

ISBN (Versión digital): 978-628-95471-3-9

DOI: 10.58690/Ciidies.CTi_ID.v4.00.1-241

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Volumen IV

Colección: Ciencia, Tecnología e Innovación

Compiladores:

Ubeimar Aurelio Osorio Atehortúa

Mónica Eliana Aristizábal Velásquez



Compilación de capítulos
resultado de investigación

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Volumen IV

Colección: Ciencia, Tecnología e Innovación

Compiladores:

Ubeimar Aurelio Osorio Atehortúa

Mónica Eliana Aristizábal Velásquez

Compilación de capítulos
resultado de investigación



Corporación Internacional de Investigación y Desarrollo
en Innovación, Emprendedurismo y Sostenibilidad

Este libro de compilación de capítulos resultado de investigación se compone en su totalidad por capítulos que son producto de investigaciones finalizadas, desarrolladas por sus respectivos autores. Los capítulos incluidos fueron arbitrados bajo el sistema doble ciego por expertos externos en el área, bajo la supervisión del Grupo de Investigación Ciidies, Colombia. Los planteamientos y argumentaciones presentadas en los capítulos del libro Investigación y Desarrollo vol. IV, de la Colección Ciencia, Tecnología e Innovación, son responsabilidad única y exclusiva de sus autores, por lo tanto, los compiladores, la Corporación Internacional de Investigación y Desarrollo en Innovación, Emprendedurismo y Sostenibilidad CIIDIES, las redes, grupos de investigación e instituciones que respaldan la obra actúan como un tercero de buena fe.

© Corporación Internacional de Investigación y Desarrollo en Innovación, Emprendedurismo y Sostenibilidad CIIDIES. Calle 7 N°80 75 Int. 2603.

Medellín, Antioquia, Colombia. Tel: (57) 300 400 27 28

www.ciidies.org - fondoeditorial@ciidies.org

Colección: Ciencia, Tecnología e Innovación.

ISBN (Versión digital): 978-628-95471-3-9

DOI: https://doi.org/10.58690/Ciidies.CTi_ID.v4.00.1-241

Depósito Legal: Realizado el Depósito Legal Digital ante la Biblioteca Nacional de Colombia, Código:

Fecha de edición: 02/07/2024

Compiladores:

Ubeimar Aurelio Osorio Atehortúa
Mónica Eliana Aristizábal Velásquez

Autores:

Darío José Doria Durango
Jennifer Lafont Mendoza
Amelia Espitia Arrieta
Kathya Jemio Arnez
Doris Elena Salazar Hernández
José de Jesús Herrera Ospina
María Elena Dávila Díaz
Angie Marlene Garvich Ormeño
Carlos Gerardo Enríquez Ordóñez
Nubia del Rosario González Martínez
Denia Padilla Izquierdo

Alvaro Hugo Gómez Rosero
Lida María Torres Arteaga
Ubeimar Aurelio Osorio Atehortúa
Mónica Eliana Aristizábal Velásquez
María Teresa Cala Díaz
Leidy Carolina Bueno Rivera

Corrección de Estilo:
Fondo Editorial Ciidies

Directores de la colección:
Ubeimar Aurelio Osorio Atehortúa
Mónica Eliana Aristizábal Velásquez

Diagramación, diseño y edición:
Fondo Editorial Ciidies

Jefe Fondo Editorial:
Mauricio Alejandro Bedoya Jiménez

Evaluación de contenido:
Esta obra ha sido aprobada por el Consejo Editorial del Fondo Editorial Ciidies y editada bajo procedimientos que garantizan su normalización.

Hecho en Colombia / Made in Colombia

Publicación financiada en su totalidad por la Corporación Internacional de Investigación y Desarrollo en Innovación, Emprendedurismo y Sostenibilidad - CIIDIES.

La convocatoria para esta compilación fue apoyada por la Red Internacional de Innovación, Solidaridad y Sostenibilidad - RIISS y el Grupo de Investigación Ciidies.

Los autores son moral y legalmente responsables de la información expresada en este libro, así como del respeto a los derechos de autor; por lo tanto, no comprometen en ningún sentido a la Corporación Internacional de Investigación y Desarrollo en Innovación, Emprendedurismo y Sostenibilidad – CIIDIES.

Declaración conflictos de interés: los autores de esta publicación declaran la inexistencia de conflictos de interés de cualquier índole con instituciones o asociaciones comerciales.

CATALOGACIÓN DE LA FUENTE

Catalogación en la publicación – Biblioteca Nacional de Colombia

Doria Durango, Darío José, autor

Investigación y desarrollo. Vol. IV / autores, Darío José Doria Durango [y otros dieciséis]; compiladores, Ubeimar Aurelio Osorio Atehortúa, Mónica Eliana Aristizábal Velásquez. -- [Colombia]: Ciidies, 2024.

1 recurso en línea: archivo de texto: PDF. -- (Ciencia, tecnología e innovación)

Incluye referencias bibliográficas al final de cada capítulo.

ISBN 978-628-95471-3-9 (digital)

1. Investigación científica 2. Educación superior - Investigaciones 3. Innovación social - Investigaciones I. Osorio Atehortúa, Ubeimar Aurelio, autor, compilador II. Aristizábal Velásquez, Mónica Eliana, autora, compiladora III. Lafont Mendoza, Jennifer, autora IV. Espitia Arrieta, Amelia, autora V. Jemio Arnez, Kathya, autora VI. Salazar Hernández, Doris Elena, autora VII. Herrera Ospina, José de Jesús, autor VIII. Dávila Díaz, María Elena, autora IX. Garvich Ormeño, Angie Marlene, autora

CDD: 001.4 ed. 23

CO-BoBN- 00394

Disponible en:

<https://www.ciidies.org/publicaciones/>

<https://www.riiss-global.org/biblioteca-virtual/>

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=979859>

https://scholar.google.com/citations?hl=es&user=b_bSSDsAAAAJ&view_op=list_works&authuser=3

Página Legal, identifica la propiedad intelectual de la obra, esto es: derechos patrimoniales, morales, licencias y responsabilidades. Las publicaciones del Fondo Editorial están protegidas por las leyes de derechos de autor (*copyright*, en su denominación anglosajona) y por los términos y condiciones de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Sin Derivar 4.0 Internacional; los permisos que van más allá de lo cubierto por esta licencia deben solicitarse a la Corporación Internacional de Investigación y Desarrollo en Innovación, Emprendedurismo y Sostenibilidad - CIIDIES.



Signatory of



ÍNDICE

| | |
|--|------------|
| INTRODUCCIÓN | 7 |
| CAPÍTULO I - COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CALIDAD NUTRICIONAL DEL FRUTO, SEMILLA Y ACEITE DE SAMANEA SAMAN | 9 |
| CAPÍTULO II - METÁFORAS DE LA PANDEMIA COVID 19: "APRENDER SOBRE LA MARCHA" Y OTRAS | 37 |
| CAPÍTULO III - POSIBILIDADES Y LIMITACIONES PARA GENERAR AMBIENTES AFECTIVOS E INCLUSIVOS EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR | 70 |
| CAPÍTULO IV - ANÁLISIS DEL POTENCIAL TURÍSTICO DE LOS MUNICIPIOS DE CUMBAL, CARLOSAMA, PUERRES Y FUNES EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO | 91 |
| CAPÍTULO V - BIODIÉSEL: UNA OPCIÓN DE ENERGÍA LIMPIA EN CONCORDANCIA CON EL SÉPTIMO OBJETIVO DE DESARROLLO SOSTENIBLE | 122 |
| CAPÍTULO VI - UNA APROXIMACIÓN A LAS INTERACCIONES INTERRUMPIDAS POR LA PANDEMIA DEL COVID-19 | 157 |
| CAPÍTULO VII - RUTAS DE ATENCIÓN A POBLACIÓN MIGRANTE VENEZOLANA, EN LAS FRONTERAS DE ECUADOR, PERÚ Y COLOMBIA .. | 187 |
| CAPÍTULO VIII - INICIATIVAS DE INNOVACIÓN SOCIAL EN UNA UNIVERSIDAD COLOMBIANA | 203 |
| CAPÍTULO XI - TENDENCIAS DE LAS PROFESIONES DEL ÁREA ECONÓMICO-ADMINISTRATIVA EN UNISANGIL | 224 |

INTRODUCCIÓN

Como compiladores de obras científicas, nos complace presentar el volumen 4 de la colección Ciencia, Tecnología e Innovación del Fondo Editorial CIIDIES. Este libro, titulado Investigación y Desarrollo, constituye un testimonio del trabajo interdisciplinario y en red realizado por la Corporación Internacional CIIDIES y la Red RIIS en el marco del Congreso Internacional "Educación Superior para la Sostenibilidad", celebrado en Medellín, Colombia, en 2024.

La presente compilación recoge los resultados de investigaciones concluidas a nivel nacional e internacional, estructuradas en cuatro ejes temáticos: Educación Superior para el Bienestar, para el Desarrollo, para la Coexistencia y para la Cohesión. Estos aportes abordan de manera integral temas clave como la educación superior, la innovación social y su articulación con diversas áreas del conocimiento. Además, destacan las estrategias implementadas por las instituciones de educación superior para fomentar el bienestar, el desarrollo, la coexistencia y la cohesión, tanto desde una perspectiva académica como social.

