



SENNOVA

Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación

COMPENDIO DE PONENCIAS DESTACADAS

CONGRESO VIRTUAL AGROEMPRESARIAL SENA 2020



SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA

Carlos Mario Estrada Molina

Director General

Nidia Jeannette Gómez Pérez

Directora de Formación Profesional

Nancy Briceño Moreno

Coordinadora Nacional SENNOVA

AUTORES

Alexis Valle Mora

Ángel María Maestre Peralta

Angie Vanessa Osorio Pedraza

Astrid Caballero Ropero

Carmen Patricia Guevara Reyes

Daniel David Novoa Cárdenas

Daniel Eugenio Salamanca Mahecha

David Alejandro Reyes Avellaneda

Diana Blach Vargas

Edgar Camilo Figueroa Rivera

Edwin Ricardo Garrido Weber

Gustavo Adolfo Acosta Rodríguez

Jaime Ricardo Laguna Chacón

Jesús Manuel Hernández González

Jhoan Nicolás Villarreal Moreno

Juan David Pachón Gómez

Juan Sebastián Flórez Tabares

Juan Sebastián Piñeros Alemán

Julio Cesar Socarras Ballesta

Karen Yaritza Daza Nieto

Katerine Yaneth Liñán Montero

Leidy Daniela Gómez Orjuela

Libeth Jaimes González

Luis Gilberto López Muñoz

María Cristina Ospina Ladino

María Valentina Andrade Gómez

Nicolás David Vargas Trujillo

Óscar Iván Vargas Pineda

Rosa María Socarras Epinayu

Sebastián Steven Beltrán Jiménez

Stefany Serna Toro

Tatiana Pérez García

Teresa de Jesús Altamar Pérez

Valeria Fuentes Valdés

Yaceris Mercedes Castro Escorcía

Yildier Fabián Bejarano Ruiz

EDICIÓN Y DIAGRAMACIÓN

Grupo de Investigación NOVA

Centro de Desarrollo

Agroempresarial y Turístico del
Huila.



© Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA
ISSN: 2805-7880 Congreso Agroempresarial SENA
Colombia, 2020.
Primera edición
Edición digital

Hecho el depósito que exige la ley.

El contenido de esta obra no compromete a la institución, corresponde al derecho de divulgación de resultados de investigación de los autores. Todos los derechos reservados.

Puede reproducirse libremente para fines no comerciales.

Catalogación en la publicación. SENA Sistema de Bibliotecas

Congreso Agroempresarial SENA (1o. : 2020)

Compendio de ponencias destacadas Congreso Virtual Agroempresarial SENA 2020. -- La Plata, Huila : Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Centro de Desarrollo Agroempresarial y Turístico del Huila, 2020.

1 recurso en línea (113 páginas : PDF). -- (Congreso Agroempresarial SENA, ISSN 2805-7880)

Referencias bibliográficas al final de cada capítulo.

Contenido: Razones de cambios y tendencias de la estructura agrícola del departamento del Huila – Efecto de la Densidad de Siembra en la Producción de Moringa Oleífera – Determinación del Factor Fotoprotector del Extracto Acuoso de *Phlebodium Aureum* en una Emulsión -- Evaluación de la Concentración de Terpenos en Extractos Full Spectrum de *Cannabis Sativa L.* – Elaboración de Butifarra con Incorporación de Harina de Cáscara de Maracuyá como Extensor – Evaluación de Emulsión en Proteína Vegetal a base de *Pleurotus Pulmonarius* y Lenteja – Formulación de Aglutinantes para un Producto Tipo Loncha a base de Orellana (*Pleurotus Pulmonarius*)

1. Innovaciones agrícolas--Congresos, conferencias, etc. 2. Agricultura-Investigaciones--Congresos, conferencias, etc. I. Centro de Desarrollo Agroempresarial y Turístico del Huila.

CDD: 630

Contenido

Razones de Cambios y Tendencias de La Estructura Agrícola del Departamento del Huila.....	5
Efecto de la Densidad de Siembra en la Producción de Moringa Oleífera.....	16
Prototipo de un Sistema de Reconcomiendo Visual para Determinar el Grado de Madurez de la Mauritia Flexuosa en el Departamento del Guaviare.....	25
Implementación de Cultivos de Ají Pimentón en Sistemas Acuapónicos en el Centro Agroempresarial y Acuícola.....	35
Producción intensiva de Tilapia Roja (<i>Oreochromis Sp</i>) en el Sistema Ras del Centro Agroempresarial y Acuícola.....	44
Aislamiento de Bacterias Acidolácticas de Leche de Cabra: Bioalternativa para la Conservación de Alimentos.....	54
Determinación del Factor Fotoprotector del Extracto Acuoso de Phlebodium Aureum en una Emulsión....	60
Evaluación de la Concentración de Terpenos en Extractos Full Spectrum de <i>Cannabis Sativa L</i>	75
Elaboración de Butifarra con Incorporación de Harina de Cáscara de Maracuyá como Extensor.....	84
Evaluación de Emulsión en Proteína Vegetal a base de <i>Pleurotus Pulmonarius</i> y Lenteja.....	96
Formulación de Aglutinantes para un Producto Tipo Loncha a base de Orellana (<i>Pleurotus Pulmonarius</i>)..	105

Razones de Cambios y Tendencias de La Estructura Agrícola del Departamento del Huila

Reasons for Changes and Trends in the Agricultural Structure of the Department of Huila

María Valentina Andrade Gómez¹ y Leidy Daniela Gómez Orjuela²

¹ Colombiana. Universidad Surcolombiana, Neiva - Huila

² Colombiana. Universidad Surcolombiana, Neiva - Huila

Resumen

Los productos agrícolas del Huila históricamente se han destacado por su significativa contribución para el crecimiento del PIB departamental; si bien, el Huila posee una de las mayores variedades de suelos térmicos que facilita el aprovechamiento de los suelos y áreas agrícolas con los más de 50 productos, donde varios de ellos gozan de reconocimiento nacional e internacional. No obstante, se ha observado en los últimos 20 años cambios en niveles de producción y rendimientos en su comportamiento, llegando a perder vocación o incluso a desaparecer, como el tabaco rubio, sorgo, soya, arveja, entre otros.

Cabe agregar, que la presente investigación tiene como objetivo analizar las razones de cambios y tendencias de la estructura agrícola del departamento del Huila; además, del interés por encontrar respuestas que contribuyan a comprender la pertinencia del sector agrícola como actividad económica para el desarrollo, crecimiento y competitividad en el departamento; desarrollado en el marco del proyecto de investigación “Análisis del comportamiento de los cultivos Anuales, Permanentes, Semipermanentes, y Transitorios según la estructura agrícola del departamento del Huila, en el periodo comprendido entre 1997 a 2017”.

Por tanto, a través de un estudio mixto se realizó un análisis documental, estadístico y de tendencias que partió desde los enfoques de Von Thünen y Michel Godet; donde se obtuvieron como resultados que la preferencia de los consumidores y competitividad son las principales razones de los cambios y tendencias. Además, se ejecutaron dos métodos de prospectiva: el Mic Mac, que identificó las variables estratégicas para impulsar el sector agrícola: capacitación a agricultores, asistencia técnica y tecnificación; finalmente, con el Smic probExpert que determinó el escenario agrícola a 2030 con crecimiento potencial en cultivos permanentes y semipermanentes, pérdida de vocación en los anuales y niveles estables en los transitorios.

Palabras clave: Cambios, cultivos, sector agrícola, tendencias y vocación.

Abstract

The agricultural products of Huila have historically stood out for their significant contribution to the

growth of the departmental GDP; However, Huila has one of the largest varieties of thermal soils that facilitates the use of soils and agricultural areas with more than 50 products, where several of them enjoy national and international recognition. However, in the last 20 years changes in production levels and performance have been observed in their behavior, losing their vocation or even disappearing, such as blond tobacco, sorghum, soybeans, peas, among others. It should be added that this research aims to analyze the reasons for changes and trends in the agricultural structure of the department of Huila; in addition, the interest in finding answers that contribute to understanding the relevance of the agricultural sector as an economic activity for development, growth and competitiveness in the department; developed within the framework of the research project "Analysis of the behavior of Annual, Permanent, Semi-permanent, and Transitory crops according to the agricultural structure of the department of Huila, in the period from 1997 to 2017".

Therefore, through a mixed study, a documentary, statistical and trend analysis was carried out that started from the approaches of Von Thünen and Michel Godet; where the results were obtained that consumer preference and competitiveness are the main reasons for changes and trends. In addition, two prospective methods were implemented: the Mic Mac, which identified the strategic variables to promote the agricultural sector: training for farmers, technical assistance and technification; finally, with the Smic probExpert that determined the agricultural scenario to 2030 with potential growth in permanent and semi-permanent crops, loss of vocation in annuals and stable levels in transitory ones.

Keywords: Changes, crops, agricultural sector, trends and vocation.

1. Introducción

La investigación se desarrolló con el propósito principal de analizar las razones de cambios y tendencias de la estructura agrícola del departamento del Huila. En ese mismo sentido, y dada la importancia de la agricultura para el departamento, se determinó la tendencia agrícola a 2030. Se resalta la intención de contribuir e impulsar el sector agrícola bajo las condiciones territoriales dadas en base a los resultados obtenidos.

Para el cumplimiento de los objetivos anteriormente nombrados, se realizó una revisión a los anuarios estadísticos agropecuarios del Huila, facilitados por la secretaria de agricultura del departamento, como también, informes estadísticos del Departamento administrativo nacional de estadísticas, consultados en la página principal del DANE. De igual forma, se realizó trabajo de campo, en el cual se logró la aplicación de 50 encuestas entre agricultores, funcionarios del sector, federaciones y agremiaciones, en 10 municipios del departamento del Huila, escogidos de manera aleatoria y partiendo de un análisis documental y observación directa del contexto.

Cabe agregar, que, para el departamento del Huila, la rama de agricultura se posiciona entre las principales y de mayor aporte para el crecimiento del PIB y desarrollo del departamento, según da-

tos obtenidos por el DANE, la rama de la Agricultura, pesca, ganadería, caza y silvicultura presentó para el 2016 un crecimiento de 2,4%, una participación del 15,4% y una contribución al PIB departamental del 0,38 %. La Construcción con una participación del 17,2%, un crecimiento del 3,24%; siendo esta la de mayor aporte para el 2016 al PIB con una contribución del 0,55 % y la rama del suministro de electricidad, gas y agua con una participación del 3,7 %, un crecimiento del 13,8 % y una contribución del 0,52 % al PIB.

De acuerdo a lo anterior, la rama de la Agricultura, pesca, ganadería, caza y silvicultura, a tenido una importante y significativa participación en el transcurso de los años al PIB departamental, lo que nos permite concluir que la estructura económica del departamento es agrícola, razón por la cual, se decide hacer un análisis más exhaustivo de la situación del sector en el departamento, debido a que presenta variaciones negativas, observándose un cambio en la estructura agrícola

del departamento, pues cultivos que hace más de 10 años tenían grandes niveles de producción, actualmente han desaparecido o ha disminuido en gran proporción; por tal razón, surge la necesidad de realizar un estudio que nos permita analizar el comportamiento de los cultivos anuales, transitorios, permanentes y semipermanentes en el departamento, durante un periodo de tiempo de 20 años, como también, poder definir unas

variables estratégicas que ayuden al mejoramiento de la agricultura y contribuyan al desarrollo y crecimiento del sector, si se trabaja sobre ellas.

De acuerdo con los razonamientos que se han venido realizando, se plantearon las siguientes preguntas: ¿Cuáles son las razones de cambios y tendencias del sector agrícolas?, y, ¿Cuál será la tendencia del sector agrícola según su categoría de cultivos anuales, permanentes, semipermanentes y transitorios?

MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE

Sector agrícola

El análisis de la agricultura en el mundo; ha sido un tema de estudio de interés local, nacional e internacional a través del tiempo, por diferentes entidades y academias, debido a que, sustenta varias economías del mundo y su producto responde a necesidades básicas del ser humano. Bajo un estudio realizado en 1948 en Venezuela se determinó que la producción agrícola se distribuye, lo mismo que la población, en una forma muy irregular. Casi la totalidad de las tierras cultivadas se encuentran en laderas y valles de las cordilleras de los Andes y de la Costa. Venezuela casi no tiene regiones cultivables planas y extensas.

(Fernandez & Fernandez R, 1948) En su libro *La Agricultura en Venezuela* afirma lo siguiente: “La agricultura se ha desarrollado entre montañas, en lucha con una topografía fragosa y con dificultades para los transportes. Las muy frecuentes inundaciones, que suceden en todo el territorio, rellenan valles con sus depósitos y aumentan el espesor de la capa vegetal.

En el contexto Nacional y local; según una investigación sobre “La agricultura y el desarrollo en Colombia en los periodos 2011-2013” se determinó que “el sector agropecuario es de gran importancia para el crecimiento económico de los países, además de ser fuente de alimentos y de materias primas para la industria, es, por excelencia, uno de los sectores que genera empleo y divisas a través de las exportaciones, y, por tanto, contribuye al crecimiento y desarrollo económico. En Colombia, el sector genera más del 20 % de empleo en el país, y casi el 50 % en el sector rural. Las políticas dirigidas al campo colombiano se enmarcan

en los planes de desarrollo implementadas a nivel nacional, y dichos planes, de una u otra forma, han estado ajustados a las teorías económicas prevalecientes en cada momento” (Cardenas Pinzon & Vallejo Zamudio, 2016) (Bahamon & otros, 2017) En su libro *Análisis de las oportunidades de la actividad cacaotera como apuesta productiva en el departamento del Huila*, mencionan lo siguiente: “La globalización tiene una influencia en el comportamiento de las tendencias en los cultivos, ya que es el procedimiento de la libre circulación de capitales, mercancías y factores de producción entre los países, es decir, los países intercambian sus producciones, y a los que le sobra capital lo invierten en los países que tengan mayor escasez del mismo y lo remuneren mejor. Como consecuencia de este proceso se ha dado mayor apertura al comercio internacional, intercambio tecnológico y de ideas, movimientos laborales, entre otros, que han provocado que los países en desarrollo se conviertan en más competitivos para enfrentar la competencia internacional y así incursionar en el mercado exterior”

Territorio

La teoría de la localización de los suelos tiene su origen en los trabajos que hizo en Alemania en 1826 Johann Heinrich Von Thünen, en su trabajo pionero: “Construyó un modelo muy útil, basado en los precios de la tierra, la calidad de la misma y los costos de transporte, para explicar la división del trabajo entre los centros urbanos y las áreas rurales dedicadas a la agricultura” (Moncayo Jimenez, 2018)

Cabe destacar que la idea principal de la teoría se enfoca en que la renta varía respecto a la distancia en referencia al mercado. A este tipo de renta se le llama renta de localización o renta de ubicación. Según (Gaviria Rios, 2016) “Von Thünen reconoció que el hombre trata de resalver sus necesidades económicas en el entorno inmediato, reduciendo sus desplazamientos al mínimo. Se pre-juntó por qué los lotes de tierra, con las mismas características tenían diferentes usos. Concluyó que se explicaba por la distancia al mercado.”

