados, siendo 24 especies endémicas y por lo menos aún 12 por describir. La región andina tiene la mayor cantidad y la más grande diver-

sidad en población de especies de árboles (89 %) y la cordillera oriental la más rica, con el 55 % de bosques de bambú reportados hasta ahora. Los departamentos de Colombia con mayor diversidad de bosques de bambú son: Norte de Santander, Cundinamarca, Cauca, Valle del Cauca, Antioquia, Huila, Nariño y Quindío. La mayoría de especies pertenecen al género *Chusquea* (30 %), y el resto pertenecen a los géneros *Neurolepis*, *Arthrostylidium*, *Aulonemia*, *Elytrostachys*, *Merostachys*, *Rhipidocladum*, *Guadua* y *Otatea*, según Londoño (2001).

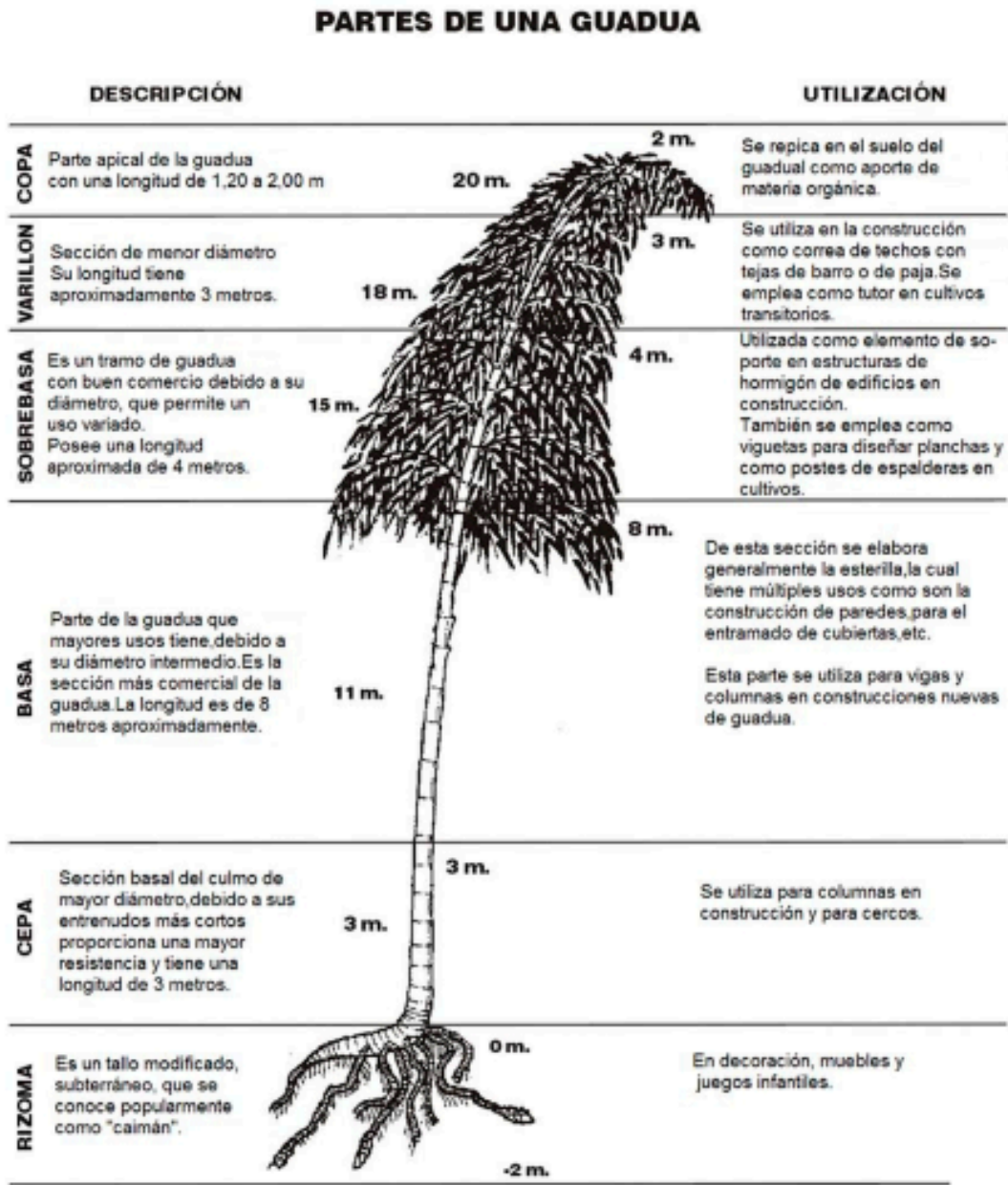
Existen estudios de la guadua y sus diferentes características en muchos países, de los cuales se encuentran algunos citados en el siguiente cuadro:

Nombre científico	Nombre vulgar	Lugar de origen	Diámetro
<i>Phyllostachis aurea</i>	Tacuarita-Tacuara-gasanchiku	Este de China	10 a 70 milímetros (mm)
<i>bambusoides</i>	Caña de la India-Madake	China e India	40 a 130 mm
<i>Phyllostachis nigra</i>	Caña negra - kuro chiku	Taiwán y China	60 a 150 mm
<i>pubescens</i>	Moso	China	60 a 150 mm
<i>Bamcusa vulgaris</i>	Bambú gigante	Japón	40 a 120 mm
<i>Bambusa tuldoides</i>	Bambú-Take	China	20 a 60 mm
<i>Bambusa vulgaris vitatta</i>	Bambú amarillo	Sur de China	40 a 120 mm
<i>Arundinaria amabilis</i>	Caña japónica-tonkin	China y Japón	10 a 35 mm
<i>Arundinaria japónica</i>	Caña japónica	Japón	5 a 20 mm
<i>Chusquea culeou</i>	Colihue	Sur de Chile y Argentina	10 a 35 mm
<i>Pleioblastus fortunei</i>	Shima dake-Chingo sasa	Japón	7 a 20 mm
<i>Bambusa Sp.</i>	Bambú largo	Delta del Paraná	15 a 40 mm
<i>Gen Sp.</i>	Chuki	Bolivia Lago Titicaca	7 a 25 mm
<i>Guadua weberbaueri</i>	Caña Guadua	Región Amazónica-Brasil	40 a150 mm
<i>Guadua sarcocarpa</i>	Caña Guadua	Perú	60 a 150 mm
<i>Guadua paniculata</i>	Caña Guadua	México	40 a 80 mm
<i>Guadua, amplexifolia</i>	vulgaris	Centroamérica y Brasil	40 a 120 mm
<i>Guadua angustifolia</i>	Tacuarazú o Tacuara Guazú, Caña brava o Caña Guadua	Sur de Venezuela, Colombia y Ecuedor	60 a 250 mm

Fuente: Velasco (2002).

La especie *Guadua angustifolia* sobresale dentro del género por sus propiedades físico-mecánicas y por el tamaño de sus culmos que alcanzan hasta 30 metros de altura y 25 centímetros de diámetro. Ha sido seleccionada como una de las veinte mejores especies de bambúes del mundo, ya que su capacidad para absorber energía y admitir una mayor flexión la convierten en un

material ideal para construcciones sismorresistentes. Esta especie crece naturalmente en Colombia, Ecuador y Venezuela, pero ha sido introducida a Centroamérica, Islas del Caribe, Hawái y Asia. Reúne dos variedades: *G. angustifolia* var. *bicolor* y *G. angustifolia* var. *Negra*, y varias formas: “cebolla”, “macana” y “castilla”.



Fuente: Aplicaciones estructurales de la guadua.

Algunas de las ventajas y desventajas sobre la guadua para tener en cuenta son las siguientes:

1. Es el vegetal de más rápido crecimiento en el mundo. Llegando en una etapa a crecer hasta 20 cm diarios. Produce más biomasa que cualquier madera tropical, y de mejor calidad, en condiciones ideales se podría llegar a 50 t/ha/año.
2. En cuatro años puede ser cosechada. Se siembra una sola vez, y produce brotes indefinidamente, mejorando su calidad con el tiempo.
3. Gracias a imágenes satelitales se sabe que una de las especies de guadua de la Amazonía es el organismo viviente más grande del mundo, por su inmenso sistema de raíces subterráneas.
4. Retiene más humedad que cualquier vegetal; en épocas húmedas almacena agua dentro de los canutos. Esta absorción también controla las inundaciones, y en época seca dosifica el agua a las raíces reteniendo la humedad en los suelos.
5. Posee propiedades estructurales sobresalientes, que no solo superan a las de la mayoría de las maderas, sino que además pueden ser comparadas con las del acero y algunas fibras de alta tecnología.
6. Según estudios realizados por Gnanaharan *et al.* (1995) y su grupo de investigación: "El Módulo de Ruptura (MOR) de un segmento largo varía de 54,5 a 81,7 N/mm² y el módulo de elasticidad (MOE) varía de 13,793 a 23,006 N/mm². Cuando la fuerza se aplica en el nudo los MOE y MOR son más altos que cuando se aplican en el entrenudo. El alto porcentaje de fibras longitudinales es lo que aporta una mayor resistencia a la tracción; en el caso de la caña guadua, esta es mayor que la de la madera mientras que a la compresión perpendicular la fibra es muy pobre por carecer de fibras radiales o ser hueca".
7. La enorme capacidad de la guadua para soportar alto esfuerzo de compresión, flexión y tracción, así como, otras cualidades físicas, la hacen óptima para reemplazar estructuras de metal y de maderas en vías de extinción. En cada nudo existe un tabique o septo transversal que, a la vez que le da mayor rigidez y elasticidad, evita su ruptura al curvarse. Por eso es apropiada para estructuras antisísmicas.
8. Una de sus desventajas es que la resistencia a fuerzas perpendiculares a las fibras (cortante) es muy baja, lo que significa que tiene tendencia de rajarse fácilmente en el sentido paralelo a las fibras.
9. Una construcción de guadua necesita una protección por diseño que asegure que este material no reciba directamente ni humedad, ni rayos directos del sol.
10. Se cree que es débil frente al fuego, sin embargo, existe un estudio realizado en Italia (Ministerio del medio ambiente y Salud, "Guía de construcción sostenible", 2005), que afirma que la corteza del bambú tiene un alto contenido de silicio, lo que le daría propiedades de resistencia al fuego.
11. Todavía no se ha establecido una técnica confiable de inmunización contra hongos.
12. Su comportamiento puede variar mucho con respecto a la especie, al sitio donde crece, a la edad, al contenido de humedad y a la parte del culmo o de la sección que se utilice.
13. Absorbe sonidos y olores.
14. Tiene estupendas características estéticas.
15. Se necesita un buen mantenimiento para su durabilidad.