El volumen está compuesto por nueve capítulos que exploran una amplia gama de temas relacionados con la investigación, el desarrollo y la innovación, todos ellos con un enfoque en la educación superior. En el primer capítulo, titulado Composición química y calidad nutricional del fruto, semilla y aceite de *Samanea saman*, se analiza la potencialidad de esta especie en términos de su valor nutricional y aplicaciones prácticas. El capítulo 2, Metáforas de la pandemia Covid-19: "aprender sobre la marcha" y otras, examina el uso de metáforas como herramientas cognitivas para comprender las experiencias de la pandemia.

El tercer capítulo, Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos, presenta el trabajo de la Red RIESC CADEP ACACIA, que opera en Colombia, Chile, Nicaragua y Perú, con propuestas innovadoras para atender a poblaciones vulnerables. Por su parte, el capítulo 4, Análisis del potencial turístico de los municipios de Cumbal, Carlosama, Puerres y Funes en el departamento de Nariño, evalúa los recursos turísticos y las capacidades de desarrollo en esta región de Colombia.

En el quinto capítulo, Biodiésel: una opción de energía limpia en concordancia con el séptimo objetivo de desarrollo sostenible, se analiza la producción de biodiésel mediante transesterificación, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. El capítulo 6, Una aproximación a las interacciones interrumpidas por la pandemia del Covid-19, profundiza en las dinámicas de colaboración mediadas por la tecnología durante la crisis sanitaria.

El capítulo 7, Rutas de atención a población migrante venezolana en las fronteras de Ecuador, Perú y Colombia, aborda los esquemas de regulación y las estrategias de atención a migrantes en estos países. En el capítulo 8, Innovación social, componente orgánico en la Universidad Católica Luis Amigó, se presentan los avances en proyectos de innovación social desarrollados desde 2017 por esta universidad. Finalmente, el capítulo 9, Tendencias de las profesiones del área económico-administrativa en UNISANGIL, explora los cambios y proyecciones en este campo profesional.

En conjunto, los capítulos ofrecen una visión actualizada de los desafíos y oportunidades que enfrenta la educación superior en su relación con la investigación y la innovación. Las contribuciones de los autores, provenientes de diversas universidades e instituciones de investigación de América Latina, enriquecen el debate sobre estos temas cruciales para el desarrollo educativo y social.

Este libro está dirigido a investigadores, docentes, estudiantes y profesionales interesados en mantenerse al día con los últimos avances en el ámbito de la educación superior, la investigación y la innovación. Sus contenidos constituyen un valioso aporte al conocimiento científico y una fuente de inspiración para futuras investigaciones. Estamos seguros de que esta obra será una herramienta indispensable para aquellos comprometidos con el progreso académico y social.

CAPÍTULO I

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CALIDAD NUTRICIONAL DEL FRUTO, SEMILLA Y ACEITE DE SAMANEA SAMAN

Darío José Doria Durango

Químico, Universidad de Córdoba. ORCID 0009-0002-5147-4647.

ddoriadurango@correo.unicordoba.edu.co

Jennifer Lafont Mendoza

Doctora en Ciencias Mención Gerencia, Docente Titular de Tiempo Completo
Universidad de Córdoba. ORCID 0000-0001-8862-2442.

jenniferlafont@correo.unicordoba.edu.co

Amelia Espitia Arrieta

Magíster en Ciencias Químicas, Docente catedrática Universidad de Córdoba.

ORCID 0000-0002-3397-6662. ameliaespitia@correo.unicordoba.edu.co

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue analizar la composición química y calidad nutricional del fruto, semilla y aceite de *Samanea saman* en la búsqueda de usos potenciales; la metodología empleada tuvo un enfoque cualitativo de tipo descriptivo, con diseño documental, basada en autores como Boppena et al., 2023; Amankwah et al., 2022; Uzoukwu et al., 2022; Sekhar et al., 2021; He et al., 2021; Mantilla-León y Jara, 2019; para ello se exploraron bases de datos, como Sciencedirect, Scielo, Scopus, Redalyc, Google Scholar, principalmente. La composición nutricional del fruto evidenció altos porcentajes de proteínas, grasa, carbohidratos, y minerales; las semillas presentaron altos porcentajes de carbohidratos, proteínas y un cerca de un 11% de aceite, conformado por el 60% de ácidos grasos insaturados y cerca del 40% saturados. El fruto, semillas y aceite de *Samanea saman* son una valiosa fuente de energía y de nutrientes esenciales, aprovechables en la alimentación animal.

PALABRAS CLAVE: *Samanea saman*, Semillas, Aceite, Composición química, Calidad nutricional.

ABSTRACT

The objective of this research was to analyze the chemical composition and nutritional quality of the fruit, seed and oil of *Samanea saman* in the search for potential uses; The methodology used had a qualitative descriptive approach, with a documentary design, based on authors such as Boppena et al., 2023; Amankwah et al., 2022; Uzoukwu et al., 2022; Sekhar et al., 2021; He et al., 2021; Mantilla-León y Jara, 2019; For this purpose, databases were explored, such as Sciencedirect, Scielo, Scopus, Redalyc, and Google Scholar, mainly. The nutritional composition of the fruit showed high percentages of proteins, fat, carbohydrates, and minerals; The seeds presented high percentages of carbohydrates, proteins and about 11% oil, made up of 60% unsaturated fatty acids and about 40% saturated. The fruit, seeds and oil of *Samanea saman* are a valuable source of energy and essential nutrients, usable in animal feed.

KEYWORDS: *Samanea saman*, Seeds, Oil, Chemical composition, Nutritional quality.

1. INTRODUCCIÓN

Samanea saman, es un árbol perteneciente a la familia Fabaceae o leguminosa, de orden Fabales, comúnmente conocido como árbol de lluvia, campano, algarrobo del país, algarrobo, samán, carreto, carreto negro, tamarindo, cenízaro, couji, cenícero, urero, delmonte, dormilón, genízaro (Staples & Elevitch, 2006). Es originario de Centro y Suramérica, pero también, se encuentra ampliamente distribuido en Asia, África, América del norte y el Caribe (Anjali et al., 2018). Gran parte de este árbol suele ser ampliamente utilizado; por ejemplo, su madera para la elaboración de muebles, por ser duradera, de producción sostenible y ecológica; sus hojas son popularmente utilizadas para aliviar el dolor en los dientes y el estreñimiento; así como la infusión de la corteza para combatir

la diarrea (Staples & Elevitch, 2006). Las vainas frescas (fruto) de *Samanea saman* y sus semillas son buena fuente de proteínas, fibra y carbohidratos; por lo que se suelen usar en la alimentación animal como una valiosa fuente nutricional, con la finalidad de mejorar la calidad de la dieta de los animales y posiblemente, de los seres humanos; (Uzoukwu et al., 2022); la pulpa de estos frutos es dulce, de color café muy oscuro, olor agradable y de alta calidad nutritiva que los hace deseados por los animales (Barcelo & Barcelo, 2012). Las semillas encontradas en el interior del fruto de *Samanea Saman* contienen aproximadamente un 11.15% de aceite (Sekhar et al., 2021); este presenta un alto contenido de ácidos grasos tanto saturados como insaturados, siendo los ácidos linoleico y oleico los más predominantes (Rath et al., 2017); cabe resaltar que es un aceite rico en proteínas, lo que sugiere su potencial uso como complemento alimenticio en pequeñas cantidades, sin embargo se considera popularmente no comestible (Boppena et al., 2023). La falta de conocimientos sobre el potencial nutricional del fruto y semillas de este árbol los hace poco atractivos y que sean desaprovechados, por tal motivo caen espontáneamente en potreros, jardines y carreteras donde se deterioran, convirtiéndose en desperdicio. En este sentido, el objetivo principal de esta investigación fue analizar la composición química y calidad nutricional del fruto, semilla y aceite de *Samanea saman* en la búsqueda de usos potenciales.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Composición Química de Frutos, Semillas y Aceites

La composición química de los frutos, semillas y aceites es un aspecto fundamental que determina su valor nutricional y sus aplicaciones industriales y alimentarias. Estos componentes incluyen macronutrientes como carbohidratos, proteínas y lípidos, así como micronutrientes esenciales como vitaminas, minerales y antioxidantes.

Carbohidratos: en los frutos están predominantemente en forma de azúcares simples como la glucosa, fructosa y sacarosa, que son fuentes de energía rápida para el cuerpo humano (Plaza – Díaz, Martínez y Gil, 2013). La fibra dietética, tanto soluble como insoluble, también es una parte importante de los frutos. La fibra soluble, como las

pectinas, puede ayudar a reducir los niveles de colesterol en sangre, mientras que la fibra insoluble, como la celulosa, mejora la función digestiva y previene el estreñimiento (Chamorro & Mamani, 2010).