El Plan Integral de desarrollo agropecuario y rural con enfoque territorial, con el escenario “una apuesta de todos”, planteado en una

investigación sobre el futuro del Huila 2034 menciona que “Las regiones centro y sur del Huila fortalecieron el proceso de internalización de su economía mediante el acceso a mercados diferenciados y selectos en países desarrollados, así mismo se destaca en el panorama regional y nacional por el crecimiento integral de la región”.

Análisis regional

En esta referencia, se destaca el modelo de prospectiva historia, el modelo de prospectiva se ha caracterizado porque no considera que el futuro sea solo una especie de prolongación del pasado, sino que se estudia varias opciones entre los eventos y las interacciones. Por tanto, este modelo realiza una reflexión del presente con aclaraciones que permitan visualizar posibles futuros que puedan ocurrir. Según, Godet la prospectiva sirve para “determinar e identificar el futuro deseado para comprometer la acción presente de acuerdo con ese futuro” (Godet, De la anticipación a la acción, 1993)

se destaca el programa Mic-Mac siendo “El análisis estructural es una herramienta de estructuración de una reflexión colectiva. Entre tanto, la posibilidad de describir un sistema con ayuda de una matriz que relaciona todos sus elementos constitutivos” (Godet Michel, 1971)

Finalmente, el segundo método Smic probExpert cuyo objetivo va orientado a: “Determinar probabilidades simples y condicionales de hipótesis y/o eventos, lo mismo que las probabilidades de combinaciones de estos últimos, teniendo en cuenta las interacciones entre eventos y/o hipótesis.” (Michel Godet, 1971)

2. Materiales y Métodos

Tipo de Investigación

La metodología adoptada es mixta (cualitativa y cuantitativa) y correlacional con observación directa; mediante un análisis documental con el rastreo de los anuarios estadísticos agrícolas desde 1997 a 2017, análisis estadístico para la tabulación y graficación de los resultados; por último, un análisis tendencial por medio del modelo de prospectiva ya que el estudio va encaminado a analizar el comportamiento histórico de los

cultivos, sus razones de cambio y su tendencia productiva a 2030 del sector agrícola en el departamento del Huila. (Sampieri, 2014)

Técnicas e Instrumentos de Investigación

A. Fuentes primarias: Se ha diseñado la encuesta semiestructurada como herramienta de aplicación que es una técnica de recolección de información que permite explorar cuestiones que hacen a la subjetividad y al mismo tiempo obtener datos numéricos que se pregunta mediante un cuestionario por el investigador, con la cual fue posible recopilar los datos necesarios para responder a los objetivos propuestos. De igual forma por medio de la observación directa, es decir, tomar nota e información del panorama actual y condiciones futuras.

B. Fuentes secundarias: Documentos relacionados con el tema, estudios de Fedesarrollo, cámara de comercio, Ministerio de Comercio, Industria, y Turismo, federación Nacional de Cafeteros, Cacaoteros, Arroceros, Algodoneros y Pasifloras; la información de los anuarios estadísticos agropecuarios del departamento del Huila proporcionados por la secretaría de agricultura.

Muestra: La población objeto de estudio son los municipios del departamento del Huila, por tanto, se seleccionó la muestra por medio de un muestreo aleatorio simple donde se determinaron 10 municipios a visitar que son: Rivera, Teruel, Santa Maria, Acevedo, San Agustín, Aipe, Campoalegre, La plata, Garzón, Gigante y Pitalito; donde los actores de la investigación son: agricultores, funcionarios de la agricultura de cada municipio, agremiaciones y federaciones.

Aplicación del modelo de prospectiva

Mediante los softwares MIC MAC y SMIC PROB EXPERT ejecutados en versión 2016, se desarrollaron 3 etapas, estas son:

1. DIAGNOSTICO: Por medio del análisis documental y estado del arte se determinó un panorama actual sobre las condiciones, características y planificación del sector mediado por instituciones territoriales, locales y productivas.

2. ESTUDIO DE CAMPO: Con la aplicación de las encuestas a expertos se identificaron los factores de cambio, variables claves y planteamiento de

hipótesis.

3. DIRECCIONAMIENTO ESTRATEGICO: Por la ejecución en ambos softwares se definieron mediante el análisis tendencial y documental la planeación estratégica y el escenario apuesta de la agricultura en el Huila a 2030.

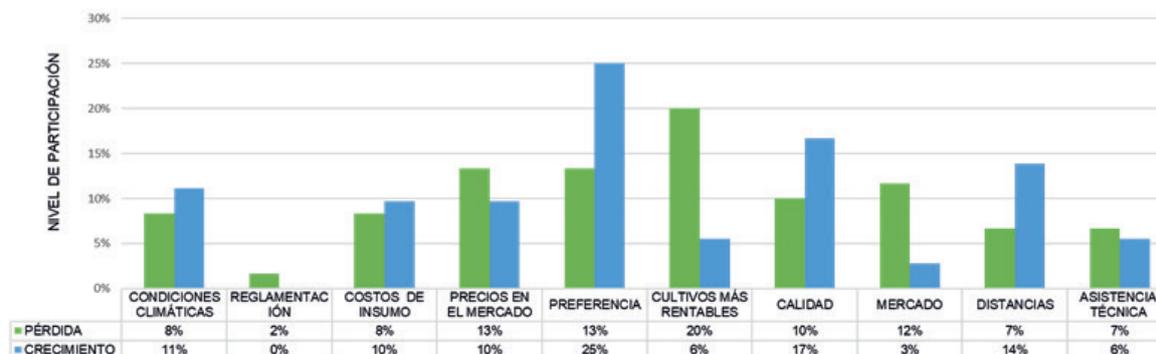
3. Resultados

Razones de cambios y tendencias

En los anuarios estadísticos agropecuarios se identificaron 53 tipos de cultivos. agrupados en

Figura 1

Razones de cambios y tendencias del sector agrícola.



Nota: Elaboración propia, en base a los resultados obtenidos en el trabajo de campo

Como resultado del trabajo investigativo, se indica que la pérdida de vocación agrícola es evidente en 15 tipos de cultivos, cuyas causas se resumen en la figura 1; Siendo la rentabilidad en otros tipos de cultivos, la preferencia de los consumidores y la pérdida de mercado las razones que determinan en mayor proporción este hecho.

En efecto, los cultivos que experimentan este hecho de pérdida en el periodo de análisis son los cuales requieren mayor demanda por servicio de asistencia técnica y el uso de insumos por ser constantes su afectación por la presencia de plagas y enfermedades, son tomate de mesa, lulo, maíz y este hecho por sí solo, eleva los costos de producción y reduce el margen de rentabilidad del cultivo.

Precisando que, 24 cultivos tales como el café, cacao, aguacate, arroz riego, cholupa, entre otros; experimentaron en el periodo de estudio un crecimiento, explicado por condiciones de precios

cuatro categorías definidos por su horizonte de siembra y cosecha así: anuales (4), permanentes y semipermanentes (27) y transitorios (22), los cuales han presentado diferentes variaciones como la pérdida de vocación o crecimiento. A continuación, se mostrarán las razones identificadas en el trabajo de campo, las cuales sustentan los cambios y tendencias de los cultivos agrícolas detallados en los 20 años de estudio para el departamento del Huila.

altos en el mercado, preferencia de los consumidores, el clima, la asistencia técnica, entre otras razones, según se evidencia en la figura 1.

1. Se conocerán las razones de cambios y tendencias identificadas en la salida de campo, según los resultados de la encuesta aplicada a los diferentes municipios de departamento del Huila, dándole de igual manera, respuesta al primer objetivo planteado.

Cabe agregar que, un total de 14 cultivos permanecen estables, según su comportamiento, identificando en los datos recopilados poca o nula variación en su hectáreas cosechadas o sembradas, como también en su nivel de producción, en los cuales se destacan el frijol tecnificado en 2005 con 16.344 hectáreas sembradas y en el 2016 con 16.813 ha ,plátano intercalado en 2008 con 25.224 hectáreas sembradas y en el 2017 con

25.027 ha, maracuyá en 2007 con 1.580 ha y en 2017 con 1.524 ha, guayaba, plátano solo, frijol tradicional, maíz tradicional, entre otros; las razones responden a la tradición comercial, estabilidad del mercado y productividad, y la preferencia de los consumidores.

ANÁLISIS PROSPECTIVO DEL SECTOR AGRICOLA2

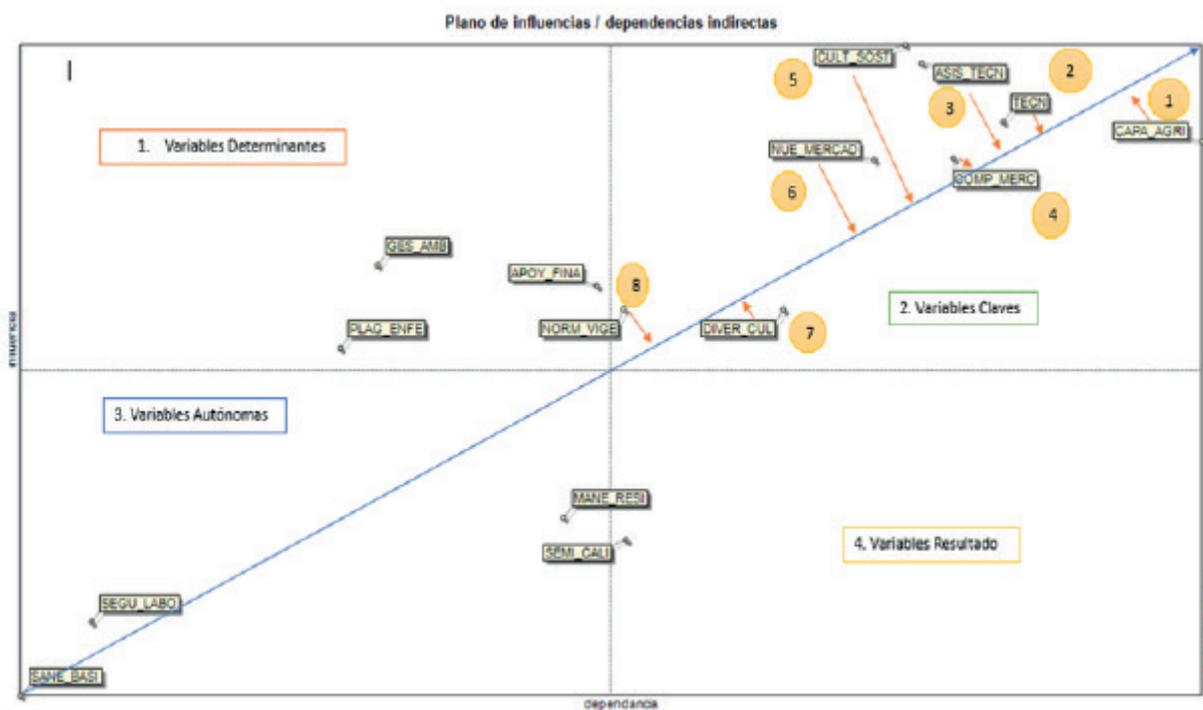
El análisis prospectivo del sector agrícola en el departamento del Huila, con la participación de expertos ubicados en cada uno de las localidades visitadas y agremiaciones, permitió identificar las variables estratégicas y su descripción de compo

mentos, que soportan el análisis de relaciones de influencias y dependencias en la matriz de impactos cruzados con la ayuda del software Mic Mac (Astigarraga, 2016), En la tabla 1. se interrelación todos los elementos o variables que se consideraron de mayor impacto o influencia para el sector agrícola del departamento del Huila.

2. Presentación de los resultados obtenidos con la aplicación del software MIC-MAC, con el cual se conocerán las variables claves para impulsar el desarrollo y crecimiento del sector agrícola.

Figura 2

Plano de influencias / dependencias indirectas



Nota: Software MIC-MAC

En la Figura 2, se muestra el primer resultado generado por el software, MIC-MAC, el cual ubica las 15 variables estratégicas anteriormente nombradas en cada uno de sus cuadrantes.

La relación de influencia y dependencia de las variables permitió estimar el papel que cada variable cumple en el sistema territorial, identificando cuáles de ellas tienen mayor dependencia y cuáles

están determinadas por su relación con las otras variables, proporcionando una visión más comprensiva de los aspectos críticos a tener en cuenta para el desarrollo del sector agrícola. La tabla 1, muestra el papel de cada variable (determinantes, claves, autónomas y de resultado) identificando lo que cada rol significa para el sector agrícola.

Tabla 1

Identificación de las variables en cada cuadrante y su papel en el sector.