Ventajas características en el medio ambiente:

1. Se trata de una planta que posee la característica de auto regeneración, lo que implica que garantiza una captura de CO₂ constante.

2. La estructura celular de sus hojas (Carbón 4) y la gran superficie que ocupan, le permiten una fotosíntesis más eficiente. Por eso crece tan rápido, produciendo hasta cinco veces más oxígeno que otras plantas, lo cual hace que sea ideal para proyectos de captura de carbono.
3. El bambú evita la movilización de tierra y conserva efectivamente los suelos, de allí que su siembra resulte ideal en áreas propensas a deslizamientos, derrumbes, erosión y remociones, sin contar su gran capacidad para el almacenamiento de agua.
4. Su extenso e intrincado sistema de raíces contiene la erosión. Enriquece los suelos, y por eso, los sitios que han sido cañaverales están entre los mejores para la agricultura.
5. Los rizomas y hojas en descomposición conforman una “esponja”, evitando que el agua fluya de manera rápida y continua, con lo cual se propicia la regulación de los caudales y la protección del suelo a la erosión.

El resumen anterior de algunos de los muchos beneficios, y algunas desventajas, del material de la guadua nos da paso a la ampliación del espectro de utilización de esta gran planta que no afecta el medio donde se genere su explotación, sino que, por el contrario, el incremento del uso de este material genera reacciones en cadena para la mejora del ambiente, de la mano de la industrialización y explotación de la guadua en sus diferentes usos.

Impacto de la construcción “convencional” al medio ambiente

En la construcción de edificaciones existen diferentes sistemas constructivos que se diferencian unos de otros principalmente por los materiales utilizados. Entre los tradicionales tenemos aquellos que se desarrollan con base en hormigón armado y acero estructural.

Según datos del Ministerio de Ambiente Español, en la Unión Europea la construcción y su mantenimiento utilizan el 40 % del total de materiales que se producen; se le atribuye, además, el uso del 40 % de la energía total, el 30 % de las emisiones de CO₂, y la generación del 40 % de los residuos. Sin embargo, un sistema constructivo no solo depende de los materiales utilizados, sino de la manera en que estos sean colocados, su acoplamiento y homogenización, de tal manera que faciliten en un futuro la deconstrucción correspondiente.

Debido a la creciente preocupación que existe en el mundo por el desgaste de los ecosistemas y su impacto en la salud humana, así como la necesidad de asegurar la subsistencia de las futuras generaciones (ya que las decisiones que las personas tomen ahora afectarán a sus descendientes), en la actualidad existe una tendencia a darle mayor importancia y tomar acciones encaminadas a asegurar la sostenibilidad ambiental del planeta.

Al respecto Sánchez (2002) resalta la definición de desarrollo sostenible dada en el documento *Nuestro futuro común* de la Comisión Brundtland como la “que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad para que las futuras generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades”.

La preocupación sobre la sostenibilidad ambiental ha derivado en una serie de compromisos y políticas en las que diversos Estados se han adscrito. Muchas de las acciones de estos Estados no solo destacan la importancia de la sostenibilidad sino también la compatibilidad que esta tendencia puede tener con el crecimiento económico.

A continuación, se describen las principales acciones que grupos de países han realizado en pro de la sostenibilidad ambiental:

- Protocolo de Montreal
- Protocolo de Kioto
- RIO +20

Instrumentos para la protección ambiental en alineación para la construcción

Según Sánchez (2002), Colombia, al igual que los demás países, posee tres tipos de instrumentos que puede utilizar con el fin de lograr la protección del medio ambiente. Estos tipos de instrumentos son:

1. Los instrumentos de comando y control, en donde se constituyen normas de emisión de contaminación para la fuente emisora o normas tecnológicas para los equipos que estas utilizan.
2. Los instrumentos económicos o de mercado, que a través de incentivos se direcciona la conducta de los agentes contaminadores, ya sea mediante cargos o mediante subsidios.
3. La provisión directa del gobierno; es el mismo gobierno quien se encarga del manejo de los residuos o desechos y también de proveer el desarrollo de tecnología que contribuya a la sustentabilidad ambiental.