Proteínas: las semillas son una fuente rica de proteínas de alta calidad, que contienen todos los aminoácidos esenciales necesarios para la síntesis proteica y el mantenimiento de los tejidos corporales (Sun, 2011). Las proteínas de las semillas, como las presentes en la soja y la quinoa, son comparables a las de origen animal en términos de valor biológico y biodisponibilidad; estas proteínas también juegan un papel crucial en la regulación de diversas funciones metabólicas y en el desarrollo y reparación muscular (Jäger, 2017).

Lípidos: los aceites derivados de frutos y semillas son principalmente compuestos de lípidos, incluyendo ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados. Los ácidos grasos monoinsaturados, como el ácido oleico presente en el aceite de oliva, son conocidos por sus beneficios para la salud cardiovascular, incluyendo la reducción del colesterol LDL y el aumento del colesterol HDL (Schwingshackl & Hoffmann, 2012). Los ácidos grasos poliinsaturados, como los omega-3 y omega-6, son esenciales para la función cerebral y la salud cardiovascular. Estos ácidos grasos también tienen propiedades antiinflamatorias y pueden ayudar a reducir el riesgo de enfermedades crónicas (Calder, 2017).

Vitaminas: los frutos y semillas son fuentes importantes de vitaminas. Por ejemplo, la vitamina C, abundante en cítricos y bayas, actúa como un antioxidante que protege las células del daño oxidativo y es esencial para la síntesis de colágeno y la reparación de tejidos (Carr & Maggini, 2017). Las vitaminas del complejo B, presentes en muchas semillas, son cruciales para el metabolismo energético y la función del sistema nervioso (Kennedy, 2016). La vitamina E, que se encuentra en aceites como el de girasol y el de almendra, actúa como un potente antioxidante que protege las membranas celulares del daño oxidativo (Traber & Stevens, 2011).

Minerales: los minerales presentes en los frutos y semillas, como el potasio, magnesio, zinc y hierro, son esenciales para diversas funciones fisiológicas. El potasio ayuda a regular el balance de líquidos y la función muscular, mientras que el magnesio es vital para la función neuromuscular y la síntesis de proteínas (Rosanoff et al., 2012). El zinc y

el hierro son importantes para la función inmunológica y la producción de hemoglobina, respectivamente (Prasad, 2013).

Antioxidantes: los compuestos antioxidantes, como los polifenoles y flavonoides presentes en los frutos y semillas, ofrecen protección contra el daño oxidativo y pueden reducir el riesgo de enfermedades crónicas, incluyendo enfermedades cardiovasculares y cáncer (Castillo, Hernández & Lares, 2017). Estos compuestos bioactivos también tienen propiedades antiinflamatorias y pueden mejorar la salud general del sistema inmunológico (Pérez-Jiménez et al., 2010).

2.2 Calidad Nutricional de Frutos, Semillas y Aceites

La calidad nutricional de frutos, semillas y aceites se refiere al valor que estos alimentos proporcionan en términos de aporte de nutrientes esenciales para la salud humana. La evaluación de esta calidad incluye no solo la cantidad de nutrientes presentes, sino también su biodisponibilidad, la presencia de compuestos bioactivos y la ausencia de sustancias nocivas.

Frutos: son reconocidos por su alta densidad de nutrientes y bajo contenido calórico. Los frutos frescos son una fuente excelente de vitaminas, minerales, fibra dietética y antioxidantes. La vitamina C, presente en altas concentraciones en cítricos y bayas, es fundamental para la función inmunológica y la síntesis de colágeno (Carr & Maggini, 2017). Los polifenoles y flavonoides en frutos como las manzanas y las uvas tienen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, ayudando a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y cáncer (Liu, 2003). La fibra dietética contribuye a la salud digestiva y puede ayudar a regular los niveles de glucosa en sangre, lo cual es beneficioso para la prevención de diabetes tipo 2 (Slavin, 2013).

Semillas: son apreciadas por su contenido en proteínas de alta calidad, grasas saludables, fibra y micronutrientes. Las proteínas en semillas como la chía, el lino y el cáñamo contienen todos los aminoácidos esenciales, lo que las hace comparables a las proteínas animales (Sun, 2011). Las semillas oleaginosas, como las de lino y girasol, son especialmente valoradas por su contenido en ácidos grasos omega-3 y omega-6, que son esenciales para la salud cardiovascular y la función cerebral (Estelles et al., 2021). La

fibra presente en las semillas contribuye a la saciedad y puede ayudar en el control del peso (Slavin, 2013).

Aceites: los aceites vegetales, especialmente los extraídos en frío como el aceite de oliva virgen extra, son ricos en ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados. Estos ácidos grasos son beneficiosos para la salud cardiovascular, ayudando a reducir los niveles de colesterol LDL y aumentar el colesterol HDL (Schwingshackl & Hoffmann, 2012). Además, los aceites vegetales contienen vitamina E, un potente antioxidante que protege las células del daño oxidativo (Traber & Stevens, 2011). La calidad nutricional de los aceites también se mide por su contenido en compuestos fenólicos, que tienen propiedades antiinflamatorias y antioxidantes (Gastaldi, 2019).

2.3 Importancia de la Composición Química y Calidad Nutricional según sus Usos Potenciales

La composición química y la calidad nutricional de frutos, semillas y aceites determinan sus múltiples usos potenciales en la industria alimentaria, farmacéutica, cosmética y en la nutrición humana.

Industria Alimentaria: en la industria alimentaria, la composición de los frutos y semillas es crucial para la formulación de productos saludables y funcionales. Los frutos son utilizados en la producción de jugos, mermeladas, y snacks, mientras que las semillas son incorporadas en barras energéticas, cereales y productos de panadería. La calidad nutricional de los aceites es esencial para su uso en la cocina y en la fabricación de productos procesados, donde se valoran por sus beneficios para la salud y su estabilidad oxidativa (Arias et al., 2018).

Nutrición Humana: en términos de nutrición humana, los frutos, semillas y aceites son componentes esenciales de una dieta equilibrada. El consumo regular de frutos está asociado con una mejor salud metabólica y una reducción del riesgo de enfermedades crónicas como la obesidad, la diabetes tipo 2 y las enfermedades cardiovasculares (Micha et al., 2017). Las semillas, con su alto contenido de proteínas y grasas saludables, son una excelente opción para vegetarianos y veganos, proporcionando nutrientes esenciales que pueden faltar en una dieta basada en plantas (Sun, 2011). Los aceites, particularmente los

ricos en ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, juegan un papel crucial en la dieta mediterránea, conocida por sus beneficios para la salud cardiovascular (Schwingshackl & Hoffmann, 2012).

Farmacéutica y Cosmética: en la industria farmacéutica, los extractos de frutos y semillas se utilizan por sus propiedades terapéuticas. Por ejemplo, el extracto de semilla de uva es conocido por sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias (Ordoñez et al., 2019). En cosmética, los aceites vegetales son valorados por sus propiedades hidratantes y antioxidantes, que benefician la salud de la piel y el cabello. El aceite de jojoba y el aceite de argán son ejemplos de aceites ampliamente utilizados en productos para el cuidado de la piel y el cabello debido a sus propiedades nutritivas y protectoras (Dweck, 2002).

3. MÉTODO

La investigación tuvo un enfoque cualitativo de tipo descriptivo, utilizando un diseño documental. Se llevó a cabo una exploración exhaustiva de varias bases de datos académicas, tales como: Scenedirect, Scielo, Scopus, Redalyc y Google Scholar, entre otras. Se buscó recopilar investigaciones relacionada con el fruto, semillas y el aceite de *Samanea saman*; con el fin de encontrar nuevo valor agregado a este árbol que tradicionalmente se ha utilizado como sombra en los potreros y como especie maderable.

4. RESULTADOS

El árbol de *Samanea saman* es alto, suele alcanzar entre 10 y 25 metros de altura, su copa es amplia cuyas ramas se disponen en forma de sombrilla, posee corteza rugosa de color grisáceo; las hojas son bipinnadas, con longitud de 20-40 cm y 10-34 cm de ancho, sensibles a la luz permanecen abiertas durante el día y se cierran por la noche; sus flores son de color rosadas, reunidas en inflorescencias dispuestas en umbelas; el árbol florece entre enero y mayo dependiendo de la zona geográfica; en su estado maduro produce gran cantidad de frutos entre los 200 a 250 kilogramos por temporada; estos frutos son

legumbres o vainas de 8 a 20 cm de largo, de 15 a 19 mm de ancho y 6 mm de espesor, son rectos o ligeramente curvado, verde y carnoso antes de madurar y cuando maduran son de color marrón (Delgado *et al.*, 2014).

El fruto de esta especie arbórea, además de poseer un perfil nutricional notable, se distingue por su equilibrado contenido de carbohidratos, proteínas, y minerales; el mesocarpio del fruto alberga una pulpa dulce con suplementos nutricionales que tienen una capacidad digerible del 40% (Uzoukwu *et al.*, 2020). Las semillas contenidas en el fruto pueden ser utilizadas como suplemento alimenticio en forma de harina, por su contenido relativamente alto de proteínas y carbohidratos (Mestre *et al.*, 2016); contienen 11.5% de aceite, constituido por ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados, con propiedades fisicoquímicas que lo hacen adecuado para diversas industrias, como la alimentaria, jabonera, cosmética y de biodiesel (Sekhar *et al.*, 2021).