Rol	Descripción del papel en el sector agrícola.	Variables
VARIABLES DETERMINANTES	Son las variables que ejercen mucha influencia y baja dependencia en el sector agrícola, estas son determinantes en el comportamiento del sector ya que lo definen en forma significativa, esto indica que, su evolución tendrá una repercusión importante y las acciones que se deben emprender para cambiar su comportamiento deben estar explícitamente concentradas en ellas mismas. Son variables de entorno o de contexto generalmente.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Gestión ambiental. ✓ Manejo adecuado de plagas y enfermedades. ✓ Apoyo a financiación
VARIABLES CLAVES	En este cuadrante se ubican las variables que ejercen una fuerte influencia sobre las otras; por ende, son aquellas que tienen alta capacidad de modificar el sector, pero, debido a que también son altamente dependientes, el comportamiento de estas variables está comprometido por el de las otras. Podemos decir que este es el corazón del sistema, ya que define la forma como se producen los flujos o procesos a su interior y permite conocer los mecanismos particulares como opera, con un papel alto de intermediación que muchas veces está oculto en una visión lineal de causa efecto.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Capacitación a los agricultores. ✓ Tecnificación. ✓ Asistencia técnica. ✓ Competitividad en los mercados. ✓ Cultivos sostenibles. ✓ Incursión en nuevos mercados. ✓ Diversificación de cultivos. ✓ Normatividad vigente.
VARIABLES AUTÓNOMAS	En el tercer cuadrante se encuentran las variables más independientes que motrices, es decir, que no ejercen influencia en las demás variables, y tampoco la reciben de ellas. Estas variables son neutrales para el sistema ya que su comportamiento está determinado por condiciones que no fueron considerados en el análisis del sector, por ende, se toman estas variables como irrelevantes para la evolución integral del sector agrícola o que también pueden corresponder a situaciones pasadas en el sector.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Saneamiento básico. ✓ Seguridad Laboral. ✓ Manejo adecuado de residuos.
VARIABLES DE RESULTADO	Esta variable tiene poca motricidad y mucha dependencia, es decir, el comportamiento de esta lo determinan las demás variables. La actuación de ella es el resultado mismo del sector, por ende, las acciones directas sobre esta variable serían inútiles si el resto del sistema no se ajusta.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diversificación de cultivos

Nota: Elaboración propia en base a los resultados obtenido por el software MIC-MAC, mostrados en el plano de influencias.

Software Smic Pro-Expert3

Por otra parte, y con la ayuda del software Smic ProExpert, a partir de la elección de las 20 variables estratégicas se tomó en cuenta los resultados de las encuestas a los expertos, además del análisis del comportamiento de cada cultivo con mayor influencia significativa en el sector agrícola. A juicio del investigador, se seleccionaron 3 cultivos anuales (Achira, Cebolla Junca y yuca),

7 cultivos transitorios (Arroz riego, Maíz, papa, sorgo, Tomate de mesa, Hortalizas, pepino) y 10 permanentes y semipermanentes (Café, cacao, cholupa, banano, guanábana, lulo, cítricos, uva, piña, y aguacate); esto para identificar el estado actual por cada tipo de cultivo significativo según sus niveles de producción por categoría que permitiera el planteamiento de probabilidades en 3 hipótesis a evaluar.

Cabe resaltar que la importancia relativa de las hipótesis se debe a que responden a la estructura agrícola del departamento del Huila y a determinar la tendencia a 2030 de la misma.

Para determinar su nivel de probabilidad de ocurrencia, calificado de 0 a 1, donde 0 es nada probable y 1 es muy probable; una vez aplicado el método Smic ProbExpert , y con el propósito

de contrastar las hipótesis antes formuladas se obtiene que para la hipótesis Cultivos Anuales la probabilidad de ocurrencia es 0,57 , para la hipótesis Cultivos Transitorios la probabilidad es 0,46 y para la hipótesis de Cultivos permanentes y semipermanentes la probabilidad es de 0,62; Por tanto se determina que las tres hipótesis planteadas son muy probables a que ocurran en el horizonte definido.

Tabla 2

Evaluación de Hipótesis del escenario apuesta agrícola a 2030

Cultivos	Hipótesis/descripción	Probabilidad	Nivel de ocurrencia
Anuales	<u>Pérdida de vocación en niveles de producción</u> , por la falta de tecnificación, asistencia técnica y competitividad en el mercado.	0,57	Probable 66% Muy Probable 33%
Transitorios	<u>Niveles estables y crecimiento de producción</u> , a excepción del <u>sorgo, tabaco rubio, algodón y soya</u> que desaparecen por completo, por pérdida de mercado, condiciones climáticas, asistencia técnica y políticas gubernamentales.	0,462	Bastante Probable 33% Probable 66%
Permanent y semipermanentes	<u>Crecimiento en niveles de producción y rendimientos</u> , siendo comercialmente competitivos y exportables en más del 45% del total de producción. Solo presenta <u>niveles estables de producción en guanábana, guayaba, mango</u> . En respuesta a la correcta asistencia técnica y al uso de las buenas prácticas agropecuarias.	0,624	Probable 33% Muy Probable 66%

Nota: Elaboración propia en base a los resultados del Software SMIC PROB EXPERT, 2020

Tal como se evidencia, las hipótesis planteadas tienen un alto grado de probabilidad de ocurrencia, por tanto, el escenario futuro propuesto por la Agencia de desarrollo rural sobre el eje estratégico de competitividad para el sector agropecuario indica que para el 2038 el departamento cuenta con los sectores productivos priorizados, que vinculan a través de la extensión agropecuaria al 25% de unidades de producción, en ejercicios de transferencia y aplicación de tecnología; con prioridad en temas de cuidado del medio ambiente, economía familiar, comercio internacional y coordinación de la producción agroecológica. Entre tanto, se priorizan los cultivos en materia de cafés especiales, cacao, panela, frutas, hortalizas y aguacate fortalecidos mediante la agroindustria, basada en tecnologías limpias con avances significativos; al mismo tiempo con acompañamiento para realizar investigación y desarrollo en sistemas de producción más eficientes con generación de

semillas resistentes a enfermedades y mayor índice de productividad y el obtenido tienen coherencia con alta sinergia en cuanto a la tendencia agrícola productiva del departamento del Huila para el 2030.

Probabilidades Simples y Condicionales

Entre tanto, por medio de las probabilidades simples y condicionales se establece que en el escenario futuro donde para los cultivos anuales es probable que la cebolla junca tienda a perder vocación en producción hasta en un 45%, debido a la competitividad nacional del cultivo y la asistencia técnica e insumos que requiere para mantener su calidad; sin embargo, la achira tiende a desaparecer por la competitividad del mercado y las condiciones de incertidumbre propias del cultivo donde no existe tecnificación. Por último, la yuca tiende a mantener niveles estables entre 15.000 toneladas al año.

Para los cultivos transitorios la probabilidad de ocurrencia es menor con 0,46 y la que tiene mayor riesgo de ocurrencia, ya que esta depende de las condiciones climáticas, asistencia técnica y normatividad vigente. En consecuencia, el cultivo de El cultivo papa tiende a perder vocación en consecuencia de la falta de selección y clasificación de la semilla, establecimiento del cultivo, desarrollo del cultivo, sanidad del cultivo, y cosecha y pos cosecha; por otro lado, el sorgo y la soya tienden a desaparecer su producción en respuesta a demanda local y nacional; donde su uso deja de ser comercial y afectados por los tratados de libre comercio y su baja rentabilidad. Sin embargo, el arroz riego tiene a crecer sus niveles de producción por su calidad y competitividad de mercado.

Los cultivos permanentes y semipermanentes son los más probables a ocurrir, esto al comportamiento histórico de crecimiento y a las fortalezas propias de cultivos del café, cacao, banano, cholupa, lulo, guanaba y aguacate; adicionalmente la incorporación de agroindustria con procesos limpios para la calidad del producto, sostenibilidad con control asistido para las plagas y enfermedades.

Finalmente, mediante las probabilidades condicionales, que identifican la relación dependiente o independiente entre las hipótesis; se concluyó que para el sector agrícola las variables son dependientes relacionadas, debido a que las tres hipótesis (Cultivos anuales, transitorios, permanentes y semipermanentes) responden a la estructura agrícola, es decir, para que los cultivos de café, cacao, aguacate y cholupa tengan crecimiento la achira, cebolla junca y arracacha pierden vocación, de igual forma para que el arroz riego, maíz tecnificado, hortalizas y cítricos presenten crecimiento; los cultivos del sorgo, soya, algodón, frijol tradicional tengan pérdida de vocación. En ese orden de ideas, la dependencia responde al comportamiento del mercado, las condiciones de clima y suelo, asistencia técnica y preferencia de los consumidores.

3. Presentación de los resultados obtenidos por el software Smic Pro-Expert, con el cual se conoció la tendencia de la estructura agrícola del departamento, con la finalidad de dar respuesta al segundo objetivo planteado.

4. Discusión

En consecuencia, mediante de los resultados obtenidos del presente estudio se permite determinar la alta influencia del sector agrícola en la economía regional, si bien, las entidades territoriales desde el 2015 le apuntan fuertemente a su fortalecimiento, mediante este estudio se definieron las principales razones de cambio y tendencia del comportamiento agrícola responden a la preferencia del consumidor, la competitividad y las distancias de renta; además de la variables claves para potenciar el sector como capacitación a los agricultores, tecnificación y asistencia técnica.

En ese sentido, se pretende que los planes de acción frente a la agricultura tengan en cuenta los resultados obtenidos para que contribuya a impulsar y potencializar el sector en el departamento. Por otro lado, se determinó que la teoría de localización de Von Thünen “Basado en los precios de la tierra, la calidad de la misma y los costos de transporte, para explicar la división del trabajo entre los centros urbanos y las áreas rurales dedicadas a la agricultura”; es una de las razones que explica el comportamiento del sector agrícola, ya que la distancia de la tierra a los mercados y los costes de transporte influye en los niveles de producción y rentabilidad; Sin embargo, en el trabajo de campo realizado se identificó mediante los expertos, razones adicionales a esta, en las que se destaca la existencia de cultivos más rentables como razón principal de la pérdida de vocación; dé la misma manera la corta distancia a los mercados y los menos costes de transporte soportan el comportamiento de crecimiento agrícola en los cultivos.

Basado en lo anterior y en consideración al contexto de la agricultura a nivel local, regional, nacional e internacional; para la región Surcolombiana este sector responde a una contribución al PIB del 0,38 % en respuesta a las condiciones climáticas, geográficas, hídricas y áreas agrícolas que permiten cosechar productor de alta calidad con reconocimiento internacional como el café, cacao, pasifloras y aguacate, que son altamente demandados.

Sin embargo, este escenario se puede ver afectado por la situación actual que se está viviendo a nivel mundial por la pandemia del covid-19 la

cual según expertos” Tendrá efectos devastadores sobre la economía mundial, seguramente más intensos y distintos que los sufridos durante la crisis financiera global de 2008-2009, y que los países latinoamericanos y caribeños no estarán ajenos a ellos, ya que serán impactados a través de varios canales” (Barcena, 2020)

Igualmente, las actividades del sector agrícola, se verían afectadas por la escasez de mano de obra debido al confinamiento obligatorio, reducción en los insumos por los cierres fronterizos y las interrupciones en los mercados por la falta de transporte y movilidad; un ejemplo de ello es la temporada de cosecha entre abril y junio de 2020 para la recolección de café la cual se verá afectada por varios de los factores mencionados.

5. Conclusiones

En conclusión, las razones que sustentan los cambios en la pérdida de vocación son: existencia de cultivos más rentables, preferencia de los consumidores, precios bajos en el mercado, plagas y enfermedades, asistencia técnica y condiciones climáticas; y las razones que sustentan el crecimiento en la producción agrícola son: preferencia de los consumidores, calidad, cortas distancias, costos bajos de insumos, precios bajos en el mercado y buenas prácticas agrícolas.

Finalmente, la aplicación de los modelos de prospectiva donde se determinó la tendencia de la estructura productiva del sector agrícola a 2030, está relacionado por el tipo de cultivo, es decir, los cultivos anuales tienen tendencia a pérdida de vocación, los transitorios crecimiento y niveles estables y los permanentes y semipermanentes a crecimiento. En ese orden de ideas la tendencia del sector es a tener un crecimiento potencial agrícola de algunos cultivos específicos y a la desaparición de otros; también a pérdida de vocación en los menos rentables y con mayor asistencia técnica. Y con el método Mic Mac las variables estratégicas a tener en cuenta para cumplirlo son: capacitación a los agricultores, la tecnificación, asistencia técnica, competitividad en el mercado, cultivos sostenibles, incursión en nuevos mercados, diversificación de cultivos y normatividad vigente.

Agradecimientos

Al culminar esta experiencia académica e investigativa deseamos expresar nuestros agradecimientos a los agricultores, funcionarios de agricultura, federaciones y agremiaciones del departamento del Huila, quienes, a través de su aporte y respuesta con el trabajo de campo que hizo posible la materialización de este estudio. Así mismo, agradecemos la valiosa contribución de los profesionales de la secretaria de agricultura y minería del Huila por compartirnos las evaluaciones de los anuarios estadísticos agropecuarios desde 1997 a 2017.

A la Universidad Surcolombiana desde la Vicerrectoría de investigación y Proyección Social, así mismo al tutor Luis Alfredo Muñoz Velasco, por su acompañamiento integral y las sugerencias a lo largo del desarrollo investigativo. Gracias a todas las personas que con su apoyo científico y humano contribuyeron en la ejecución de este trabajo de investigación que esperamos sea útil y de impacto para el departamento del Huila, por último, gracias a nuestras familias por su apoyo incondicional.