En cuanto a la guadua, la normativa colombiana sobre sostenibilidad ambiental no es muy amplia pero sí limita su explotación. Esta normativa se presenta en los siguientes puntos:

Decreto 1791 de 1996

Este decreto del Ministerio del Medio Ambiente (actualmente Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial) estableció el régimen de aprovechamiento forestal, en el cual se clasificaron las diversas formas de aprovechamiento forestales y el procedimiento que se debe seguir al respecto. Para el caso específico de la guadua, el decreto aclara, en su artículo 62, que en caso de aprovechamientos con fines comerciales cada Corporación Regional reglamentará lo relacionado con los aprovechamientos de especies y productos no maderables, como la guadua.

Como corolario de lo anterior se encuentra la guía del usuario que expidió la Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ), en donde se dice que para el aprovechamiento doméstico de bosques de guadua, este no puede superar los 20 metros cúbicos anuales, en cambio para aprovechamientos con fines comerciales, estos pueden ser de dos tipos: Tipo I, inferior o igual a 50 metros cúbicos, y Tipo II, superior a 50 metros cúbicos. Además, se debe adquirir el derecho para el aprovechamiento mediante una autorización.

Resolución 1555 de 2005

Por medio de esta resolución expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial se reglamenta el uso del Sello Ambiental Colombiano, para la “promoción de productos que pueden reducir los efectos ambientales adversos, en comparación con otros productos de la misma categoría, contribuyendo así a un uso de los recursos naturales y a un elevado nivel de protección del medio ambiente” (Resolución 1555 de 2005, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial).

Este Sello es una certificación reconocida por la Superintendencia de Industria y Comercio y la puede obtener un producto que cumpla con los requisitos establecidos en esta resolución. Los productos de guadua, por sus características relacionadas a un menor impacto ambiental adverso, son candidatos a este Sello.

Norma unificada para el manejo y aprovechamiento de la guadua

Esta norma, desarrollada por las corporaciones regionales de los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda, Tolima y Valle de Cauca, reglamenta el manejo, aprovechamiento y establecimiento de guadua, cañabrava y bambúes. Su objetivo es alcanzar el manejo sostenible de los guaduales y muestra, además, los procedimientos que deben seguir los propietarios y aprovechadores de la guadua para obtener los permisos de aprovechamiento forestal de las CAR.

Es relevante destacar que esta norma se encuentra en constante revisión por parte de las CAR, en donde participan los diversos actores que hacen parte del proceso del manejo de los guaduales, mediante consultas y discusiones donde se realizan aportes y recomendaciones para ajustar la norma.

Antecedentes y descripción de la situación de diagnóstico del mercado

En Colombia se observa que, al 2012, el déficit habitacional en el país fue de 1.647.093 unidades; es decir, de 16,4 % frente al 27 % del censo del 2005 según el DANE, que era el dato más reciente sobre el tema. En la actualidad, aún persiste la carencia de hogar o persisten falencias en las estructuras de las viviendas.

Además de lo anterior, se observa que los diferentes tipos de mobiliario de uso residencial se encuentran basados en construcciones convencionales y, en su defecto, las personas de bajos recursos o con motivaciones de uso de hábitat de rápido acceso acuden a las viviendas modulares o prefabricadas, además de un constante crecimiento de la preocupación de la afectación de los materiales en lo ambiental por los individuos, lo cual repercute en la construcción o adquisición de vivienda. Es así como en Colombia son utilizados los sistemas de casas prefabricadas en láminas de concreto y, en algunos casos, en madera, a lo cual este tipo de construcciones generan afectaciones de índole ambiental, económica y social.

“El déficit cuantitativo de vivienda bajó del 12,56% en 2005 al 5,54% en 2012. Se estima que 554.087 hogares requieren de una solución en vivienda”.

El estudio de la industria de la construcción en Colombia revierte en una gran oportunidad para el incremento en la demanda de vivienda, la cual, a pesar de los vaivenes de las variables económicas, se encuentra

con un constante crecimiento, especialmente en las zonas urbanas y capitales del país. Así mismo, el sector de construcción de vivienda, dada su interacción con las diversas actividades de los sectores económicos, presenta mayor posibilidad de dinamizar la economía e impulsar el crecimiento y la generación de empleo, entre otros. A comienzos del año 2012, “el sector de la construcción generó 188.000 nuevos empleos directos, en comparación con el mismo periodo del año 2011, siendo este un 19,1 % de los empleos generados en el país en esta fecha. Además del impacto social que implica para los hogares colombianos contar con más y mejores condiciones de habitabilidad”. Según el DANE, en su reporte del 7 septiembre de 2012 sobre viviendas VIS y no VIS, durante el transcurso del año el área destinada en Bogotá para viviendas de interés social ha presentado un aumento del 5,1% en lo registrado en doce meses a junio de 2012 (DANE, 2012).

La industria de la construcción aporta el 60 % de la contaminación mundial, ya que las materias primas convencionales como el ladrillo, cemento, hierro y sintéticos provienen de recursos naturales que no se renuevan nunca; y la madera proviene mayoritariamente de talas indiscriminadas, poniendo en riesgo la preservación de los ecosistemas y la vida. Es necesaria la utilización de recursos naturales renovables como la guadua, que posee una gran capacidad de auto-renovación, pues crece hasta 25 metros en 6 meses en las condiciones ideales.