4.1 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL FRUTO DE SAMANEA SAMAN

Los resultados de los análisis reportados en el fruto de *Samanea saman* han revelado una riqueza de componentes esenciales que pueden tener efectos significativos en la salud y el rendimiento energético de los animales. Estos hallazgos sugieren que el consumo de harina del fruto de *Samanea saman* podría proporcionar una fuente valiosa de energía, nutrientes esenciales y compuestos bioactivos para los animales, lo que podría traducirse en mejoras en la salud general, la resistencia y el rendimiento. Además, investigaciones han destacado el potencial del fruto de *Samanea saman* este puede servir como un componente integral en la formulación de dietas balanceadas para una variedad de especies animales, incluyendo rumiantes, aves de corral y peces.

La composición proximal del fruto triturado (harina) de *Samanea saman*, se muestra en la Tabla 1, donde se evidencia un buen porcentaje de humedad, proteínas, grasa, carbohidratos, fibra, cenizas y minerales como calcio, cobre, fósforo y hierro (Okonko 2008; Rath *et al.*, 2017; Mestre *et al.*, 2016; Uzoukwu *et al.*, 2020 y Amankwah *et al.*, 2022).

Es relevante señalar que el contenido de humedad presentó una ligera variación, atribuible posiblemente a las condiciones de secado y desengrase a las que fueron sometidas las muestras antes del análisis.

Tabla 1. Contenido nutricional del fruto de *Samanea saman* con semillas.

| Parámetro/ Unidad | Okonko 2008 | Rath <i>et al.</i>, 2017 | Mestre <i>et al.</i>, 2016 | Uzoukwu <i>et al.</i>, 2020 | Amankwah <i>et al.</i>, 2022 |
|------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| Humedad (%) | 15.3+0.7 | 10.75±0.13 | 14.20 | 15.50±0.01 | 10.0 ±0.5 |
| Cenizas (%) | 3.2 +0.2 | 4.14±0.04 | 6.52 | 4.70±0.01 | 0.45 ±0.05 |
| Fibra (%) | 11.4 +0.1 | 12.20±0.02 | 51.90 | 15.95±0.01 | 0.49 ±0.03 |
| Proteína cruda (%) | 12.7+0.2 | 25.25±0. 2 | 15.93 | 13.21±0.01 | 10.67 ±0.15 |
| Grasa (%) | 2.1+0.1 | - | 2.66 | - | 1.88 ±0.18 |
| Carbohidratos (%) | 55.3 +0.4 | - | - | 47.33±0.01 | 76.51±0.20 |
| Materia seca (%) | 85.0+0.2 | - | 85.80 | - | - |
| Extracto etéreo (%) | - | 1.77±0.02 | 1.17 | 3.31±0.01 | - |
| Extracto libre de nitrógeno (%) | - | 56.64±0.27 | 10.50 | - | - |
| Cobre (ppm) | - | - | 8.10 | - | - |
| Calcio | - | - | 0.38 | - | - |
| Fosforo | - | - | 0.24 | - | - |
| Hierro (ppm) | - | - | 35.20 | - | - |

Además, el contenido de fibra, grasa, ceniza y carbohidratos resultó significativo para los distintos autores que estudiaron la misma materia prima; aunque es posible que los factores agroambientales, así como las condiciones analíticas de ensayos, hayan influido en las variaciones de los resultados.

Por otro lado, la harina del fruto de *Samanea saman* exhibió un buen contenido de proteínas, sin embargo, se observa que los resultados de las investigaciones referenciadas en la Tabla 1 muestran diferentes valores (entre 10.67 y 25.25) %, estos pueden ser ocasionados por una diversidad de factores donde se desarrollaron las plantas analizadas, como: medioambientales, la calidad del terreno, la humedad, la temperatura, entre otros. Sin embargo, de acuerdo con Sema, *et al.*, (2013), las vainas del árbol de lluvia son altamente digeribles, tienen un contenido de proteínas (15.31-18.00%), son de bajo costo y no tóxicas; estas proteínas podrían ser aprovechadas en la alimentación animal como una fuente nutricional para enriquecer la dieta de los animales y posiblemente la humana (Uzoukwu *et al.*, 2020).

El contenido de fibra presente en la harina del fruto de *Samanea saman*, igualmente fue variable, se reportó entre (11.4 y 51.9) % este nutriente es muy importante para el organismo, porque previene y alivia el estreñimiento, favoreciendo el tránsito intestinal. El contenido de cenizas detectada, representa la presencia de minerales en el fruto, los cuales fueron identificados como cobre, calcio, fósforo, y hierro (Mestre *et al.*, 2019), los cuales tienen muchas funciones en el organismo, algunos hacen parte de las proteínas, otros ayudan al balance de agua, contribuyen a regular el metabolismo, la absorción, entre otros.

Es necesario destacar el alto contenido de carbohidratos presentes en la harina del fruto de *Samanea saman* (entre 47.33 y 76.51) % que, al ser ingerido, se almacena como grasa convirtiéndose en la fuente de energía que necesitan los organismos para realizar sus funciones, los animales cuando ingieren alimento alto en carbohidratos adquieren músculos y fuerza. En la pulpa dulce del fruto de *Samanea saman*, se encuentran los carbohidratos en forma de azúcar, almidón, hemicelulosa y celulosa. Así mismo, se ha estudiado la integración de la harina del fruto de *Samanea saman*, con diversos productos, como la torta de trigo, maíz, salvado de arroz y otras formulaciones, donde se evidenció, que puede ser una estrategia prometedora para mejorar la salud y el rendimiento de los

animales; estos estudios han demostrado que estas mezclas, logran proporcionar una fuente rica y equilibrada de nutrientes, que contribuyen significativamente al crecimiento, la digestión y el bienestar general de los animales (Amankwah *et al.*, 2022).

En este sentido, Rath *et al.*, (2014) desarrollaron cinco formulaciones, de piensos isonitrogenados (F1 – F5), incluyendo diferentes cantidades de harina cruda de fruto de *Samanea saman* (0, 100, 200, 300 y 400) g/kg, junto con torta de cacahuete, salvado de arroz, harina de trigo y una premezcla de vitaminas y minerales para alimentar larvas de *Labeo rohita*, encontrándose que la supervivencia de las larvas fue mayor (87 – 90%); además, hubo ganancia de peso (%) y crecimiento específico; el índice de eficiencia proteica y la utilización neta de proteínas fueron mucho más altos en F4; por lo tanto, sugieren que la harina de fruto de *Samanea saman* puede ser incorporada en una proporción de 300 g/kg, sustituyendo el 25% de torta de cacahuete y el 42% de salvado de arroz.

En la investigación de Mestre *et al.*, (2016), llevaron a cabo un diseño completamente aleatorio donde los ovinos fueron asignados al azar a cuatro tratamientos experimentales: T1 (pastoreo, control), T2 (pastoreo + 10% de harina), T3 (pastoreo + 20% de harina), y T4 (pastoreo + 30% de harina) durante 48 días, se registraron diariamente los consumos y se realizaron pesajes cada 12 días; los resultados mostraron que la suplementación con harina del fruto de *Samanea saman* hasta un 30% fue beneficiosa para la ganancia de peso en comparación con el grupo sin suplementación; se observó que el nivel más bajo de suplementación (10%) resultó en una ganancia de peso de 2450 g en 48 días, superando al grupo de control sometido únicamente a pastoreo. Estos hallazgos indican que la harina del fruto de *Samanea saman* tiene un impacto considerable en la producción de carne ovina, ya que su inclusión en las dietas mejora la ganancia diaria de peso; esto sugiere que podría ser una alternativa prometedora para contribuir al desarrollo de una ganadería sostenible y competitiva en sistemas de pastoreo para ovinos.

4.2 COMPOSICIÓN ANTI-NUTRICIONAL DEL FRUTO

La importancia nutricional de un alimento está determinada por los nutrientes y componentes anti nutricionales que contiene (Aletor *et al.*, 2007); estos últimos son

sustancias, ya sean naturales o sintéticas que pueden interferir en la absorción de los nutrientes (Chukwu, 2017). En este contexto, se han llevado a cabo investigaciones sobre los análisis bromatológicos de la harina obtenida del fruto de *Samanea saman*, así como también, estudios sobre los anti nutrientes presentes en esta misma materia prima; se identificaron oxalatos, cianuro de hidrógeno, taninos, saponinas, flavonoides y alcaloides en la harina de este fruto (Rath *et al.*, 2017 y Uzoukwu *et al.*, 2020), estos resultados se evidencian en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición anti nutricional del fruto de *Samanea saman*

| Anti-Nutrientes (mg/100 g) | Rath <i>et al.</i> , 2017 | Uzoukwu <i>et al.</i> , 2020 |
|----------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Oxalato | - | 1.49±0.01 |
| Cianuro de hidrógeno | - | 1.97±0.01 |
| Taninos | 7.42±0.16 | 0.71±0.01 |
| Saponinas | 2.24±0.05 | 27.07±0.01 |
| Flavonoides | ++ | 0.51±0.01 |
| Alcaloides | 1.57±0.01 | 1.71±0.01 |

En la harina, se detectó una cantidad de oxalato de 1.49 mg /100 g, dentro del límite seguro, ya que cuando se incrementan las cantidades de oxalato soluble superiores al 2% pueden ser peligrosas para la salud (Uzoukwu *et al.*, 2020); debido a que el ácido oxálico, actúa como anti nutriente afectando la absorción de minerales, especialmente de calcio, y forma oxalato de calcio insoluble (cálculos renales), que el cuerpo no puede asimilar, lo que podría ocasionar hipercalcemia que puede llevar a un daño renal irreversible (Ifemeje, 2016).