Referencias

Agencia de Desarrollo Rural ADR. (2019). Plan Integral de desarrollo integral agropecuario con enfoque territorial. Obtenido de Departamento del Huila: <https://mail.google.com/mail/u/1/#sent/KtbxLzGSswxhNtsRnzZTtxtXnBIXWbP-Tknq?projector=1>

Astigarraga, E. (2016). Prospectiva.eu. Obtenido de MIC MAC. Análisis Estructural: [http://www.prospectiva.](http://www.prospectiva.eu/cursoprospectiva/programas_prospectiva/micmac)

[eu/cursoprospectiva/programas_prospectiva/micmac](http://www.prospectiva.eu/cursoprospectiva/programas_prospectiva/micmac)

Barcena, A. (19 de 03 de 2020). CEPAL-Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Obtenido de COVID-19 tendrá graves efectos sobre la economía mundial e impactará a los países de América Latina y el Caribe: <https://www.cepal.org/es/comunicados/covid-19-tendra-graves-efectos-la-economia-mundial-impactara-paises-america-latina>

FAO. (2015). La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado el 2020, de Agricultura Sostenible: <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/sustainable-agriculture/es/>

FAO. (2020). La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Obtenido de Recomendaciones de la FAO sobre las tareas de siembra y cosecha durante el brote de COVID-19 utilizando calendarios de cultivos: <http://www.fao.org/2019-ncov/covid-19-crop-calendars/en/>
Fernandez, & Fernandez R. (1948). . LA AGRICULTURA EN VENEZUELA. El Trimestre Económico. Obtenido de <http://ezproxy.usco.edu.co:2107/stable/20855017>

Gaviria Rios. (2016). Apuntes de desarrollo Económico. Obtenido de Teoría de VON THUNEN: <http://www.eumed.net/librosgratis/2010f/873/Teoria%20de%20la%20localizacion%20agricola%20de%20Von%20Thunen.htm>

Godet Michel. (1971). la prospective. Obtenido de El método Micmac: <http://es.lapropective.fr/Metodos-deprospectiva/Los-programas/67-Micmac.html>

Godet, M. (1993). De la anticipación a la acción. Barcelona: Marcombo. Obtenido de <http://administracion.uexternado.edu.co/matdi/clap/De%20la%20anticipaci%C3%B3n%20a%20la%20acci%C3%B3n.pdf>

Hernandez, A., & Becerra, A. (2013). Capital básico para la agricultura colombiana. En Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia. (L. Imprenta, Ed.) Obtenido de Sociedad de Agricultores Colombianos SAC,: https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Capital+b%C3%A1sico+para+la+agricultura+colombiana+Pol%C3%ADticas+para+el+desarrollo+de+la+agricultura+en+Colombia&author=Hern%C3%A1ndez+A&author=Becerra+A&publication_year=2013

Moncayo Jimenez, E. (s.f.). BIBLIOTECA VIRTUAL de Derecho, Economía y Ciencias. Recuperado el 14 de 08 de 2018, de Modelo de desarrollo Regional: Teorías y factores determinantes: <https://www.sogeocol.edu.co/documentos/0mode.pdf>

Sampieri, H. (2014). Metodología de La Investigación 6TA EDICION. Obtenido de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-dela-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

Efecto de la Densidad de Siembra en la Producción de Moringa Oleifera

Effect of Planting Density on Moringa Oleifera Production

Astrid Caballero Ropero¹ y Julio Cesar Socarras Ballesta²

1 Colombiano. Magister (C) en Extensión y Desarrollo Rural. Centro Agroempresarial, SENA, Cesar, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-5116-5639>. acaballero@sena.edu.co

2 Colombiano. Magister (C) en Nutrición y Biotecnología Alimentaria. Centro Agroempresarial, SENA, Cesar, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-5835-830X>. jsocarras@sena.edu.co

Resumen

La producción ganadera de Colombia presenta una problemática, la poca producción de forraje, por lo cual no es posible satisfacer las necesidades alimenticias del ganado bovino, generando el estancamiento de la producción de carne y de leche en zonas ganaderas. Por esta razón, es necesario complementar nuevos sistemas de adaptación de forrajes que garantice la disponibilidad de alimento bovino. Ahora bien, la finalidad del presente estudio fue establecer el efecto de la densidad de siembra sobre variables de crecimiento de Moringa Oleifera cultivada en la finca La Chinita del Centro Agroempresarial, SENA Regional Cesar, mediante investigación de campo de carácter experimental y enfoque cuantitativo; para el desarrollo del proceso experimental se llevó a cabo la siembra con un diseño al azar con factores que evalúa las densidades de siembra y se aplica 2 tipos de fertilización la orgánica e inorgánica (comparados frente a un testigo absoluto), a los 50 días después de siembra, se inició la recolección de datos (libro de campo), se registró los valores de seguimiento semanal de variables como altura de planta, diámetro del tallo y peso de biomasa; con los datos obtenidos se realizó el respectivo análisis de varianzas donde se concluye que cualquiera de las dosis de fertilización utilizadas produce el mismo crecimiento de las variables.

Palabras clave: cultivo; moringa; biomasa; forraje; proteína vegetal; alimento.

Abstract

The livestock production of Colombia presents a problem, the low production of forage, for which it is not possible to satisfy the nutritional needs of cattle, generating the stagnation of meat and milk production in livestock areas. For this reason, it is necessary to complement new forage adaptation systems that guarantee the availability of bovine feed. Now, the purpose of this study was to establish the effect of planting density on growth variables of Moringa Oleifera cultivated in the La Chinita farm of the Centro Agroempresarial, SENA Regional Cesar, through field research of an experimental nature and quantitative approach; For the development of the experimental process, the sowing was carried out with a random design with factors that assesses the sowing densities and 2 types of fertilization, organic and inorganic (compared to an absolute control), are applied 50 days later. After sowing, data collection began (field book), weekly monitoring values of variables such as plant height, stem diameter and biomass weight were recorded; With the data obtained, the respective analysis of variances was carried out, where it is concluded that any of the fertilization doses used produces the same growth of the variables.

Keyword: culture; moringa; biomass; forage; vegetal protein; food.

Introducción

Rico, G. (2017) menciona que, una de las actividades más importantes en Colombia es la ganadería, gracias a su aporte directo en la alimentación y a todas aquellas actividades derivadas a partir de la transformación de sus productos. Esta actividad contribuye a la economía del país generando empleo y utilidades al sector rural. Se debe agregar que la actividad ganadera contribuye a la economía local generando empleo y utilidades al sector rural, además de su papel indirecto en la producción industrial.

La ganadería es la actividad económica de mayor presencia en el territorio rural de Colombia. Anualmente se produce más de 7.000 millones de litros de leche y más de 800.000 toneladas de carne bovina que van a la mesa de los colombianos y para las exportaciones al mundo, como aporte a la permanencia de la seguridad alimentaria mundial. La ganadería de Colombia posee cerca de 28 millones de cabezas entre bovinos 95% y bufalinos 5%. El presidente ejecutivo de FEDEGAN José Félix Lafaurie Rivera, sostuvo que detrás de ese esfuerzo productivo hay cerca de 700.000 colombianos, la mayoría de ellos pequeños productores campesinos, que cuidan sus praderas, ordeñar y alimentar sus animales, en medio de las difíciles condiciones del campo y, actualmente, de los temores e incertidumbres de la emergencia sanitaria COVID 19, sin embargo, estos pequeños productores no permite que la producción ganadera se detenga (Agricultura de las Américas, 2020).

Ahora bien, Mahecha, Gallego y Peláez (2016), menciona que “Uno de los principales problemas de los sistemas ganaderos en Colombia, es la producción estacional de forrajes, encontrándose limitaciones en la satisfacción de las necesidades alimenticias de los bovinos, tanto en épocas de excesivo invierno o de lluvias como en las de intenso verano o sequía” pp.213-225. Situación que ha llevado a un estancamiento en la producción de carne y leche en las zonas ganaderas tropicales.

Además, ante las condiciones climáticas cambiantes, se presenta la escasez de pasturas de buena calidad para la alimentación y nutrición de ganado vacuno, porcino y equino, ya sea en explotaciones extensivas como intensivas en suelos

preferiblemente por debajo de los 1.000 msnm, hoy día se presenta una nueva era económica y excelente solución conocida a nivel mundial, pero poco en Colombia. Esta alternativa es el cultivo de Moringa oleifera arbustiva, originaria de la India y utilizada de forma tradicional en países de Asia y África como alimento humano, alimento animal y purificador de aguas, con propiedades especiales para la recuperación de los niños desnutridos y prevención de la ceguera, entre otros, mediante la zeatina y la hormona del crecimiento como acelerador y multiplicador en la producción de cultivos tradicionales. Tanto el extracto de las hojas como el tallo de la Moringa presentan inigualables propiedades para la producción de bioetanol (Garavito, 2008).

Ahora bien, muchos de los productores ganaderos del departamento del Cesar atraviesan graves problemas de alimentación, baja producción en leche y en carne, debido a que no hay forraje ni verde ni seco por la presencia del fuerte verano en la región de la costa norte. “A estos ganaderos les ha tocado comprar silo, heno y semillas de algodón para darle tortas de palmiste a los animales a los animales para que se mantengan y no se mueran de inanición” manifestó el director del Comité de Ganaderos de Codazzi (CONtexto ganadero, 2019).

Así que, para garantizar los requerimientos nutricionales en la producción bovina del país, se hace necesario implementar nuevos sistemas que involucren plantas arbóreas forrajeras que se adaptan a climas tropicales y que garanticen la disponibilidad permanente de alimento, supliendo los requerimientos de las especies bovinas en Colombia.

Como prueba de la viabilidad de implementación de nuevos sistemas de forrajes, en el país de Cuba, se desarrolló un experimento en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov”, municipio de Bayamo, desde el mes de noviembre 2014 a febrero 2015. “En esta etapa se registraron 132,77 mm de precipitación con temperaturas medias de 23,5 °C y humedad relativa de 78,1% como promedio.

Se utilizó la variedad Súper Genium la cual se sembró en parcelas con pared de hormigón de proporciones 0,75 m (alto) x 10 m (largo) x 1 m

(ancho), en las cuales se depositó una mezcla de suelo vertisol según la última clasificación genética de los suelos de Cuba” (Hernández et al., 2015 citado por Sosa et al., 2017) y materia orgánica de origen ovino en una proporción 3:1. Cada cantero se dividió en cinco partes de 2 m², donde se depositaron las semillas de acuerdo con los tratamientos distribuidos al azar (Sosa et al., 2017).

Con lo planteado anteriormente, el grupo de investigación BIOSENA del Centro Agroempresarial SENA, Regional Cesar, se llevó a cabo el desarrollo de un sistema de producción orgánico e intensivo de Moringa Oleifera como alternativa de producción de biomasa para la comercialización; para el cumplimiento de este desarrollo, se planteó los siguientes objetivos:

- Identificar los parámetros técnicos para la producción orgánica de Moringa Oleifera bajo sistema intensivo.
- Implementar a través de parcela experimental los diferentes arreglos espaciales identificados para la producción intensiva de Moringa Oleifera.
- Realizar un estudio comparativo que evidencie los niveles de producción, ciclos de cosecha, costos de producción del cultivo intensivo frente al extensivo de Moringa Oleifera.

La Moringa (*Moringa oleifera*), es una leguminosa que puede ser utilizada en la alimentación de rumiantes con un alto margen de seguridad, debido a su bajo contenido de factores antinutricionales (fenoles, saponinas, alcaloides y esteroides) (Ballesteros, N. (2018).), actualmente, esta condición la hace un producto muy apetecido como fuente de proteínas para el ganado bovino.

Materiales y Métodos

La investigación desarrollada fue de tipo Experimental – Aplicada, basados en conocimientos generados sobre los cultivos agrícolas, en especial la Moringa Oleifera, se evaluó el desarrollo de un sistema de producción orgánico e intensivo orientado a la producción de biomasa de Moringa Oleifera. Para el desarrollo de este sistema se llevó a cabo las siguientes etapas:

- *Vigilancia Tecnológica*: a través de las diferentes fuentes de información, los investigadores realizaron la verificación de conocimientos y antecedentes sobre los sistemas de cultivo de la Moringa Oleifera, su función y uso potencial haciendo énfasis a la ganadería.
- *Formulación del sistema*: tomando como referencia la información recolectada en la vigilancia tecnológica (donde encontró un número significativo de antecedentes de orden nacional e internacional), los autores establecieron el modelo de cultivo intensivo a implementar, teniendo en cuenta variables como distancias de siembra, tipos de fertilización y condiciones requeridas de manejo, que permitió definir parámetros para la experimentación.
- *Experimentación*: la implementación del sistema se llevó a cabo en un terreno arrendado por el Centro Agroempresarial ubicado a 7 Kilómetros del Centro de Formación, en la ciudad de Aguachica – Cesar, entre los meses de junio a noviembre de 2019, periodo favorable con las condiciones climáticas óptimas para el desarrollo del cultivo. El sistema se llevó a cabo mediante un Diseño Completamente al Azar con dos factores, evaluando las densidades de siembra de 1.000.000 planta.h⁻¹, 445.000 planta.h⁻¹ y 225.000 planta.h⁻¹, frente a 2 tipos de fertilización orgánica e inorgánica comparados frente a un testigo absoluto. La recopilación de datos se empezó a los 50 días después de siembra (DDS) de forma semanal, donde se registró las variables de altura de planta, diámetro del tallo y peso de biomasa. Los datos obtenidos de las varianzas fueron analizados para su posterior discusión.

Prueba de Germinación

El material inicial para el proyecto fue nativo, correspondiente a semillas de los árboles nativos de la zona. La prueba de germinación se realizó con la siembra de 100 semillas en canastillas bajo un sustrato homogéneo. Una vez sembradas, se realizó conteo diario de semillas con emergencia, seguidamente, se utilizó la ecuación definida por (Nouman et al., 2012 citado por Barraza, 2017).