La guadua es catalogada como el acero vegetal por su composición de filamentos microscópicos que en conjunto constituyen un tejido de gran resistencia estructural, y su implementación ha sido incorporada en el capítulo G del *Reglamento colombiano de construcción sismorresistente NSR-10*. Es un material que forma parte de la identidad cultural de Colombia, y que se perfila como una materia prima renovable muy apropiada para la industrialización de la construcción. Es así como se tomó de referente la empresa emprendedora Muiskey, la

cual mediante el fondo emprender (SENA) se encuentra realizando este tipo de pruebas con la guadua y los análisis de beneficios de las construcciones sostenibles en el caso de la guadua, a lo cual el empresario en conjunto con el grupo de trabajo Construeco Colombia, pretende estudiar y poder validar los beneficios de los sistemas constructivos a partir de procesos industrializados de guadua, para la obtención de superficies laminares que son transportables, combinables y económicas, aplicables en cualquier ámbito de la construcción urbana y rural. Según los procesos que comenta el arquitecto Fabián Martínez, el proceso de construcción de una vivienda en guadua se basa en los siguientes pasos:

- Adquisición y transporte del material (guadua rolliza y esterilla de guadua) y los “pegantes” con los que sea realiza el pegado de los paneles.
- Corte y adaptación de la esterilla para pegado, prensado y posterior terminado del panel.
- Corte de guadua rolliza acorde a las estructuras y diseño arquitectónico de la propuesta de vivienda.

Los anteriores pasos son los básicos de manera muy general y dicho sin técnica, de cómo se preparan anticipadamente los elementos para la construcción previa de una vivienda. Para los pasos anteriores se promedia la producción del material de una vivienda de 27 metros cuadrados en 3 días.

Luego de tener la materia prima para el sistema constructivo, se traslada al lugar de instalación, el cual debe cumplir con los debidos permisos de curaduría o del departamento de planeación, o del ente que regule dichas autorizaciones para construcción; adicionalmente, el terreno debe estar nivelado y con acceso a las redes de servicios públicos. Bajo estas condiciones, la casa estaría construida en un periodo aproximado de 3 días.

A partir de las evidencias e información brindada por el arquitecto Fabian Martínez, se puede llegar a va-

rias comparaciones frente al modelo de construcción convencional en mampostería (ladrillo-bloque):

- **Fuentes y obtención de materia prima:** Las fuentes de extracción y obtención de la construcción convencional son múltiples y algunas de estas afectan aspectos ambientales debido a la excavación y emisiones de gases en los procesos de manufactura de estos, entre otros; en comparación con la guadua, el material base es la planta, la cual sí es obtenida a partir de los productores de este material vegetal con el debido cumplimiento de las normas de aprovechamiento forestal que rigen en nuestro territorio.
- **Durabilidad y resistencia del sistema:** La guadua cumple y está contenida dentro de las normas de construcción NCR-10. Las construcciones en este material son altamente sismorresistentes, e igualmente representan menos peligro al ser livianas y tener características de baja inflamabilidad.
- **Adaptación y diseño con el entorno:** Al ser un material de construcción liviano por medio de los sistemas de anclaje de paneles, permite que se realicen diseños tanto a baja escala como en gran formato y que se puedan adaptar de manera fácil y eficiente a los terrenos y espacios, según los diseños arquitectónicos y mobiliarios del usuario.

Conclusiones

El mundo y nuestro país deben propender a la implementación de hogares amigables al entorno, no solo por la afectación de los materiales de construcción convencionales (arena, grava, cemento, entre otros), sino por la sostenibilidad de la vivienda en cuanto a temas de transporte al lugar de construcción del material y su disposición final.

Son muchos los elementos y materiales utilizados en la actualidad como formas y materias primas en la construcción de vivienda, pero es realmente la cultura

sostenible y ambiental del usuario final la que regula los mercados.

Dentro de las recomendaciones a tener en cuenta se debe generar un programa de divulgación social y académica de este tipo de sistemas mobiliarios, para que las comunidades puedan acceder a una vivienda digna sin afectar el medio ambiente, mitigando el impacto de la industria en la construcción convencional y su explotación de recursos a veces “indiscriminada” y sin manera de cultivar o generar dichos materiales a voluntad.

Agradecimientos

Agradecimientos al arquitecto Fabian Martínez y su empresa Muiskey en la toma de datos y los espacios brindados para la validación y entrevistas realizadas.