Aunque la harina presentó niveles bajos de taninos, es posible que la ingesta de harina de fruto de *Samanea saman* no reduzca la disponibilidad de proteínas en el organismo (Shaba *et al.*, 2015). Los taninos, al ser polifenoles, exhiben propiedades antimicrobianas; los niveles altos de taninos podrían conferir beneficios quimioprotectores a quienes los consumen (Enechi & Odonwodo, 2003); sin embargo, los taninos pueden formar

complejos menos digeribles con las proteínas de la dieta, lo que resulta en una sensación astringente y una posible disminución en la ingesta de alimentos.

Los valores de saponinas reportados por ambos autores están dentro del límite permitido por la OMS, que es de 48.50 mg/100 g. Las saponinas, son compuestos glucósidos que abarcan tanto saponinas esteroides como triterpenoides, pueden tener efectos hemolíticos sobre los glóbulos rojos y reducir la tasa de crecimiento en animales cuando se les proporciona una ingesta elevada; sin embargo, también se les atribuyen propiedades beneficiosas, como la reducción del colesterol, actividad antitumoral y antioxidante (Ladeji *et al.*, 2004).

Aunque la concentración de alcaloides reportada por los distintos autores fue relativamente baja, es importante destacar que, en las plantas comestibles, estos niveles no suelen ser tóxicos, ya que la cocción al vapor o la ebullición tienden a reducir sus niveles en los extractos la planta, el fruto o en sus semillas (Ladeji *et al.*, 2004).

Los alcaloides son compuestos químicos que benefician a las plantas al repeler depredadores y parásitos; sin embargo, inhiben ciertas actividades enzimáticas en mamíferos, como las de la fosfodiesterasa, lo que prolonga la acción del AMP cíclico (Uzoukwu *et al.*, 2020). Los flavonoides son compuestos fenólicos que se encuentran en semillas, frutas y verduras, que les dan los colores característicos a las mismas y le atribuyen beneficios para la salud mental y la ansiedad; el valor reportado es bajo, de 0.51mg/100g de muestra; hasta el momento no se han encontrado efectos adversos a la salud.

En cuanto al cianuro de hidrogeno gran parte de los cultivos alimenticios son cianogénicos, pero como el cianuro tóxico es una molécula orgánica que contiene el átomo carbono unido al nitrógeno, este puede ser transformado en otros compuestos más complejos por medio enzimático en nuestro organismo, perdiendo la toxicidad; el humano sano que ingiere proteína en las cantidades que requiere el organismo, es capaz de desintoxicar hasta 100mg de cianuro por día, excepto los que padecen de la enfermedad de Leber es decir, aquellos individuos que nacen sin la capacidad para desintoxicar el cianuro (Greger, 2023), observando los niveles de cianuro presentes en el fruto de *Samanea saman*, reportado de 1.97mg/100g de muestra es bastante bajo, se puede decir que no contiene niveles tóxicos de cianuro, por lo tanto es seguro ingerirlo.

4.3 COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LA SEMILLA

La composición proximal de la semilla de *Samanea saman*, fue reportada por varios autores (Okonko, 2008; Adewuyi et al., 2011; Rath et al., 2014; Ikpe & Azu, 2016; y Uzoukwu et al., 2020), y se presenta en la Tabla 3, donde se observa una variación notable en los parámetros estudiados, como carbohidratos, cenizas, fibra, grasa, humedad y proteínas, en comparación con el fruto de este mismo árbol; estas diferencias pueden ser ocasionadas tanto por las condiciones agroambientales (clima, humedad, composición del suelo, temperatura) en que se desarrollaron las plantas, como los métodos de análisis realizados, los cuales podrían haber influido en las discrepancias observadas en los resultados.

Se evidencia menor contenido de carbohidratos en la semilla en contraste con el fruto, este hecho, se le puede atribuir al mayor contenido de azúcares presentes en la pulpa. Por otro lado, el contenido relativamente alto de carbohidratos en la semilla de *Samanea saman* sugiere que estas podrían servir como fuente de energía cuando se incluyen en la alimentación animal (Shaba et al., 2015).

Tabla 3. Análisis proximal de la semilla de *Samanea saman*

| Parámetro (%) | Okonko 2008 | Adewuyi et al., 2011 | Rath et al., 2014 | Ikpe & Azu 2016 | Uzoukwu et al., 2020 |
|----------------|-------------|----------------------|-------------------|-----------------|----------------------|
| Carbohidratos | 42.0 +0.4 | 41.32 ± 0.50 | - | 52.8 | 55.52±0.01 |
| Cenizas | 3.0 +0.3 | 2.10 ± 0.40 | 3.62±0.2 | 5.1 | 2.60±0.01 |
| Fibra cruda | 10.8 +0.2 | 3.21 ± 0.10 | 6.93± 0.4 | 8.0 | 8.47±0.01 |
| Grasa cruda | 1.3+0.1 | 9.77 ± 1.21 | 1.05± 0.2 | 7.2 | 2.66±0.01 |
| Humedad | 16.1+0.6 | 4.20 ± 0.11 | 5.23± 0.6 | 10.9 | 9.20±0.1 |
| Proteína cruda | 10.6+0.2 | 39.40 ± 0.30 | 42.56± 2.0 | 16.0 | 21.55±0.01 |

La ceniza en los alimentos constituye el residuo que queda al incinerarse los materiales orgánicos a una temperatura de aproximadamente 500 °C, después de que se ha eliminado toda la humedad (Kishore, Kumar y Rao, 2017); por consiguiente, el contenido de cenizas

representa el contenido total de minerales en los alimentos. El contenido de cenizas reportado para la semilla de *Samanea saman* presentó valores similares a los reportados por diferentes autores para el fruto, siendo estos últimos un poco más elevados. Aunque hubo ligeras variaciones en el contenido de cenizas de las muestras, estos valores se encuentran dentro de un rango cercano entre 2.1% - 5.1%. Los valores altos de minerales le conceden gran importancia a la semilla, ya que estos son los encargados de agregar fuerza al sistema esquelético, servir como componentes de compuestos orgánicos (proteínas y lípidos), además, sirven como activadores del sistema enzimático (Webster & Lim, 2015).

La semilla de *Samanea saman* presento valores de fibra significativos para los diferentes autores. La vaina entera tuvo un contenido medio de fibra bruta en comparación con los valores más bajos reportados para la semilla de la misma especie arbórea; la fibra cruda desempeña un papel importante en la dieta de los animales, ya que ayuda a mejorar los procesos de digestión y reduce el colesterol gástrico (Okwu, 2005).

En la Tabla 3, se evidencia que el contenido de grasa en las semillas de *Samanea saman* reportado por los diferentes autores, presenta variaciones significativas, en comparación con el fruto de esta misma especie, que también presentó valores bajos en el porcentaje de grasa (Tabla 1). Estas semillas suelen contener entre el 1% y 9% de grasa en peso. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estas variaciones se le pueden atribuir a las condiciones de secado y procedimientos analíticos a las que fueron sometidas las muestras, antes de llevar a cabo los procedimientos. Las grasas contribuyen significativamente al valor energético de los alimentos, además sirven como sustrato para la síntesis de diversos mediadores que modelan múltiples procesos como inmunidad, patologías infecciosas y enfermedades inflamatorias (Jiménez *et al.*, 2013).

La semilla de *Samanea saman* presenta contenido de humedad entre el 4.5% y 16.1%, según lo informado por diversos autores; estos valores exhibieron notables diferencias en comparación con los registrados para el fruto de la misma especie. La variación observada en el contenido de humedad de esta semilla puede atribuirse a las condiciones de secado a las que se expusieron las muestras antes del análisis. Además, los factores ambientales y las condiciones bioquímicas del suelo, podrían afectar el contenido de humedad de los materiales alimenticios (Barcelo & Barcelo, 2012). Una baja humedad favorece la calidad

de la harina puesto que garantiza menor tendencia a la descomposición; alimentos con altos contenidos de humedad son más propensos a ser perecederos (Shaba *et al.*, 2015).

En cuanto al contenido de proteínas de la semilla de *Samanea saman*, se evidencia que esta presentó niveles altos, cuyos valores reportados oscilan entre el 10% y el 42% aproximadamente, siendo el más elevado con $42.56 \pm 2.0\%$ (Rath *et al.*, 2014); las proteínas le confieren gran importancia a la semilla, porque son las encargadas de regenerar y renovar los tejidos (Lafont *et al.*, 2021).