Ecuación:
Donde:

$PG = (NSR / NSG) * 100$
NSR: número de semillas con emergencia de radícula

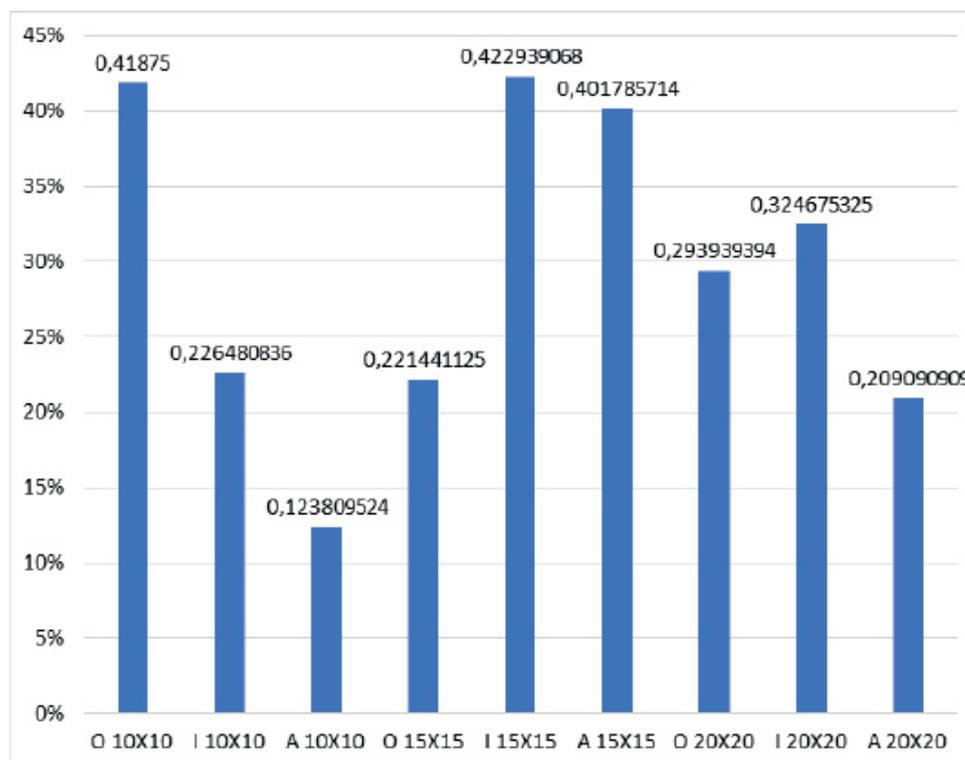
Figura 1

Proceso de germinación



Figura 2

Porcentaje de germinación



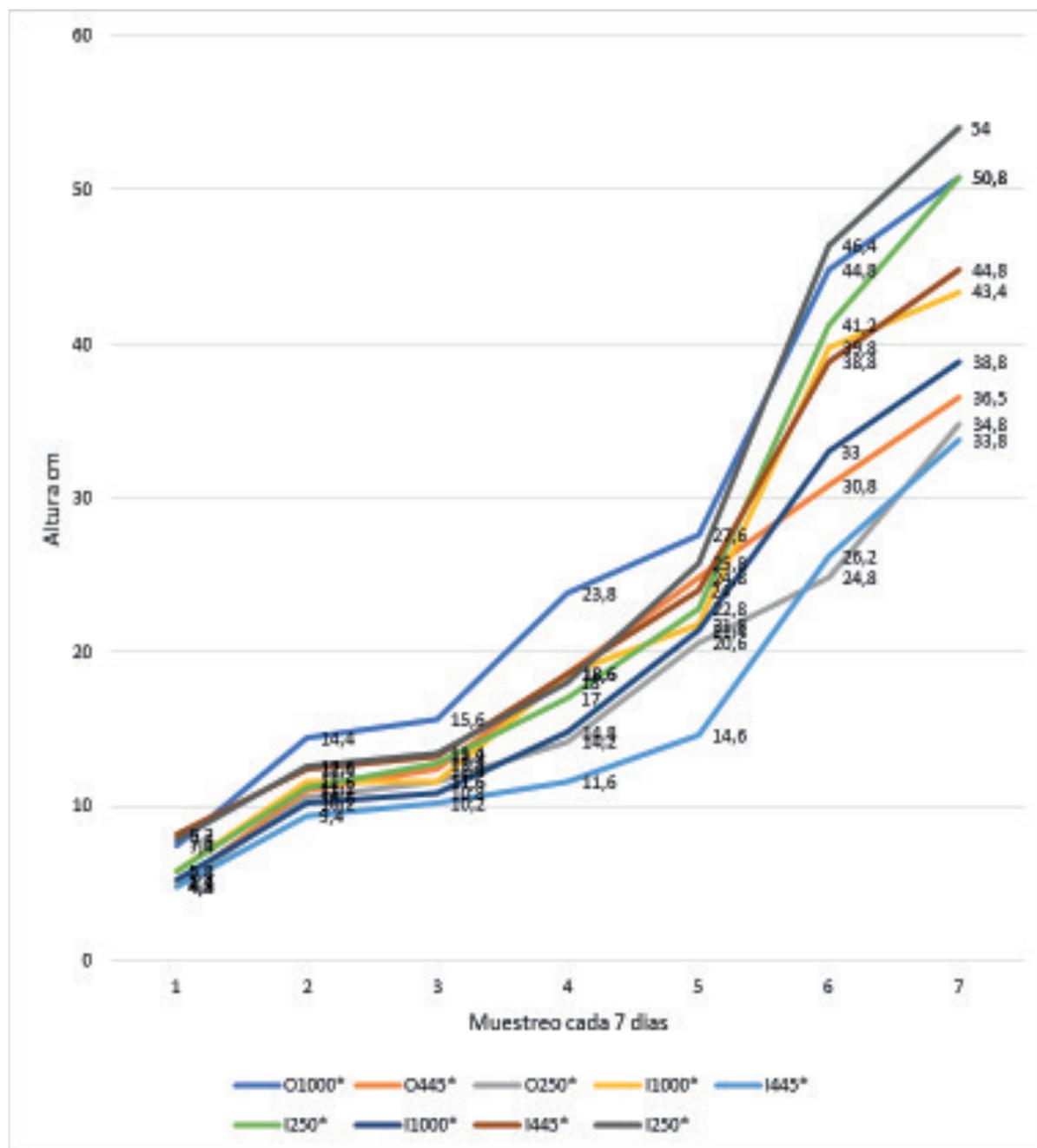
Nota. Datos obtenidos y registrados de la prueba de germinación.

Altura de Planta

El seguimiento fue realizado cada semana con aprendices del Tecnólogo en Gestión de Empresas Agropecuarias del Centro de Formación, quienes registraron 10 mediciones en cada tratamiento, la altura desde el suelo hasta la copa de la planta (datos registrados en libro de campo).

Figura 3

Porcentaje de germinación



En la Tabla 1, se puede interpretar que el valor de F tiene que ser mayor al valor crítico 2,11 para ser significativo, al ser F 0,45, se concluye que no existe significancia entre los tratamientos con relación al ANOVA.

Tabla 1

Análisis de varianza

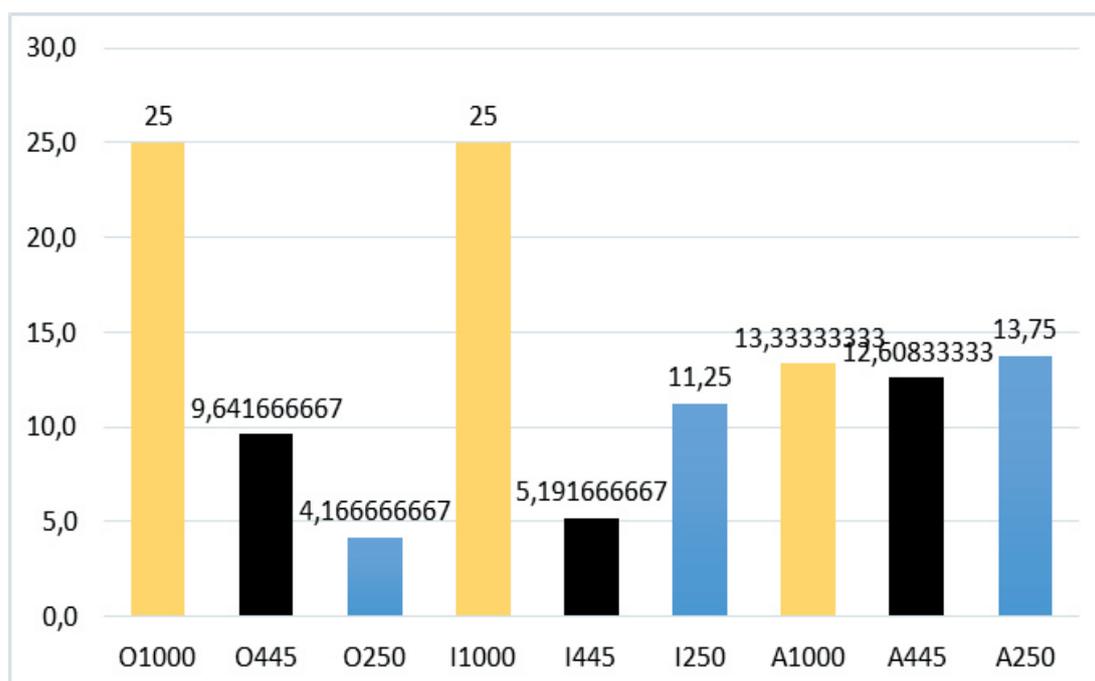
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las Variaciones	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Promedio de los Cuadrados	F	Probabilidad	Valor Crítico para F
Entre Grupos	706,024127	8	88,2530159	<u>0,44959653</u>	0,88546898	<u>2,11522328</u>
Dentro de los Grupos	10599,8657	54	196,29381			
Total	11305,8898	62				

Producción de Biomasa

En la Figura 6 se muestra los datos del producto del ensayo de germinación.

Figura 4

Porcentaje de germinación



Nota. O, Fertilización Orgánica; I: Fertilización Inorgánica; A: Testigo Absoluto

Resultados

La germinación se dio entre los 3 y 5 días tal y como se reporta el trabajo desarrollado por Barraza, (2017), en diferentes tiempos de imbibición en agua. Sin embargo, los porcentajes obtenidos estuvieron por debajo de los reportados en este estudio, esto debido al uso de semillas.

El tratamiento que obtuvo mayor altura dentro del seguimiento fue el orgánico con población de 1.000.000 planta por hectárea, con un valor al corte de 52 cms., de acuerdo con Rodríguez, Rada y Colmenares (2008), esto se debe a que “al existir una mayor densidad de siembra (10x10), las plantas en su competencia por la luz solar y otros recursos se elongan en los primeros estadios, modificando su comportamiento en la medida que la competencia por los recursos naturales disminuyó y esto influyó de diferentes maneras en el desarrollo y crecimiento de las plántulas, comportamiento que tiende a declinar con el tiempo”, pp.217-227.

El comportamiento presentado en el experimento realizado con el sistema de adaptación de forraje fue similar a los resultados establecidos por Sosa et al., (2017) “los resultados mostraron que a medida que aumentó la distancia de siembra, disminuyeron los rendimientos, lo que estuvo relacionado con el menor número de plantas en las distancias mayores”. Además, el valor máximo de producción obtenido (25 T.h-1), se acercó mucho a lo expuesto por Garavito (2008), con una producción teórica hasta 80 T. ha-1 y datos experimentales de 30 T. ha-1

Conclusiones

Los porcentajes de germinación de las semillas de moringa oleífera mostraron un comportamiento por debajo del estándar comercial y de los resultados científicos disponibles sobre el tema.

La densidad de siembra afecta directamente la altura de las plantas debido a la competencia por luz solar garantizando una mayor elongación en los primeros estadios de desarrollo de las plantas.

Dado que los valores de $P > F$ son superiores a 0.05, tanto para distancia de siembra como para los tipos de fertilización aplicada (bloques), se

concluye que cualquiera de las dosis utilizadas produce el mismo crecimiento en altura de planta, diámetro de tallo y peso de biomasa y que en este caso los bloques en realidad no representaron un segundo factor, sin embargo, a mayor densidad de siembra (1.000.000 planta.h-1) se generaron valores de hasta 25 t. -1 para la fertilización Orgánica, 25 t.-1 para la fertilización Inorgánica y 13,3 t.-1 para testigo absoluto.

Con poblaciones de 1.000.000 de plantas, se pueden alcanzar producciones de 25 t. ha-1 y 8 cortes por año una hectárea se pueden lograr una producción de 400 t. ha-1 año.

Agradecimientos

Los autores agradecen al programa SENNOVA del SENA por la financiación del proyecto, así mismo, a todo el personal administrativos, instructores y aprendices del Tecnólogo en Gestión de Empresas Agropecuarias del Centro de Formación que participaron en el desarrollo de esta investigación.

Referencias

Ballesteros, N. (2018). La Moringa (Moringa oleífera) en la alimentación de rumiantes. julio, 20, 2020, de Repositorio UNAD Sitio web: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/21183/13543816.pdf?sequence=1&i-sAllowed=y>

Barraza, F. (2017, julio). Germinación de semillas de moringa (Moringa Oleífera Lam.) en diferentes tiempos de imbibición en agua. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 20(1), PP.71-77. Sitio web: <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/64/1365>

CONtexto ganadero. (2019). 3 alternativas que proponen los ganaderos de Cesar para afrontar el verano. julio 5, 2020, de CONtexto ganadero Sitio web: <https://www.contextoganadero.com/regiones/3-alternativas-que-proponen-los-ganaderos-de-cesar-para-afrontar-el-verano>

Garavito, U. (2008, enero 17). Moringa Oleífera, alimento ecológico para ganado vacuno, porcino, equino, aves y peces, para alimentación humana, también para producción de etanol y biodiesel. junio 12, 2020, de Avicultura Sitio web: <https://>

www.engormix.com/avicultura/articulos/moringa-oleifera-t27430.htm

Mahecha, L., Gallego, L., y Peláez, F. (2016, julio 18). Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. *Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias*, 15(2), pp.213-225. Sitio web: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/323816>

Revista Agricultura de las Américas. (2020). El enorme aporte de la ganadería a la economía de Colombia. octubre 15, 2020, de La Revista del Sector Agropecuario Sitio web: <http://agriculturadelasamericas.com/pecuaria/productores-ganaderos-y-seguridad-alimentaria-mundial/>

Rico, G. (2017). Colombia: la ganadería extensiva está acabando con los bosques. agosto 1, 2020, de MONGABAY LATAM Sitio web: <https://es.mongabay.com/2017/01/colombia-ganaderia-deforestacion/>

Rodríguez, A., Rada, P., y Colmenares, M. (2008, septiembre). Comportamiento ecofisiológico de *Brachiaria decumbens* en monocultivo y en asociación con *Leucaena leucocephala*. *Revista Pastos y Forrajes*, 31, pp.217-227. Sitio web: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942008000300003

Sosa, A., Ledea, J., Estrada, W., y Molinet, D. (2017, diciembre). Efecto de la distancia de siembra en variables morfoagronómicas de moringa (*Moringa oleifera*). *Revista Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 207-211. doi:10.15517/am.v28i1.21430

Prototipo de un Sistema de Reconcomiendo Visual para Determinar el Grado de Madurez de la Mauritia Flexuosa en el Departamento del Guaviare

Prototype of a Visual Recognition System to determine the Maturity Degree of Mauritia Flexuosa in the Department of Guaviare

Gustavo Adolfo Acosta Rodríguez ¹, Edgar Camilo Figueroa Rivera ², Daniel Eugenio Salamanca Mahecha ³ y Jesús Manuel Hernández González ⁴

1 Colombiano. SENA, Guaviare, Colombia. gacostar@sena.edu.co

2 Colombiano. SENA, Guaviare, Colombia. efigueroa@sena.edu.co

3 Colombiano. SENA, Guaviare, Colombia. desalamanca37@misena.edu.co

4 Colombiano. , SENA, Guaviare, Colombia. jmhernandez65@misena.edu.co

Recibido: octubre 8, 2020. Aceptado: diciembre 5, 2020.