Referencias bibliográficas

- Bongiovanni, Beatrice (2007). Artículo Lifegate. Disponible en: www.ecosofia.org/2007/03/la_arquitectura_ecologica_10_principios.html
- Buiny (2008). *Bufete de Ingeniería de Yucatán*. (s.d.).
- Canter, Larry (1998). *Manual de evaluación de impacto ambiental*. Mc Graw Hill: Madrid.
- CENAC (2012). *Contexto Sectorial*. Obtenido de Ibagué-Tolima.
- Cerec (2006). “La gallina de los huevos de oro”. Grupo editorial 87: Bogotá, 1998. - Echarri Prim, Luis. *Ciclos de los elementos en los ecosistemas*. España.
- Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (1987). *Nuestro futuro común*. Oxford University Press: Londres.
- Conesa, Vicente (1997). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa: Madrid.
- Corporación Autónoma Regional del Quindío (2009). *Guía del usuario*. (s.d.).
- DANE (2012). *Vivienda vis y no-vis*. Bogotá.
- Daniel, T.; Helms, J.; y Backer, F. (1982). *Principios de silvicultura*. Mc Graw Hill: México - Departamento Administrativo de Planeación Distrital (DAPD).
- Departamento Nacional de Planeación (DNP) (2004-2007). *Planificación. Base de gestión municipal*. Bogotá.
- Domínguez, Gerardo (200\$). *Formulación y evaluación de proyectos sociales*. Biblioteca Jurídica Dike: Medellín. Ecofondo.
- García, J. A. (2014). *Crecimiento económico y empleo en Ibagué*. Obtenido de “Documentos de trabajo sobre economía regional”: http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/dtser_210.pdf
- Guhl, Ernesto et al. (1998). *Guía para la gestión ambiental regional y local*. Fonade: Bogotá. Ingeniería Ambiental Universidad Distrital. Documento Soporte.
- Ibagué, A. D. (2016). Alcaldía de Ibagué. Obtenido de: <http://www.alcaldiadeibague.gov.co/portal/seccion/noticias/index.php?idnt=1644>
- Julca-Otiniano, A.; Meneses-Florián, L.; Blas-Sevillano, R.; y Bello-Amez, S. (2006). “La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura”. *Idesia* (Arica), 24(1): 49-61.
- Londoño, Ximena (2011). “El bambú en Colombia”. *Biotecnología Vegetal*. 11(3).
- Ministerio del Medio Ambiente (2002). *Manual de Evaluación de Estudios Ambientales*. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial e IDEAM (s.f.). *Sistema de Información Ambiental de Colombia*. (s.d.).
- Sampieri, R.; Fernández, C.; y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5ta. ed.). D.F., México: McGraw Hill.

Sostenible, C. C. (2014). Construcción Sostenible. Obtenido de: <http://www.cccs.org.co/construccion-sostenible/certificacion-de-edificaciones>.

VIP, A. G. (2016). Alcaldía de Ibagué. Obtenido de: <http://www.alcaldiadeibague.gov.co/portal/seccion/noticias/index.php?idnt=1089> Canter, Larry. (1998).

Utria, Rubén Darío (2001). "La dimensión ambiental del desarrollo". UJTL: Bogotá. 1986. - Vásquez, Guadalupe. *Ecología y formación ambiental*. McGraw Hill. México.

(s.n.). (2002). Solicitud Registro Calificado. Bogotá.

(s.n.). (2000). Plan de Ordenamiento Territorial. Bogotá.



EL CUENTO DE “LA ANGOSTURA”

DOI: <https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.11>

... Aún queda una venta

Creer que todo está perdido es una manera sencilla de convencerse de que no hay nada más por hacer, de que absolutamente todo ha llegado a su fin. Esta generación a diario genera un sinfín de datos estadísticos, en torno a la lectura y la escritura, que ante los ojos de algunos formadores resultan desesperanzadores; para nosotros, por el contrario, son una suerte de búsqueda, de reto, una forma de reinención pedagógica que busca por todos los medios “seducir” y potenciar el deseo por el aprendizaje y la academia. Analicemos: la Encuesta Nacional de Lectura presentada por el Ministerio de Cultura (año 2017) devela que el promedio de libros leídos por personas mayores de 5 años trasluce un total nacional de 5.1% en las cabeceras municipales. Esa variable aumenta en los centros poblados con un 5,4% y decrece en las zonas rurales hasta llegar a un 4,2%. En total en las 32 ciudades capitales del país el número está situado en 5,8%. Un dato alentador si se tiene en cuenta el 1,9% sostenido durante la vigencia del año 2012. En términos de escritura la encuesta reveló que en el territorio nacional el 34,6% de las personas de 12 años y más, escribió documentos de trabajo, el 29,0% escribió documentos académicos y el 10,9% escribió literatura, poesía, cuentos y novelas.

Sería arriesgado afirmarlo pero tal vez estas cifras de características bajas responden a la falta de estrategias dinamizadoras usadas por los docentes en sus

procesos de enseñanza que potencien el lenguaje, la escritura y la lectura. En ese sentido, el Centro de Formación Agroindustrial La Angostura (SENA), en compañía del grupo de investigación SENNOVA, lanzó dentro de sus actividades el primer concurso de micro-relato titulado “La Angostura en 100 palabras”. Una estrategia que busca desde la sintetización reconciliar al hombre con el lenguaje, la creatividad y su opción de narrarlo todo.