4.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE DE LA SEMILLA DE SAMANEA SAMAN

Otras investigaciones sobre la semilla de *Samanea saman*, han reportado la extracción de aceite utilizando la técnica de extracción por solvente; es así como Sekhar *et al.*, (2021), reportaron la extracción y caracterización del aceite de las semillas de *Samanea saman*; obteniendo un rendimiento de aproximadamente 11 % de aceite, al utilizar 20 g de semilla en polvo, 380 ml de solvente y un tiempo de extracción de 6 h en un extractor soxhlet. Por otro lado, Adewuyi *et al.*, (2011), realizaron la extracción de aceite de semillas de *Samanea saman* con el solvente hexano, utilizando un extractor soxhlet durante 10 horas, reportando un contenido de ácidos grasos libres de alrededor del 10% conformado en mayor porcentaje por ácidos grasos insaturados y en menor proporción de saturados.

En las Tablas 4 y 5, se presentan el perfil de ácidos grasos reportado por diferentes autores (Adewuyi *et al.*, 2011; Rath *et al.*, 2014; Knothe *et al.*, 2015), los cuales obtuvieron porcentajes entre 30.0% y el 40.0% de ácidos grasos saturados (Tabla 4) siendo predominante el ácido behénico, le sigue el araquídico y esteárico. El ácido behénico es usado comercialmente en la preparación de productos suavizantes como cremas hidratantes, acondicionadoras para cabellos, posee capacidad espesante y para retardar el proceso de evaporación de los solventes, por lo cual también se utiliza como aditivo en aceites lubricantes. El ácido araquídico tiene propiedades de surfactante, por lo cual es utilizado para la fabricación de jabones, cosméticos, productos farmacéuticos y envases

de alimento. El ácido esteárico posee propiedades emulsionantes o tensioactivas, siendo ampliamente utilizado en la industria farmacéutica, alimenticia, y de lubricantes.

Tabla 4. Ácidos grasos saturados del aceite de semilla de *Samanea saman*

| Ácido Graso (%) | #C: Doble enlace | Adewuyi <i>et al.</i> , 2011 | Rath <i>et al.</i> , 2014 | Knothe <i>et al.</i> , 2015 |
|---------------------|------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Ácido cáprico | C10:0 | - | 0.73 | - |
| Ácido tridecílico | C13:0 | - | 3.27 | - |
| Ácido pentadecílico | C15:0 | - | 0.67 | - |
| Ácido Palmítico | C16:0 | 7.20 ± 0.20 | - | 4.8 |
| Ácido esteárico | C18:0 | 7.10 ± 0.10 | 7.59 | 5.3 |
| Ácido araquídico | C20:0 | 8.30 ± 0.30 | 6.71 | 6.3 |
| ácido eneicosílico | C21:0 | - | - | 0.1 |
| Ácido behénico | C22:0 | 14.30 ± 0.50 | 8.56 | 13.6 |
| Ácido tricosílico | C23:0 | - | - | 0.3 |
| Ácido lignocérico | C24:0 | 3.10 ± 0.20 | 2.50 | 2.3 |
| ΣAGS | | 40.0 ± 0.20 | 30.04 | 32.7 |

En cuanto a los ácidos grasos insaturados (Tabla 5), se reportaron entre el 60.0% y 68.9% destacándose el ácido linoleico con valores cercanos al 40% y el oleico alrededor del 20%. El alto porcentaje de ácidos grasos insaturados con alto linoleico (ω -6) y oleico (ω -9) en el aceite de semilla de *Samanea saman* lo hacen atractivo para la industria farmacológica, de aceites y de biodiesel. El ácido linoleico, es un ácido graso esencial, es decir que el organismo no puede sintetizarlo, por lo cual debe ser consumido en la dieta para su buen funcionamiento, ya que disminuye la concentración de triglicéridos en la sangre, la presión arterial y segregación plaquetaria; además reduce el riesgo de contraer

enfermedades del sistema circulatorio y sistema nervioso, entre otros beneficios atractivos para la industria farmacéutica; en el sector industrial es aprovechado porque permite el rápido secado de pinturas al óleo y barnices, además retiene la humedad en la piel por lo cual es utilizado en productos de belleza.

Tabla 5. Ácidos grasos insaturados del aceite de semilla de *Samanea saman*

| Ácido Graso (%) | #C: Doble enlace | Adeyuyi <i>et al.</i> , 2011 | Rath <i>et al.</i> , 2014 | Knothe <i>et al.</i> , 2015 |
|------------------------------------|------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Ácido miristoleico | C14:1 | - | 1.45 | - |
| Ácido palmitoleico | C16:1 | 0.40 ± 0.10 | 0.81 | 0.2 |
| Ácido oleico | C18:1n9 | 21.00 ± 0.50 | 20.74 | 15.9 |
| Ácido vaccénico | C18:1n11 | - | - | 1.5 |
| Ácido linoleico | C18:2 | 37.00 ± 0.20 | 40.20 | 41.0 |
| Ácido γ -linolénico | C18:3 | 0.20 ± 0.05 | 2.85 | - |
| Ácido Gadoleico | C20:1n9 | 1.30 ± 0.40 | 1.68 | 0.5 |
| Ácido eicosenoico | C20:1n11 | - | - | 1.1 |
| Ácido dihomo- γ -linolénico | C20:3 | - | 1.24 | - |
| Ácido nervónico | C24:1 | 0.10 ± 0.05 | - | - |
| Σ AGI | | 60.0 ± 0.20 | 68.96 | 60.20 |

El ácido oleico (ω -9) al igual que el linoleico es hipotensor y reduce el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares, también, también en un agente emulsionante y emoliente, usado en diversa industrias aceites lubricantes de alta viscosidad, y para la producción de biodiesel.

En la Tabla 6 se presentan los resultados de la composición fisicoquímica del aceite extraído de las semillas de *Samanea saman*, (Adewuyi *et al.*, 2011; Sekhar *et al.*, 2021; Lafont *et al.*, 2023).

Tabla 6. Propiedades fisicoquímicas del aceite de la semilla de *Samanea saman*

| Parámetros fisicoquímicos | Unidad/ equivalencia | Adewuyi <i>et al.</i> , 2011 | Sekhar <i>et al.</i> , 2021 | Lafont <i>et al.</i> , 2023 |
|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Rendimiento del aceite | % | 9.77 | 11.15 | 17.93 |
| Estado a temperatura ambiente | (°C) | Líquido | - | - |
| Color | - | Amarillo claro | Amarillo verdoso | - |
| Gravedad específica | (°C) | 0.95±0.04 | 0.88 | - |
| Índice de refracción | (°C) | 1.46±0.20 | 1.47 | - |
| Materia insaponificable | (%) | 1.83±0.10 | - | - |
| Contenido de humedad | % | - | 0.16 | 1.38 ± 0.26 |
| Ácido graso libre | (% ácido oleico) | 3.11±0.20 | 13.61 | - |
| Valor ácido | (mg / KOH / g) | - | 27.23 | 27.50 ± 0.07 |
| Valor de peróxido | meqO ₂ /kg | 4.62±0.10 | 4.02 | 4.52 ± 0.52 |
| Valor de saponificación | (mg KOH/g) | 196.30±0.50 | 187.1 | - |
| Valor de yodo | (I ₂ /100 g de aceite) | 110.50±1.50 | 65.8 | 63.16 ± 0.04 |

De acuerdo con la Tabla 6, estas investigaciones reportaron, que el rendimiento del aceite extraído de estas semillas presentó variaciones significativas, oscilando entre el 9.77% y

el 17.93%; esta variabilidad puede atribuirse tanto a las condiciones analíticas utilizadas durante el proceso de extracción como a los factores ambientales que influyeron en el desarrollo de las semillas (He *et al.*, 2021). Así mismo, reportaron que el aceite era líquido a temperatura ambiente, de color amarillo, con un índice de refracción de 1.45 y gravedad específica con valores entre 0.88 y 0.95.

El contenido de humedad reveló un porcentaje de 0.16 % y 1.38%; esta variación podría ser atribuida a diferencias en el método de análisis utilizado y al proceso de secado de la muestra antes del análisis. Sin embargo, los valores de humedad son bajos, lo cual es beneficioso debido a que, a menor contenido de humedad en los aceites, disminuye las reacciones de hidrólisis en los triglicéridos del aceite lo que genera el desprendimiento de moléculas de ácidos grasos libres y con ello el aumento de acidez (Rivera *et al.*, 2014; Mantilla-León y Jara, 2019).

En la Tabla 6 se evidencia que los valores reportados para el contenido ácidos grasos de aceite extraído de la semilla de *Samanea saman* fueron de (3.11 y 13.61) % ácido oleico y los valores ácidos fueron de (27.50 y 27.23) mg de KOH por g de aceite, que son considerados altos; los valores bajos de acidez benefician el tiempo de vida media del aceite, permitiendo un buen estado de conservación, por otra parte, cuando un aceite posee alto índice de acidez como el de *Samanea saman*, puede ser debido al uso de materia prima de baja calidad, mal manejo o almacenamiento, por lo que no se recomienda su consumo (Paucar *et al.*, 2015).