Resumen

Realizar un prototipo de un Sistema de Reconocimiento Visual (SRV) que por medio de redes neuronales (inteligencia artificial) con acoplación de la caracterización del objeto a evaluar tendrá como funcionalidad la identificación de la madurez del fruto de la palma de moriche (Mauritia flexuosa) por medio de una imagen utilizando drones para los registros fotográficos de los racimos de la misma. Esto con el fin, primero, de minimizar la intervención humana en los humedales que son hábitats naturales de la palma para mantener el equilibrio en la fauna y flora propio de este ecosistema. Segundo, crear una alternativa económica legal y justa para las familias campesinas y comunidades indígenas del Municipio de San José del Guaviare.

Palabras clave: inteligencia artificial; maurita flexuosa; redes neuronales; reconocimiento visual; Watson.

Abstract

Make a prototype of a Visual Recognition System (SRV) by means of a cascade methodology, experienced and with its respective operating manual, which with neural networks (artificial intelligence) with coupling of the characterization of the object to be evaluated will have as functionality the identification of the maturity of the fruit of the moriche palm (Mauritia flexuosa) by means of an image using drones for photographic records of the bunches of the same. This in order, first, to minimize human intervention in the wetlands that are natural habitats of the palm to maintain the balance in the fauna and flora of this ecosystem. Second, create a legal and fair economic alternative for peasant families and indigenous communities of the Municipality of San José del Guaviare.

Keywords: artificial intelligence; mauritia flexuosa; neural networks; visual recognition; Watson.

Introducción

En este proyecto se definieron como objetivos, obtener variables para el procesamiento de datos y experimentar con la tecnología de la industria 4.0 del Sistema de Reconocimiento Visual (SRV); Los avances tecnológicos han dado pie para que la inteligencia artificial se desarrolle de una manera casi exponencial, debido a que son muchas

necesario que se encuentre en su punto de cosecha (madurez), sin embargo, para ello es necesario presentarse en la ubicación del cultivo, ya que el reconocimiento de esto se hace por medio visual. El Sistema de Reconocimiento Visual (SRV) por medio de trabajo intenso en el diseño y experimentación, aplicando las redes neuronales como eje clasificador donde se usará la interfaz de programación de aplicaciones (API) de es Watson IBM. Que facilita el manejo y la aplicación de la inteligencia artificial en este contexto. por medio de esta plataforma base, a la cual se le



Burití, bority, burití do brejo, coquiéro burití, mirití, Murití, mority

Morete

Canangucha, canangucho, moriche, palma de moriche, chomiya

Moriche

Aguaje, aguashi, aguachi, aeta, achual, canaguacha, cananguacho

Palmier bêche

Palma real

Es una palma con tallo solitario de 20 a 35 m de altura y 3 a 4 dm de diámetro de color café claro. La corona está conformada por 11 a 14 hojas con raquis de 2,5 m de longitud. La inflorescencia es erecta con pedúnculo de 1 m y raquis de 1,5 m de largo. Racimos con más de mil frutos, cada uno de 5 a 7 cm de largo y 4, 5 a 5 cm de diámetro, color rojo oscuro o vino tinto, este fruto contiene un sabor amargo con mesocarpio carnoso anaranjado o amarillo y semilla color castaño.

las problemáticas que tratan de ser solucionadas, mediante la aplicación de estas herramientas. A su vez se plantea una alternativa que sea aplicada al campo de las ciencias agrícolas, buscando obtener como resultado, un soporte técnico o manual operativo del sistema de reconocimiento visual La palma de moriche (Mauritia flexuosa) tiene como hábitat natural los humedales, esta especie es caracterizada por su capacidad de mantener el agua circundante aún en temporadas de sequía. También, la palma de moriche produce drupas que contienen un índice de betacarotenos que son los impulsores de la vitamina A, incluyen así mismo un alto grado de ácidos grasos no saturados que contribuyen a la hidratación de la piel, esta última es su propiedad potencial para usar en cosméticos; con estos múltiples beneficios y la alta demanda en esta área económica, permite evidenciar el avance de campo tanto de la creación y distribución de productos cosméticos a base natural. Partiendo de las premisas “los procesos logísticos van enfocados en la reducción de tiempo y costo” y “realizar la recolección depende del estado de la cosecha” este proceso se lleva a cabo. Es decir, para la recolección de los frutos de moriche (Mauritia flexuosa) como tal, es

implementara una metodología de prueba y ensayo a través de engranajes de algoritmos de reconocimiento y clasificación; para determinar el estado de madurez de la drupa de moriche entre otros productos no maderables del bosque, por medio de una herramienta de adquisición de datos como lo son los registros fotográficos, esto, sin una total presencia humana porque resulta siendo el hardware o sea el dron aquel que proporciona la imagen (entrada de datos) para la identificación (Procesamiento de datos) y clasificación (Resultado) del fruto, por lo tanto, disminuiría el impacto humano en estas zonas de significativas a gran escala para la naturaleza que lo rodea, en este caso, los nacimientos de aguas conocidos como Morichales (Comunidades Vegetales dominadas por la palma de moriche), siendo en gran proporción humedales lo que los rodea y como tal, es necesario cumplir con las normas de mínima intervención (Resolución N° 224 de 2017. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural).

Los avances tecnológicos de las últimas décadas han dado pie para que la inteligencia artificial se desarrolle de una manera casi exponencial debido a que son muchas las problemáticas que

tratan de ser solucionadas mediante la aplicación de estas herramientas. El proyecto titulado Desarrollo de un prototipo de un sistema de reconocimiento visual para determinar el grado de madurez de las drupas de *Mauritia flexuosa* en el Departamento del Guaviare tiene como metodología el desarrollo en



cascada que síntesis tiene se divide en tres etapas principales que para este proyecto vendrían siendo verificación de requisitos, desarrollo del diseño y experimentación del software. Estas etapas planteadas se asemejan a la metodología usada en cada una de las propuestas bibliográficas comparadas (antecedentes) donde primero se definieron las variables, se engranaron algoritmos y luego se evaluaron los diferentes clasificadores.

Objetivo

Diseñar un sistema de reconocimiento visual para el desarrollo de procesos de aprovechamiento en productos no maderables del bosque en el Departamento del Guaviare.

Diseño: Se realizó tres procesos de seguimiento estrategia de búsqueda:

1. Se identificaron la cercanía de los objetos de cada proyecto al de Sistema de Reconocimiento Visual (SRV) teniendo en cuenta dos criterios, inteligencia artificial de reconocimiento visual e identificación de plantas.
2. Registros fotográficos para evidenciar los comportamientos del proceso de maduración durante un rango de tiempo.
3. Pruebas y ensayos con distintas aplicaciones que permitan la conexión entre el servicio de IA Watson y un servidor web para la toma de datos y su posterior clasificación.

Antecedentes

Se tienen como referentes distintas bases de investigación antecesoras, como también de aquellos procesos; que permitan cumplir con los objetivos del proyecto sistema de reconocimiento visual de la *mauritia flexuosa* (Moriche), todo ello debido a que se tienen pocos soportes de información en esta región del país que se puedan tomar como base.

- Se realizó un estudio poblacional de la palma de moriche en el Municipio de San José del Guaviare obteniendo un estimado de individuos presentes y cantidad de fruto aprovechable por año. **Acosta G.; Arias J. P.; Montero Uribe N. y Chinchilla J. M. SENA - CDATTG - SIEC (2017) BIOPROSPECCION DE ACEITE DE MORICHE – (Mauritia flexuosa), UNA ALTERNATIVA DE BIOCOCOMERCIO EN SAN JOSE DEL GUAVIARE.**
- Para el aprovechamiento de la drupa de la palma de moriche se hizo necesario desarrollar un protocolo de todos los procesos utilizados para la extracción de aceite y entrega de diversos productos finales que se pueden obtener a partir de la harina de la drupa de la palma. **Acosta G.; Arias J. P.; Sánchez V. M.; Chinchilla J. M. SENA - CDATTG -SIEC (2018) ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE MORICHE (Mauritia flexuosa) EN EL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DEL GUAVIARE.**
- Proceso que por medio de redes neuronales de un software denominado Máquina de vectores de Soporte de Contenido se identifica rostros y demás objetivos en una imagen; este sistema es utilizado para organizaciones de defensa. **González, C. A. (n.d.). SVM: Máquinas de Vectores Soporte Contenido.**
- Diferentes entidades botánicas realizaron un acuerdo de transferencia de información mutua de las diferentes características que plantas para establecer variables significativas para su plena identificación. **Nguyen, T. T. N., Le, T. L., Vu, H., Hoang, V. S., & Tran, T. H. (2018). Crowdsourcing for botanical data collection towards to automatic plant**

identification: A review. Computers and Electronics in Agriculture, 155(November), 412–425.

Materiales y Métodos

Área de Estudio

El estudio se desarrolló en los altos del San Jorge, ubicado en el municipio de San José del Guaviare, Guaviare, Colombia entre 2.556031, N -72.616386 W. El área de estudio tiene una extensión de una hectárea y está conformada principalmente por sabana en un área abierta donde abunda el césped. La Rodea una pequeña Zanja por donde circula el agua y en sus alrededores

abunda mucha humedad. Dentro de esta zona se identifica un tipo de paisaje altillano plano.

han venido presentando estos conflictos de grupos armados al margen de la ley, este a su vez trae consigo problemas como cultivos ilícitos que vienen siendo trabajados y afrontados por las familias campesinas de la región para la obtención de mejores ingresos para su sostenimiento y estabilidad económica. Esto sumado al efecto negativo que trae consigo para el medio ambiente lo que son los monocultivos (plantaciones de gran extensión con el cultivo de una sola especie) y finalmente la ganadería extensiva, nos muestran la gran problemática por la que pasa el departamento del Guaviare.



plano. La temperatura atmosférica anual es de 22 °C a 31° y rara vez menos de 22°C o sube más de 34°C, con precipitación fluvial el aproximado al año es de 175 a 2487 mm.

El departamento del Guaviare se encuentra ubicado en el punto de intersección entre la región de la Orinoquía y el de la Amazonía colombiana, lo que la dota de gran riqueza de fauna y flora.

Sin embargo, este potencial no se ha aprovechado de la mejor manera debido a los problemas de orden público (conflictos sociales) aun latentes; desde hace varias décadas se Son 284 familias campesinas distribuidas en 12 veredas en el Municipio de San José del Guaviare que a lo largo de más de 50 décadas han sufrido por el conflicto armado y poca creación de ideas agrícolas innovadoras.

Etapa 1

- Ubicar e identificar la palma de Moriche.
- Verificar condiciones de favorabilidad de la palma de mauritia flexuosa.
- Realizar un seguimiento periódico buscando evidenciar los cambios en su proceso de maduración.
- Obtener Registros fotográficos
- Identificar Variables

Etapa 2

- Verificación de Requisitos: Sistemas Operativos Para la comunicación con Watson
- Evaluación de editores de código
- Realizar Pruebas y ensayos con los diferentes algoritmos de programación.
- Seguimiento de la evolución del código.
- Desarrollo de Prototipo

Resultados

Etapa 1

Toma de Datos

Para conocer los aspectos de manejo y cosecha de M.Flexuosa, se realizaron Registros fotográficos, obtenidos en un rango de 15 días después de ser ubicada y verificada sus condiciones; las necesarias para lo toma de datos de la palma de Maurita f.

Registros Fotográficos: Identificación de Variables, Total de registros 598

Herramientas: Cámara Canon EOS Rebel T3 Fotográfica, Lente de Rango 75-300 mm, Lente de Rango 35-55 mm.

Proceso de Maduración



Variables

i. color

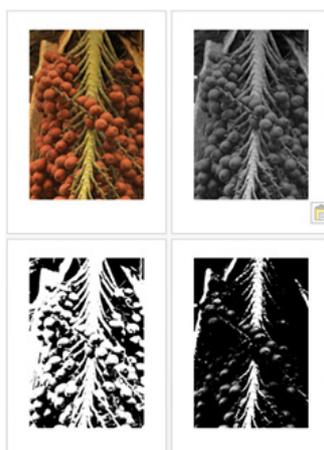
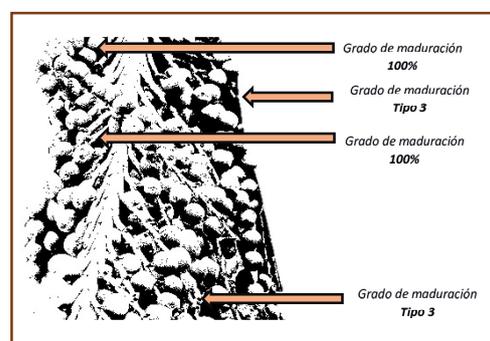
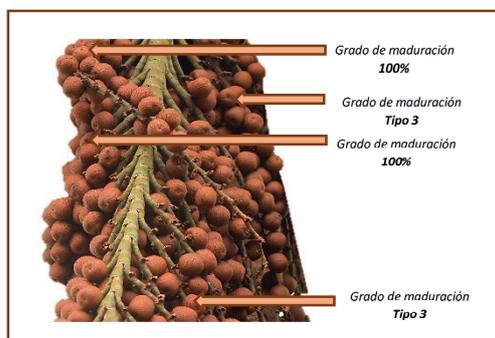


2. Tamaño



Ancho, largo y diámetro de la drupa.

3. Brillo y opacidad.



Etapa 2

Resultados

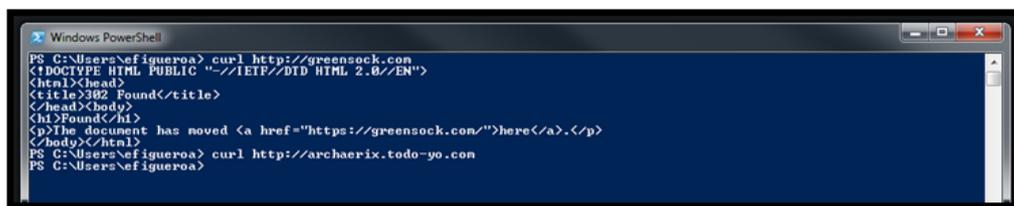
Para esta etapa se verificaron los requisitos del sistema operativo **Windows 10**:

Un elemento que hay que tener en cuenta es que el Sistema operativo Windows 10 ya tiene el componente CURL incorporado, esto se logró constatar en un equipo HP con 16 MB de RAM y un procesador i7 de séptima generación. Realmente CURL y Apache con PHP no son programas muy robustos, de la misma forma cuando todo esto

sea llevado a un servidor de internet, no se generara una sobre carga en la maquina; finalmente quien soportara toda la carga será la plataforma de Watson IBM y su sistema computacional.