Un número importante de aprendices se dieron a la tarea de componer textos que desde su imaginario cuentan de una u otra forma parte de su historia en el Centro de Formación; sus vivencias, sus percepciones, sus miedos, sus alegrías. El resultado: 6 relatos publicados en la revista de investigación SENNOVA. Un hecho que además de avivar el deseo de los aprendices por ESCRIBIR reconoce y prioriza la literatura como un escenario esencial en los procesos de formación. Está claro que la filosofía de la entidad más querida por todos los colombianos es formar para el trabajo; sin embargo, el eje de la integralidad replica y asume el compromiso del SENA por seguir construyendo país, por darle oportunidades reales a los ciudadanos, por formar en pro de la humanidad.

Vanessa Yara Cortés

Juan Guillermo Silva

Instructores Comunicaciones y Lingüística

Un girasol enamorado

Un día noté que en el jardín había un girasol que buscaba ansiosamente al sol, entonces me acerqué y le pregunté:

—¿Por qué buscas al sol?

Él me respondió:

—Estoy enamorado de aquella estrella.

... Me reí y en tono burlón añadí:

—¿Por qué estar enamorado de algo tan lejano?

—¿Sabes?... a esa estrella nadie se le puede acercar, incluso quema, pareciera que no encaja con nada ni nadie pero siempre brilla y está para nosotros... es incondicional. Yo solo quiero eso, atención.

Me quedé en silencio, suspiré y recibí su calor.

Carolina Rayo Oliveros
Técnica en Servicios de Barismo

Un lugar para la rebelión

El día que conocí este lugar sentí que mis expectativas se habían ahogado. La soledad, el empezar de nuevo, creer una vez más en el proceso... Yo estaba acostumbrado al sabor del café, a las ideas de la madrugada y al olor de la yerba húmeda. Pero hay magia aquí, a los pocos días aparecen las genialidades y comprendo que mi propósito va mucho más allá. Me transformo y me siento diferente, una suerte de genio... vivo en medio de la fuerza natural, me conecto con la tierra... siento que ahora mismo la entiendo.

Andres Felipe Galvis D.
Análisis y desarrollo de sistemas de información ADSI

NORMAS PARA PRESENTACIÓN DE DOCUMENTOS

Características de los documentos

Los documentos sometidos a publicación en la revista, deben animar a los lectores de la comunidad académica, científica, del sector productivo y comunidad educativa del SENA sobre los temas expuestos, así como realizar una contribución en los avances del conocimiento científico y técnico, para aportar a la circulación y apropiación social del conocimiento.

Tipos de documentos

- **Artículo de investigación científica y tecnológica:** Documentos que presentan de manera detallada resultados originales de investigación científica, con una contribución original al conocimiento en alguno de las áreas de interés de la revista. El documento debe contener literatura actual y un análisis estadístico de los datos. La extensión del artículo debe ser máximo de 10 hojas, incluida la bibliografía o 6000 palabras, incluyendo título, resumen (hasta 300 palabras), abstract, palabras clave, introducción, materiales y métodos, resultados, discusión y con máximo 30 referencias bibliográfica actualizadas.
- **Artículo de reflexión:** Documentos que presentan resultados de investigaciones finalizadas,

desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.

- **Artículo de revisión:** Documento resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracterizan por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica, la cual debe contener **mínimo 50 citas bibliográficas actualizadas**.
- **Artículo de revisión:** Documento breve que presenta resultados originales parciales de una investigación científica o tecnológica.
- **Artículo de Divulgación.** Documento escrito bajo las normas de divulgación, para públicos no expertos que desean “entretenerse”, aprender “sin sufrir”.
- **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 o área de interés. Incluye una revisión sistemática comentada de la literatura sobre casos análogos.

Preparación y formato del documento:

Los documentos deben estar ajustados a las siguientes especificaciones de formato:

- **Fuente:** Roboto-Light, 14 para títulos, 12 para texto
Tamaño de papel carta (21.5 x 27.9 cm) y márgenes de 2.5 cm.
- Doble espacio a través de todo el texto (incluyendo tablas y figuras).
- **Palabras clave:** Máximo cinco palabras que deben estar en los descriptores del Tesauro AGROVOC (<http://aims.fao.org/es/agrovoc>) o la Real Academia Española (RAE), debe ir en orden alfabético.
- **Key Word:** Deben ser las mismas traducidas al idioma inglés.
- **Tabla y Figura (solo usar los dos términos).** Presentar las figuras (fotos, mapas, gráficos, esquemas) en plancha, tratando de economizar el mayor espacio posible, deben ser de 400 a 1000 kb y ajustarse a 6x10 cm en formato pg., además deben ser enviadas como archivo adjunto. Los títulos de las tablas no deberán exceder las 15 palabras y deberá estar centrado y en la parte
- Los documentos donde se usen unidades deben estar según el sistema métrico internacional, así como sus abreviaturas y no usar puntos después de estas. Los decimales serán señalados con coma (,) y no con puntos, y los miles y millares con punto. Todos los nombres científicos deberán estar escritos en letra cursiva.