El valor de peróxido es un índice que mide el deterioro de los aceites; se reporta que este índice para la semilla de *Samanea saman* fue alrededor del 4.5 meq O₂ por kg de muestra; este bajo valor indica mayor estabilidad del aceite sin riesgo a oxidarse durante el almacenamiento lo que sugiere que el aceite es de buena calidad (Malacrida & Neusa, 2012). En cuanto al valor de saponificación del aceite; este presenta valores entre 187.10 y 196.30 mg de KOH por g de aceite. El aceite muestra un alto contenido de triacilglicerol, lo que demuestra su potencial para ser utilizado en las industrias productoras de cosméticos y jabón (Sekhar *et al.*, 2021). El valor de yodo indica los niveles de insaturación del aceite; en dos estudios se encontraron valores de (63.16 y 65.80) g I₂ por 100 g para el aceite de semilla de *Samanea saman*; cuyo valor lo clasifica como aceite no secante por ser inferior a 100 g I₂ por 100 g de aceite (Coca *et al.*, 2017).

5. CONCLUSIONES

El fruto o vaina de *Samanea saman* posee un equilibrado contenido de carbohidratos, proteínas, y minerales como calcio, cobre, fósforo y hierro, requeridos para la nutrición, son altamente digeribles y no tóxicas, por lo cual se recomienda que sean aprovechadas como suplemento nutricional de animales.

Las semillas contenidas en el fruto poseen altos porcentajes de proteínas y carbohidratos proporcionando energía y nutrientes esenciales, por lo cual pueden ser potencialmente utilizadas como suplemento alimenticio para el crecimiento de animales y como materia prima para la extracción de aceites.

La composición del aceite de semillas, posee mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados destacándose el oleico y linoleico; y en menor composición los saturados, además, las propiedades fisicoquímicas del aceite, lo hacen interesante para su aprovechamiento en diversas industrias, como la alimentaria, jabonera, cosmética y de biodiesel.

6. REFERENCIAS

- Adeyemi, A., Oderinde, R.A., Rao, B.V., Prasad, R.B., Nalla, M. (2011). Proximate analysis of the seeds and chemical composition of the oils of *Albizia saman*, *Millettia griffoniana* and *Tamarindus indica* from Nigeria. *Annals. Food Science and Technology*, 12 (2), 123-129.
- Aletor, O., Oshodin, A., Ipinmoroti, K.O. (2007). Comparative Evaluation of the Nutritive and Physicochemical Characteristics of the leaves and leaf protein concentrates from two edible vegetables. *Journal of Food Technology*. 5(2), 152-156.

- Amankwah, N. Y. A., Agbenorhevi, J. K., & Rockson, M. A. (2022). Physicochemical and functional properties of wheat-rain tree (*Samanea saman*) pod composite flours. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 1317-1327. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2077367>
- Anjali, A., Nair, M. S., and Kumar, T. S. (2018) Phytochemical Analysis of Fruit Pulp of *Albizia Saman* (Jacq.) Mir, Fabaceae. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(6), 2218–2220. ISSN: 2278-4136.
- Arias Lamos, D., Montaña Díaz, L. N., Velasco Sánchez, M. A., & Martínez Girón, J. (2018). Alimentos funcionales: avances de aplicación en agroindustria. *Tecnura*, 22(57), 55-68.
- Barcelo, P., and Barcelo, J., (2012). The potential of *Samanea saman* (Jack) Merr pods as feed for goat, *International Journal of Zoology Research*, 2, 40-43. ISSN: 2231-3524.
- Boppena, K., Mekala, M., Mallarapu, L. P., Mohammed, R. W., Uttaravalli, A. N., Gidla, B. R., & Addanki, V. K. (2023). Extraction of rain water tree seed oil: Sustainable applications and management. *Bioresource Technology Reports*, (24), 101657. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2023.101657>
- Calder, P. C. (2017). Omega-3 fatty acids and inflammatory processes: from molecules to man. *Biochemical Society Transactions*, 45(5), 1105-1115.
- Carr, A. C., & Maggini, S. (2017). Vitamin C and immune function. *Nutrients*, 9(11), 1211.
- Castillo Quiroga, Y. M., Hernández Gómez, M. S., & Lares, M. (2017). Componentes Bioactivos del Asai (*Euterpe oleracea* Mart. y *Euterpe precatoria* Mart.) y su efecto sobre la salud. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 36(3), 58-66.
- Chamorro, R. A. M., & Mamani, E. C. (2010). Importancia de la fibra dietética, sus propiedades funcionales en la alimentación humana y en la industria alimentaria. *Revista de investigación en ciencia y tecnología de alimentos*, 1(1).

- Chukwu, M. (2017). Production and organoleptic attributes of ogiri-ahuekere produced from groundnut (*Arachis hypogaea* Linn) seeds. *Research Journal of Food Science and Quality Control*, 3(2), 63-72. ISSN: 2504-6145.
- Coca, V., Torres, E., Chuquilin, C., & Sánchez, J. (2017). Extracción del aceite crudo de la semilla de lúcuma (*Pouteriaobovata*) mediante N-Hexano y Éter de petróleo. *Big Bang Faustiniiano*, 6(3), 42 – 44. ISSN: 2305 – 4352.
- Delgado, D. C., Hera, R., Cairo, J., & Orta, Y. (2014). *Samanea saman*, a multi-purpose tree with potentialities as alternative feed for animals of productive interest. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 48(3), 205-212. <https://cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/573>
- Dweck, A. C. (2002). Natural ingredients for colouring and styling. *International journal of cosmetic science*, 24(5), 287-302.
- Enechi, O. C., & Odonwodo, I. (2003). An assessment of the phytochemical and nutrient composition of the pulverized root of *Cissus quadrangularis*. *Bio-research*, 1(1), 63-68. <https://www.ajol.info/index.php/br/article/view/28519>
- Estelles, A., Gómez, M., Parra, F., Romero, A & López, L. (2021). Semillas de girasol, lino, chía y sésamo. compuestos nutricionales y su efecto sobre la salud. *Revista Nutrición Investiga*. 6 (1). ISSN 2525-1619.
- Gastaldi, B. (2019). Análisis de los compuestos fenólicos y volátiles de plantas medicinales y aromáticas del noroeste de la Patagonia Argentina, estudio de las actividades antioxidante y citotóxica.
- Greger, M. (2023). ¿El cianuro de la linaza se destruye al cocinarla?. *NutritionFacts.org*, publicado julio 20, de 2023. Consultado en: <https://nutritionfacts.org/es/blog/el-cianuro-de-la-linaza-se-destruye-al-cocinarla/>
- He, X., Li, D.Z., y Tian, B. (2021). Diversity in seed oil content and fatty acid composition in *Acer* species with potential as sources of nervonic acid. *Plant Diversity*, 43(1), 86-92. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2020.10.003>

- Ifemeje, J. C. (2016). Chemical and phytochemical compositions of *Mucuna pruriens* leaves. *African Journal of Science and Research*, 5 (2), 14-17. ISSN: 2306-5877.
- Ikpe, J. N., & Azu, D. E. (2016). Effect of Albizia saman Seed Meal on the Performance and Carcass Characteristics of Finisher Broilers. *International Journal of Science and Research*, 5(11), 148-150. <https://www.ijsr.net/getabstract.php?paperid=ART20161259>
- Jäger, R., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Cribb, P. J., Wells, S. D., Skwiat, T. M., ... & Antonio, J. (2017). International society of sports nutrition position stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14, 1-25.
- Jiménez, P., Masson, L., & Quitral, V. (2013). Composición química de semillas de chía, linaza y rosa mosqueta y su aporte en ácidos grasos omega-3. *Revista chilena de nutrición*, 40(2), 155-160. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182013000200010>
- Kennedy, D. O. (2016). B vitamins and the brain: mechanisms, dose and efficacy—a review. *Nutrients*, 8(2), 68.
- Kishore, R., Kumar, S., and Rao. R. (2017). Chemical composition and in vitro evaluation of rain tree (*Albizia saman*) pods as a livestock feed. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 6 (5), 3105 – 3109. ISSN: 2278-3687.
- Knothe, G., Phoo, Z. W. M. M., de Castro, M. E. G., & Razon, L. F. (2015). Fatty acid profile of *Albizia lebeck* and *Albizia saman* seed oils: Presence of coronaric acid. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(4), 567-574. <https://www.researchgate.net/publication/266679073>
- Ladeji, O., Akin, C. U., & Umaru, H. A. (2004). Level of antinutritional factors in vegetables commonly eaten in Nigeria. *African Journal of Natural Science*, 7, 71-73.
- Lafont, J., Humanez, W. & Espitia, A. (2021). Estudios químicos realizados a la semilla de *Moringa oleifera* lam y su impacto en la salud humana: una revisión teórica. Libro: *Ciência e Tecnologia: Desenvolvimento Ambiental, Cultural e*