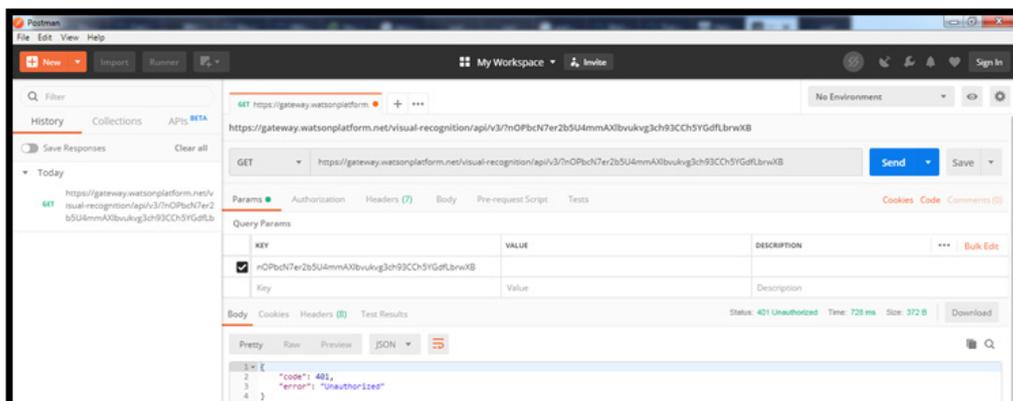
Pruebas y ensayos:

Se evaluaron diferentes editores donde se descartan después de haber realizado una serie de pruebas el Powershell y el CMD del sistema debido a limitante en algunas de sus funciones.



```
Windows PowerShell
PS C:\Users\efigueroa> curl http://greensock.com
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//IETF//DTD HTML 2.0//EN">
<html><head>
<title>302 Found</title>
</head><body>
<h1>Found</h1>
<p>The document has moved <a href="https://greensock.com/">here</a>.</p>
</body></html>
PS C:\Users\efigueroa> curl http://archaerix.todo-yo.com
PS C:\Users\efigueroa>
```

1. Otra forma de comunicarse con Watson es instalando y usando Postman. De hecho en la primera prueba se realizó una comunicación exitosa, más no con resultados exitosos, a la API de Watson.



2. Después de tantos intentos el código CURL init quedó así:

```
//CURL
$ch = curl_init();

curl_setopt($ch, CURLOPT_USERPWD, 'apikey:JgA_KwO7M-OkJHU--BKdbmkxTEBOcHtqF54Bxag1ME5');
curl_setopt($ch, CURLOPT_RETURNTRANSFER, true);
curl_setopt($ch, CURLOPT_URL, $url."&images_file=".$file); //Endpoint URL
curl_setopt($ch, CURLOPT_HEADER, $headers); //Este headers agrega más información que el otro formato.
curl_setopt($ch, CURLOPT_POST, false); //POST
//curl_setopt($ch, CURLOPT_POSTFIELDS, $file); //Esta línea así genera un error que bloquea al servidor. 20200302 12:18.
//curl_setopt($ch, CURLOPT_POSTFIELDS, array("images_file" => $file)); //Parameters
//curl_setopt($ch, CURLOPT_POSTFIELDS, http_build_query($post_args));
curl_setopt($ch, CURLOPT_POSTFIELDS, $image_url);
//curl_setopt($ch, CURLOPT_HTTPAUTH, CURLAUTH_BASIC);
//curl_setopt($ch, CURLOPT_SSL_VERIFYPEER, false);
```

Es decir, con estos parámetros se puede, con una imagen en la web, hacer la clasificación. El resultado arrojado es el siguiente:

```
HTTP/1.1 200 OK Content-Type: application/json Content-Length: 1909 Cache-Control: no-cache, no-store content-security-policy: default-src 'none' Expires: 0 Pragma: no-cache strict-transport-security: max-age=31536000 includeSubDomains; x-content-type-options: nosniff x-ss-protection: 1; mode=block x-global-transaction-id: 97c8e232243043087b6f5420db33cb x-dp-watson-tran-id: 97c8f52a32243043087b6f5420db33cb X-EdgeConnect-MidMile-RTT: 82 X-EdgeConnect-Origin-MEX-Latency: 1332 Date: Mon, 02 Mar 2020 17:26:19 GMT Connection: keep-alive {"images": [{"classifiers": [{"class": "default", "name": "default", "classes": [{"class": "poll parrot", "score": 0.815, "type_hierarchy": "/animal/bird/parrot/poll parrot"}, {"class": "parrot", "score": 0.985}, {"class": "bird", "score": 0.985}, {"class": "animal", "score": 0.985}], [{"class": "amazon", "score": 0.761, "type_hierarchy": "/animal/bird/parrot/amazon"}, {"class": "popajay", "score": 0.5, "type_hierarchy": "/animal/bird/parrot/popajay"}, {"class": "greenishness color", "score": 1 } ] }], "source_url": "https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/30/Amazona_aestiva_upper_body-8a_(1).jpg/800px-Amazona_aestiva_upper_body-8a_(1).jpg", "resolved_url": "https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/30/Amazona_aestiva_upper_body-8a_(1).jpg/800px-Amazona_aestiva_upper_body-8a_(1).jpg"}], "images_processed": 1, "custom_classes": 0}
```

Un poco más al detalle.

```
"type_hierarchy": "/animal/bird/parrot/amazon"};
```

En este momento se puede decir que se hace posible un servicio a través del lenguaje PHP, que permita la clasificación de cualquier imagen. También se hace posible un sitio que permita cargar imágenes y clasificarlas, que sería el siguiente paso lógico,

previo a la contratación del servicio y el entrenamiento de la IA.

Se hizo una prueba con la imagen anterior para descargar que el formato de imágenes genere problemas.



Resultados:

```
HTTP/1.1 200 OK Content-Type: application/json Content-Length: 1805 Cache-Control: no-cache, no-store content-security-policy: default-src 'none' Expires: 0 Pragma: no-cache strict-transport-security: max-age=31536000 includeSubDomains; x-content-type-options: nosniff x-ss-protection: 1; mode=block x-global-transaction-id: 93cefa5802906eaa9fda3e6042e94b12 x-dp-watson-tran-id: 93cefa5802906eaa9fda3e6042e94b12 Date: Mon, 02 Mar 2020 17:32:32 GMT Connection: keep-alive {"images": [{"classifiers": [{"class": "default", "name": "default", "classes": [{"class": "sapodilla", "score": 0.839, "type_hierarchy": "/fruit/sapodilla"}, {"class": "fruit", "score": 0.99}, {"class": "sapote", "score": 0.696, "type_hierarchy": "/fruit/sapote"}, {"class": "mamey", "score": 0.676, "type_hierarchy": "/fruit/mamey"}, {"class": "tree", "score": 0.793}, {"class": "reddish brown color", "score": 0.852}, {"class": "reddish orange color", "score": 0.806 } ] }], "source_url": "https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GeR9SSfYXCIWNISM_7JTPeIfydsA6loQj0Pi0ChOEFlaF1XghlC", "resolved_url": "https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GeR9SSfYXCIWNISM_7JTPeIfydsA6loQj0Pi0ChOEFlaF1XghlC"}], "images_processed": 1, "custom_classes": 0}
```

La clasificación de la imagen es acertada, como los experimentos que se hicieron por los comandos en consola.

En seguida y para avanzar, se podría pensar en un formulario web que permita capturar la URL de una imagen y clasificarla. También hay que pensar en la manera de mostrar los resultados.

Para mejorar la presentación se trabajó con los headers.

```
//curl_setopt($ch, CURLOPT_HEADER, $headers); //Este headers agrega más información que el otro formato.
```

Nota: las imágenes de cierta resolución generarán problemas.

```
D:\CAMELID\PORTABLES\Iimage\view
curl -u "apikey:n0PbcN7er285U4mmAX1busky3ch93Cch5YgdfbrvX8" "https://gateway.watsonplatform.net/visual-recognition/api/v3/classify?version=2018-03-19&url=https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/05/Photographer_taking_a_group_photograph_of_smiling_students_in_front_of_the_Tokyo_station%2C_Marunouchi%2C_Japan.jpg"
{
  "images": {
    {
      "source_url": "https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/05/Photographer_taking_a_group_photograph_of_smiling_students_in_front_of_the_Tokyo_station,_Marunouchi,_Japan.jpg",
      "resolved_url": "https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/05/Photographer_taking_a_group_photograph_of_smiling_students_in_front_of_the_Tokyo_station,_Marunouchi,_Japan.jpg",
      "error": {
        "code": 400,
        "description": "Image resolution is larger than the maximum limit of 5400 pixels: 5646 x 3176",
        "error_id": "input_error"
      }
    }
  },
  "images_processed": 1
}
```

Esta es la foto que generó problemas.

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/05/Photographer_taking_a_group_photograph_of_smiling_students_in_front_of_the_Tokyo_station%2C_Marunouchi%2C_Japan.jpg

4. Discusión

Este proyecto significa a nivel regional un gran avance en cuanto al manejo y aplicación de herramientas de la industria 4.0 a distintos procesos agrícolas, no solo la aplicación del reconocimiento visual a productos no maderables del bosque sino que también distintos frutos amazónicos, frutales etc, con el resultado del manual operativo se deja una memoria y la bitácora del proceso la cual puede ser utilizada de apoyo en futuras investigaciones, que puedan permitir abrir la brecha de implementación de estas tecnologías y así mismo disminuir en gran proporción el impacto humano en los humedales (Morichales) donde yace esta palma. Porque es evidente que la afectación de estos ecosistemas repercute bruscamente sobre las fauna y flora que la rodea.

5. Conclusiones

- Para el desarrollo del (SRV) se tendría en cuenta como variable principal la coloración de la drupa de la palma de moriche (Maurita flexuosa), sin embargo, también será necesaria la forma y textura como tal, ya que la abundancia de fenotipos de esta especie y su similitud en sus frutos genera complejidad para el reconocimiento visual asistido.

Logrando el objetivo planteado en este proyecto sería un avance agigantado en el uso de industrias 4.0 en esta región de Colombia y se abrirían puertas para investigaciones e innovaciones más complejas y de mayor impacto mediante explotación del potencial de la inteligencia artificial para solucionar problemas macro sociales económicos

y de otras índoles.

Agradecimientos (opcional)

Agradecer al Sena, al Centro de desarrollo Agroindustrial, Turístico y Tecnológico del Guaviare, al semillero de investigación en ecología y conservación, a los líderes Siiec, A la líder Sennova, al Grupo Biogigas, A la subdirectora de la regional Guaviare y a todos los docentes que nos colaboraron, Sandra Campos, Gustavo Adolfo Acosta Rodríguez, Edgar camilo Figueroa.

Referencias

Aakif, A., & Khan, M. F. (2015). Automatic classification of plants based on their leaves. *Biosystems Engineering*, 139, 66–75. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2015.08.003>

Adolf, R. G., Nelson, U., Pablo, A. J., & Marcela, C. J. (2018). BIOPROSPECCIÓN DE ACEITE DE MORICHE – Mauritia Resumen 1 Introducción.

Berner, D. K., & Paxson, L. K. (2003). Use of digital images to differentiate reactions of collections of yellow starthistle (*Centaurea solstitialis*) to infection by *Puccinia jaceae*. *Biological Control*, 28(2), 171–179. [https://doi.org/10.1016/S1049-9644\(03\)00096-3](https://doi.org/10.1016/S1049-9644(03)00096-3)

Camargo, A., & Smith, J. S. (2009a). An image-processing based algorithm to automatically identify plant disease visual symptoms. *Biosystems Engineering*, 102(1), 9–21. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2008.09.030>

Golden, R. C., KIM, B., BOESE, DENNIS, J., P., & D., C. (2008). DIGITAL IMAGE ANALYSIS OF ZOSTERA MARINA LEAF INJURY.

Hairuddin, M. A., Md Tahir, N., & Baki, S. R. S. (2011). Overview of image processing approach

for nutrient deficiencies detection in *Elaeis Guineensis*. Proceedings- 2011 IEEE International Conference on System Engineering and Technology, ICSET 2011, 116–120. <https://doi.org/10.1109/ICSEngT.2011.5993432>

Kai, S., Liu, Z., Su, H., & Guo, C. (2011). A research of maize disease image recognition of corn based on BP networks. Proceedings - 3rd International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, ICMTMA 2011, 1, 246–249. <https://doi.org/10.1109/ICMTMA.2011.66>

Lindow, S. E. (1983). Quantification of Foliar Plant Disease Symptoms by Microcomputer-Digitized Video Image Analysis. *Phytopathology*, 73(4), 520. <https://doi.org/10.1094/phyto-73-520>

Macedo-Cruz, A., Pajares, G., Santos, M., & Villegas-Romero, I. (2011). Digital image sensor-based assessment of the status of oat (*Avena sativa* L.) crops after frost damage. *Sensors*, 11(6), 6015–6036. <https://doi.org/10.3390/s110606015>

Olmstead, J. W., Lang, G. A., & Grove, G. G. (2001). Assessment of severity of powdery mildew infection of sweet cherry leaves by digital image analysis. *HortScience*, 36(1), 107–111. <https://doi.org/10.21273/hortsci.36.1.107>

Pang, J., Bai, Z. Y., Lai, J. C., & Li, S. K. (2011). Automatic segmentation of crop leaf spot disease images by integrating local threshold and seeded region growing.