Cuerpo del documento articulos de investigacion

- **El título.** Debe ser breve y contener **máximo 18 palabras** que suministren suficiente información al lector. Debe ser escrito en minúsculas y sólo las primeras letras o los nombres propios en mayúscula. No debe contener términos que necesiten aclaración, abreviaturas y fórmulas. Debe incluir el nombre científico de la especie.
- **Afiliaciones.** En la lista de autores se deben incluir los nombres y apellidos completos de cada investigador. Se señala la afiliación de los autores en el siguiente orden: Universidad- Sede - Facultad o Instituto - Regional- Centro de Formación - Grupo de investigación o Laboratorio - Dirección, Ciudad. Código Postal (de acuerdo con la empresa de Correos de Colombia 4-72) - País y Correo electrónico, indicando el autor que mantendrá correspondencia o al cual se le pueda contactar. **Evite usar títulos académicos o posiciones institucionales.**
- **Resumen:** De manera corta debe recopilar el objetivo, método y resultados más significativos del trabajo, en lo posible con términos cuantitativos. **No citar referencias bibliográficas.** Se aceptan máximo 250 caracteres. El texto debe incluir la versión del resumen en inglés (abstracto), **no usar traductores de páginas web.**
- **Introducción:** Debe Presenta el tema a tratar en el artículo, debe responder a la pregunta del **Por qué, el para qué y el cómo se ha realizado el estudio.** En este aparte se presenta la

flexibilidad y variedad temática, de igual manera parte de un análisis descriptivo sobre temas históricos, teóricos, científicos, políticos, culturales, económicos y sociales de actualidad. Debe iniciar con el conocimiento actual del tema y termina con los objetivos de la investigación. Lo que se pretende es que el articulista describe los acontecimientos más o menos actuales.

- **Materiales y métodos:** Incluir el lugar donde se desarrolló la investigación (**solo para artículos de investigación, reportes de caso**); debe responder la pregunta ¿cómo se estudia esa pregunta de investigación?; incluir la información que estaba disponible en el momento en que se escribió la metodología, describir: muestras u objetos de estudios, procedencia, técnicas o métodos desarrollados, análisis estadísticos si los hay.
- **Resultados y Discusión:** Deben responder a los objetivos planteados y la pregunta ¿Cuáles son las implicaciones de los resultados que se obtuvieron?; y los resultados obtenidos en la fase experimental y responder a la pregunta ¿qué se encontró? La discusión debe comparar los resultados obtenidos con otros previos o se analizan de acuerdo a los resultados esperados. Además de contextualiza la importancia de los resultados, así como sus implicaciones e investigaciones futuras, que pueden derivar de este trabajo.
- **Agradecimientos:** Personas o instituciones que apoyaron de diversas formas el trabajo de investigación y/o de redacción.

Cuerpo de otros tipos de documentos

Los documentos descritos anteriormente que no corresponden a artículo de investigación deben ser cortos, breves. Deben contener las mismas partes del artículo de investigación a excepción de materiales y métodos, para los reportes de caso pueden describir las experiencias técnicas y metodológicas en un caso partícula. No superar las 8 páginas incluida la bibliografía.

- **Literatura citada:** Debe ir en orden alfabético y sin numeración alguna. Recuerde usar el estilo de la **American Psychological Association (APA) sexta edición**, los artículos que reportan unidades deben adoptar el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Recepción de documentos

El documento en el formato indicado, junto con las imágenes, fotos, diagramas, mapas o dibujos que son consideradas figuras y deberán estar en formato JPG, PDF o TIFF, al e-mail, deben ser enviadas al correo revistaagropecuariaangostura@gmail.com, en los plazos establecidos.

Según un informe reciente de la FAO contenido en el Mapa de Hambre del año 2019, cerca de 821 millones de personas están subalimentadas en el mundo; el efecto de esta degradación en la provisión de alimentos de calidad se sustenta en el poco crecimiento de la economía global, los diferentes conflictos que generan las migraciones masivas y el acelerado cambio climático. El aumento de la temperatura en el globo terráqueo afecta la productividad agrícola, la generación de alimentos y los recursos naturales.

Estas condiciones, que revisten gravedad para la convivencia armónica del planeta, hacen que la seguridad alimentaria se erija en el centro de atención de la agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Bien sea para poner fin a la pobreza y el hambre, para responder al cambio climático o para conservar nuestros recursos naturales, el reto es la inclusión de la juventud como agente generacional que promueva el uso de la tecnología, la innovación, la investigación, la asociatividad y el emprendimiento, con responsabilidad y visión de futuro.

En el SENA, y específicamente en el Centro de Formación Agroindustrial “La Angostura”, se gestiona conocimiento a partir de la formación, la sistematización y el análisis de experiencias de proyectos de desarrollo rural y la investigación aplicada con un enfoque de apropiación tecnológica en los territorios. Se ha orientado el foco de esfuerzos a la búsqueda de soluciones innovadoras para la mitigación de la pobreza rural y la cualificación del talento humano como herramienta para el estímulo de la productividad y la competitividad. La convergencia de estos componentes ha impactado en la generación de ingresos y más empleos, validando la pertinencia y el acierto de nuestra labor institucional.



**Centro de Formación
Agroindustrial La Angostura**