-
- Socioeconômico. pp. 159-170. Editora Artemis, Brasil.
DOI:10.37572/EdArt_20122152111.
- Liu, R. H. (2003). Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *The American journal of clinical nutrition*, 78(3), 517S-520S.
- Malacrida, C. R., & Neuza, J. (2012). Yellow passion fruit seed oil (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*): physical and chemical characteristics. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55(1), 127-134. ISSN: 1516-8913.
- Mantilla- León W. M., & Jara, D. R. (2019). Índice de oxidabilidad del aceite de *Helianthus annuus* L. "Girasol" expuesto a calentamiento discontinuo en frituras de carne fresca y desecada. *Agroindustrial Science*, 9(1), 39-46.
<http://dx.doi.org/10.17268/agroind.sci.2019.01.05>
- Mestre, T., Camarillo, W., Álvarez, L., Álvarez W., Araujo, A. (2016). Suplementación con harina de frutos de algarrobbillo (*pithecellobium saman*), sobre la ganancia de peso en ovinos en condiciones de pastoreo semi-extensivo. *Revista colombiana de zootecnia*, 2(4), 21-29.
<https://anzoo.org/publicaciones/index.php/anzoo/issue/view/5>
- Micha, R., Peñalvo, J. L., Cudhea, F., Imamura, F., Rehm, C. D., & Mozaffarian, D. (2017). Association between dietary factors and mortality from heart disease, stroke, and type 2 diabetes in the United States. *Jama*, 317(9), 912-924.
- Okonko, I. O. (2008). Microbiological studies on the production of anyi-a potential condiment made from laboratory fermentation of *Samanea saman* (monkey pod) seeds (jacq.) Merr. *Electronic Journal of Environment and Food Chemistry*, 7(10), 3486-3504. ISSN: 1579-4377.
- Okwu, D. E. (2005). Phytochemicals, vitamins and mineral contents of two Nigerian medicinal plants. *International Journal of Molecular Medicine and Advance Sciences*, 1(4), 375-381.

- Ordoñez, E. S., Leon-Arevalo, A., Rivera-Rojas, H., & Vargas, E. (2019). Cuantificación de polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y semilla de cacao (*Theobroma cacao* L.), tuna (*Opuntia ficus indica* Mill), uva (*Vitis Vinífera*) y uvilla (*Pourouma cecropiifolia*). *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 175-183.
- Paucar-Menacho, L. M., Salvador-Reyes, R., Guillén-Sánchez, J., Capa-Robles, J., & Moreno-Rojo, C. (2015). Estudio comparativo de las características físico-químicas del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado. *Scientia Agropecuaria*, 6(4), 279-290. <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>
- Pérez-Jiménez, J., Neveu, V., Vos, F., & Scalbert, A. (2010). Identification of the 100 richest dietary sources of polyphenols: an application of the Phenol-Explorer database. *European journal of clinical nutrition*, 64(3), S112-S120.
- Plaza-Díaz, J., Martínez Augustín, O., & Gil Hernández, Á. (2013). Los alimentos como fuente de mono y disacáridos: aspectos bioquímicos y metabólicos. *Nutrición Hospitalaria*, 28, 5-16.
- Prasad, A. S. (2013). Discovery of human zinc deficiency: its impact on human health and disease. *Advances in nutrition*, 4(2), 176-190.
- Rath, S. C., Nayak, K. C., Mohanta, K. N., Pradhan, C., Rangacharyulu, P. V., Sarkar, S., & Giri, S. S. (2014). Nutritional evaluation of rain tree (*Samanea saman*) pod and its incorporation in the diet of rohu (*Labeo rohita* Hamilton) larvae as a non-conventional feed ingredient. *Indian Journal of Fisheries*, 61(4), 105-111. <https://epubs.icar.org.in/index.php/IJF/article/view/29038>
- Rath, S. C., Nayak, K. C., Pradhan, C., Mohanty, T. K., Sarkar, S., Mohanta, K. N., & Giri, S. S. (2017). Evaluation of processed rain tree (*Samanea saman*) pod meal as a non-conventional ingredient in the diet of *Catla catla* Fry. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 17(2), 323-332. DOI:10.5958/0974-181X.2017.00031.2
- Rivera, Y., Gutiérrez, C., Gómez, R., Matute, M., Izaguirre, C. 2014. Cuantificación del deterioro de aceites vegetales usados en procesos de frituras en establecimientos

- ubicados en el Municipio Libertador del Estado Mérida. *Ciencia e Ingeniería*, 35(3), 157-164. ISSN: 2244-8780.
- Rosanoff, A., Weaver, C. M., & Rude, R. K. (2012). Suboptimal magnesium status in the United States: are the health consequences underestimated?. *Nutrition reviews*, 70(3), 153-164.
- Schwingshackl, L., & Hoffmann, G. (2012). Monounsaturated fatty acids and risk of cardiovascular disease: synopsis of the evidence available from systematic reviews and meta-analyses. *Nutrients*, 4(12), 1989-2007.
- Sekhar, S. C., Karuppasamy, K., Kumar, M. V., Bijulal, D., Vedaraman, N., & Sathyamurthy, R. (2021). Rain tree (*Samanea saman*) seed oil: solvent extraction, optimization and characterization. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 6(3), 254-265. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2021.04.005>
- Semae, S., Kongmun, P., Vajrabukka, C., Chanpongsang, S., & Prasanphanich, S. (2013). Effects of different levels of rain tree (*Samanea saman*) pods in meal concentrate on in vitro fermentation by a gas production technique. *Agriculture and Natural Resources*, 47(5), 704-711. https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/BKN_AGRI/search_detail/result/307618
- Shaba, E. Y., Ndamitso, M. M., Tsado, J. M., Etsunyakpa, M. B., Tsado, A. N., & Muhammed, S. S. (2015). Nutritional and anti-nutritional composition of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits sold in major markets of Minna Niger State, Nigeria. *African Journal of Pure and Applied Chemistry*, 9 (8), 167-174. <https://doi.org/10.5897/ajpac2015.0643>
- Slavin, J. (2013). Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. *Nutrients*, 5(4), 1417-1435.
- Staples, W. G.; Elevitch, C. R. (2006). *Samanea saman* (rain tree). In C.R. Elevitch, (Ed) *Species profiles for pacific island agroforestry*. Permanent Agriculture Resources (PAR), Holualoa, Hawaii, <http://www.traditionaltree.org>

- Sun, X. D. (2011). Enzymatic hydrolysis of soy proteins and the hydrolysates utilisation. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(12), 2447-2459.
- Traber, M. G., & Stevens, J. F. (2011). Vitamins C and E: beneficial effects from a mechanistic perspective. *Free radical biology and medicine*, 51(5), 1000-1013.
- Uzoukwu, A.E., Olawuni, I.A., Odimegwu, E.N., Umelo, M.C., Ofoedum, A.F. (2022) Determination of the physico-chemical properties and proximate composition of the pod samples of *Samanea saman*. *Journal of Food Technology and Preservation.*, 6 (7), 135. DOI:10.35841/2591-796X-6.7.135 <https://www.alliedacademies.org/food-technology-and-preservation/archive/aaftp-volume-6-issue-7-year-2022.html>
- Uzoukwu, A.E., Ubbaonu, C.N., Nwosu, J.N., Ogukeke, C.C., Chukwu, M. (2020). The anti-nutritional and proximate composition of rain tree (*Samanea saman*) pod samples. *Agriculture and Food Sciences Research*, 7 (1), 28-37, <https://doi.org/10.20448/journal.512.2020.71.28.37>
- Webster, C. D., & Lim, C. (2015). Minerals. Book *Dietary nutrients, additives, and fish health*, Cheng-Sheng Lee, (Ed). Online ISBN:9781119005568. Pp 195-210. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119005568>

INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Volumen IV

Colección: Ciencia, Tecnología e Innovación

El libro Investigación y Desarrollo, volumen 4 de la colección Ciencia, Tecnología e Innovación del Fondo Editorial CIIDIES, reúne una selección de investigaciones concluidas realizadas tanto a nivel nacional como internacional, presentadas en el marco del Congreso Internacional "Educación Superior para la Sostenibilidad", Medellín 2024.

Esta obra aborda el papel central de la educación superior en la articulación de diversas áreas del conocimiento, explorando propuestas innovadoras enmarcadas en los ejes temáticos desarrollados por la Red RIISS: innovación, cultura solidaria y sostenibilidad. Se destacan las estrategias de innovación y sostenibilidad como herramientas clave para fortalecer la educación superior, subrayando su impacto en el desarrollo local, regional, nacional e internacional.

Además, el libro presenta investigaciones enfocadas en los procesos de formación orientados a la innovación y la sostenibilidad, ofreciendo propuestas concretas para potenciar capacidades en estos ámbitos. Estas contribuciones evidencian la relevancia de la educación superior como motor de cambio y como plataforma para enfrentar los desafíos contemporáneos.

Dirigido a investigadores, académicos, profesionales y estudiantes, este volumen constituye una valiosa fuente de conocimiento para quienes están interesados en el desarrollo sostenible, la innovación, la cultura solidaria y el fortalecimiento de la educación superior. Sin duda, este libro enriquecerá la comprensión y el debate sobre estos temas fundamentales para el progreso global.



Signatory of



DORA