Rumpf, T., Mahlein, A.-K., Steiner, U., Oerke, E.-C., Dehne, H.-W., & Plümer, L. (2010). Early detection and classification of plant diseases with Support Vector Machines based on hyperspectral reflectance. *Computers and Electronics in Agriculture*, 74(1), 91–99. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2010.06.009>

Sabancı, K., Kayabasi, A., & Toktas, A. (2017). Computer vision-based method for classification of wheat grains using artificial neural network. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(8), 2588–2593. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8080>

Trey, Z. F. O., Goore, B. T., & Konan, B. M. (2020). Classification of Plant Species by Similarity Using Automatic Learning. *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST*, 311 LNICST, 186–201. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41593-8_14

Implementación de Cultivos de Ají Pimentón en Sistemas Acuapónicos en el Centro Agroempresarial y Acuícola

Implementation of Chili Pepper Crops in Aquaponic Systems at Centro Agroempresarial y Acuícola - CAA

Edwin Ricardo Garrido Weber ¹, Carmen Patricia Guevara Reyes ² y Rosa Maria Socarras Epinayu ³

1 Colombiano. Magister en Gerencia de Proyectos de Investigación y Desarrollo, Ingeniero Pesquero. Centro Agroempresarial y Acuícola, SENA, La Guajira, Colombia. egarrido@sena.edu.co

2 Colombiano. Tecnólogo en Gestión Integrada de la Calidad, Medio Ambiente, Seguridad y Salud Ocupacional. Centro Agroempresarial y Acuícola, SENA, La Guajira, Colombia. cpguevara9@misena.edu.co

3 Colombiano. Especialista en Recursos Humanos, Trabajador Social. Centro Agroempresarial y Acuicola, SENA, La Guajira, Colombia. rsocarras@misena.edu.co

Recibido: julio 30, 2020. Aceptado: noviembre 3, 2020.

Resumen

La Acuaponía es una actividad que busca articular la acuicultura con la hidroponía de manera sostenible, respondiendo a problemáticas relacionadas con la seguridad alimentaria, disponibilidad de agua, costos operativos y las condiciones climáticas que afectan el desarrollo de cultivos tradicionales. El propósito de esta investigación consistió en implementar cultivos de la especie de ají pimentón en sistemas acuapónicos de la unidad productiva acuícola, en el Centro Agroempresarial y Acuícola - CAA, con el fin de estimar su crecimiento, rendimiento productivo, capacidad de filtración y concentración de nutrientes en un determinado tiempo. Para ello, se llevó a cabo la instalación de un sistema acuapónico, el cual contó con 4 tanques de producción de tilapia roja con capacidad de 400 kg cada uno y 4 camas hidropónicas sembradas con 45 plantas cada una, a este sistema se le realizó seguimiento durante seis meses, con el fin de determinar los parámetros establecidos en cumplimiento al alcance de este proyecto. Los resultados obtenidos fueron favorables, en cuanto a la capacidad de filtración, mejora de la calidad del agua, crecimiento y productividad tanto para el ají pimentón como para la tilapia roja, arrojando para esta última unas tasas de crecimiento que superaron los valores teóricos establecidos, para el caso del ají pimentón hidropónico arrojó valores nutricionales similares a los cultivados de manera tradicional. Por tanto, este tipo de cultivo contribuye a la obtención de productos de calidad y alto valor nutricional, a través de la implementación de prácticas sostenibles, además, se convierte en una alternativa de producción y autoconsumo para atender diferentes necesidades como la crisis mundial que se padece en la actualidad gracias a la pandemia del COVID-19.

Palabras clave: acuaponía; acuicultura; ají pimentón; tilapia roja; sistema acuapónico.

Abstract

Aquaponics is an activity which seeks to combine aquaculture with hydroponics in a sustainable way, in response to problems related to food safety, water availability, operating costs and climatic conditions that affect the development of traditional crops. The purpose of this research was to implement crops of chili pepper species in aquaponic systems of the aquaculture production unit, at Centro Agroempresarial y Acuícola - CAA, in order to estimate its growth, productive yield, filtration capacity and concentration of nutrients in a certain time. For this, the Aquaponic System was set up, which consisted of four (4) red tilapia

production tanks with a capacity of 400 kg each and four (4) hydroponic beds planted with 45 plants each, this system was monitored for six months, in order to determine compliance of the established parameters within the scope of this project. The results obtained were favorable, in terms of filtration capacity, improvement of water quality, growth and productivity for both chili pepper and red tilapia, yielding growth rates and exceeding the established theoretical values for red tilapia. In the case of the hydroponic chili pepper, it showed nutritional values similar to those grown in a traditional way. Therefore, this type of crop contributes to obtaining quality products and high nutritional value, through the implementation of sustainable practices, in addition, it becomes an alternative for production and self-consumption to meet different needs such as the current global crisis caused by COVID-19 pandemic.

Keyword: aquaponics; aquaculture; chili pepper; red tilapia; aquaponic system.

Introducción

La acuicultura es una de las mejores técnicas ideadas por el hombre para incrementar la disponibilidad de alimento y se presenta como una nueva alternativa para la administración de los recursos acuáticos. (Merino, 2018).

En un estudio realizado por los autores Ramirez et al. (2017) describe que, la Acuaponía puede definirse como la combinación de un sistema de acuicultura recirculante, con la hidroponía, definiendo acuicultura como cultivo de animales acuáticos (peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas en ambientes controlados), e hidroponía como cultivo de plantas (raíces en soluciones de nutrientes). También menciona que se trata de la creación de un sistema donde los desechos orgánicos producidos por algún organismo acuático (normalmente peces), son convertidos en nitratos a través de la acción bacteriana, que sirven como fuente de alimento para las plantas y que al tomar estos nitratos actúan como filtro biológico limpiando el agua para los peces, todo este sistema es beneficioso tanto para los peces como las plantas, debido que los desechos contiene los requerimiento de las plantas para crecer y desarrollarse.

Por otro lado, Villalobos y González (2016), mencionan que la mayoría de las especies de peces utilizan el 20-30% del nitrógeno (N) suministrado por la dieta, lo que significa que aproximadamente que el 70-80% del N suministrado por la alimentación se libera en forma de residuos en el agua, siendo el amonio el producto final de la descomposición de la proteínas que los peces digieren de su alimentación y son disueltas en el agua por medio de sus heces fecales (pp.983-992). Es en este punto donde la articulación de la

hidroponía juega un papel fundamental en la conversión del amonio (compuesto altamente tóxico para los peces) en nitrato, el cual es absorbido por las plantas y utilizado como nutrientes para su óptimo crecimiento sin necesidad de utilizar fertilizantes o agroquímicos para la producción de especies vegetales.

Ahora bien, la pesca y la acuicultura en Colombia representan dos importantes sectores de la producción de alimentos para el consumo nacional y la exportación, además, son multiplicadores de la economía local que contribuyen a la superación de la pobreza en zonas rurales. El país cuenta con un fuerte potencial para el desarrollo de la acuicultura, el cual se sustenta en una riqueza hídrica tanto continental como marina, cuenta con el clima adecuado para el cultivo de especies tropicales y subtropicales, y una amplia gama de organismos acuáticos con aptitud para la domesticación (AUNAP, 2014-2018).

Debido a la gran utilización del recurso hídrico para actividades agrícolas y la poca disponibilidad de este en algunos territorios, se refleja la necesidad de abarcar estrategias diferentes a la agricultura tradicional, con el fin de suplir necesidades de disponibilidad hídrica, disponibilidad de terrenos fértiles e inseguridad alimentaria, departamentos como La Guajira, Colombia, que se ha visto afectada por problemas de sequías, suelos desérticos, pobreza, falta de empleo, desencadenando (grave situación de desnutrición en algunos sectores del departamento), sumado a ello la pandemia debido al COVID 19, estos factores ha incrementado esta problemática.

En consecuencia, la utilización de efluentes acuícolas para la producción de especies vegetales

se convierte en una estrategia sustentable para realizar el aprovechamiento de esas aguas residuales, así mismo producir alimento convirtiendo la acuaponía en una técnica productiva altamente rentable, encaminado a la aplicación de prácticas ambientalmente sostenibles, que elimina el uso de fertilizantes, deterioro del suelo, uso de agua y reducción de la contaminación del recurso hídrico, a partir de la acción absorbente de nutrientes como el nitrato.

Con lo anterior expuesto, la articulación de la actividad acuícola y los sistemas hidropónicos para la producción de especies vegetales propone una solución a las anteriores problemáticas mediante la combinación de técnicas de producción agrícola, pecuaria y acuícola, en busca de contribuir con la seguridad alimentaria del país y brindar herramientas accesibles para combatir la pobreza, además, convertir la acuicultura en una estrategia que utiliza procesos productivos para el autoconsumo, en pro de mejorar la calidad de vida de las personas.

Esta investigación tuvo como objeto, “Implementar cultivos de ají pimentón (*Capsicum annuum*) en el sistema acuapónico de la unidad productiva acuícola del Centro Agroempresarial y Acuícola Sede Fonseca, Regional Guajira”, para cumplir con ello, se estimó su crecimiento, se determinó el rendimiento productivo, se valoró la capacidad de filtración y, por último, se evaluó la concentración de nutrientes en el agua, los frutos y las hortalizas.

Metodología

La investigación es de tipo aplicada cuantitativa, debido a que tiende a la resolución de problemas o al desarrollo de ideas, a corto o medio plazo, dirigidas a conseguir innovaciones, mejoras de procesos o productos, incrementos de calidad y productividad, etc. (Cegarra, 2004); ya que, usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías (Castro, 2010).

Población y Área de Estudio

Este estudio se realizó en el Centro Agroempresarial y Acuícola – CAA, Regional Guajira, municipio

Fonseca en el sistema acuaponía de la unidad productiva acuícola.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

Se utilizó fuentes primarias constituidas por datos obtenidos en campo y mediante pruebas de Laboratorio de Control de Calidad y Parámetros Físicoquímicos del CAA, que permitió determinar la productividad y rendimiento del cultivo de ají pimentón, durante el proceso de implementación de este en el sistema acuaponía del CAA.

Fuentes secundarias como artículos científicos, tesis, fichas técnicas y textos académicos recopilados de diferentes bases de datos a nivel nacional e internacional.

Sitio Experimental

La investigación se realizó en un invernadero tipo capilla de tecnología intermedia, dentro de la unidad productiva acuícola perteneciente al CAA de Fonseca, Regional Guajira, coordenadas 10°53'43" N y 72°49'28".

Componente Acuícola

Compuesto por 4 tanques circulares de Geomembrana de 13 m³, con capacidad de más de 400 kg de biomasa cada uno, utilizados para la producción de peces (tilapia roja) en un periodo de seis meses. Cada tanque cuenta con sistema de aireación suministrado por un blower.

Tratamiento Previo de las Aguas Residuales Acuícolas

Conformado por 2 sedimentadores tipo cónico, busca que por acción de la gravedad decantan las partículas de mayor tamaño y 2 clarificadores con función de oxidar el amonio presente en el agua residual en nitrato, para ser absorbido por las plantas cultivadas en las camas hidropónicas.

Compuesto por 4 camas flotantes hidropónicas para la producción del ají pimentón, con dimensiones de 5.5 m/largo x 1 m/ancho y 0.40 m/alto, presentan aireación continua, suministrada por el sistema de tuberías perforadas alimentadas por un blower.

Tubería de recirculación.

La tubería es de 1 pulgada conectada a sumidero, donde llegan las aguas que provienen de las camas hidropónicas hasta un tanque de reserva. La recirculación es apoyada a través de la implementación de una bomba sumergible.

Componente Eléctrico.

Sistema de energía fotovoltaica, conformada por una red de paneles solares el cual mueve un blower bifásico tipo 2RB510, con 2.35 caballos de fuerza y caudal máximo Q/máx. de 255m³/h, encargado de suministrar la aireación a los tanques de producción y camas flotantes.

Materiales y Equipos para la Evaluación del Ají Pimentón.

Para la producción del ají pimentón, fue necesario el uso de semillas, semilleros, vasos plásticos, cubierta húmeda y equipos como un medidor de clorofila, kit multiparámetros y flexómetro.

Unidad Acuícola SENA, Municipio Fonseca

Para el cumplimiento del objetivo del proyecto "Implementación de cultivos de ají pimentón (*Capsicum annum*) en el sistema acuapónico de la unidad productiva acuícola del CAA, sede Fonseca, Regional Guajira", se desarrolló las siguientes actividades en un tiempo de seis meses:

Instalación de Sistemas Acuapónico

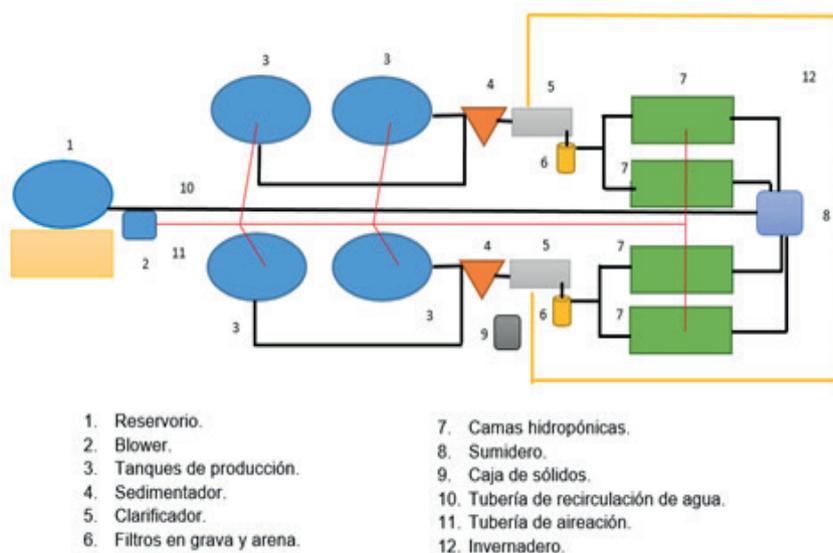
- Instalación de sistema invernadero.
- Instalación de sistema de recirculación de agua.
- Instalación de filtros biológicos.
- Siembra de peces y plantas.

Establecimiento de Diseños Experimentales: Evaluación de Rendimientos Productivos Acuapónico

- Evaluación del crecimiento de peces y plantas.

Figura 1

Diseño experimental del Sistema Acuapónicos



Nota. Esquema del sistema acuaponía, para la implementación del cultivo de ají pimentón.

*Elaboración propia (2018)

- Análisis de la calidad del agua.
- Análisis estadístico

Establecimiento de Diseños Experimentales: Análisis, Elaboración y Divulgación de los Resultados

- Preparación de informe de resultados de producción del Ají Pimentón en sistemas acuapónico.
- Desarrollo de un protocolo de producción de Ají Pimentón en sistemas acuapónicos.
- Socialización del protocolo de producción de Ají Pimentón en sistemas acuapónico al sector agrícola y piscícola del departamento de la Guajira.

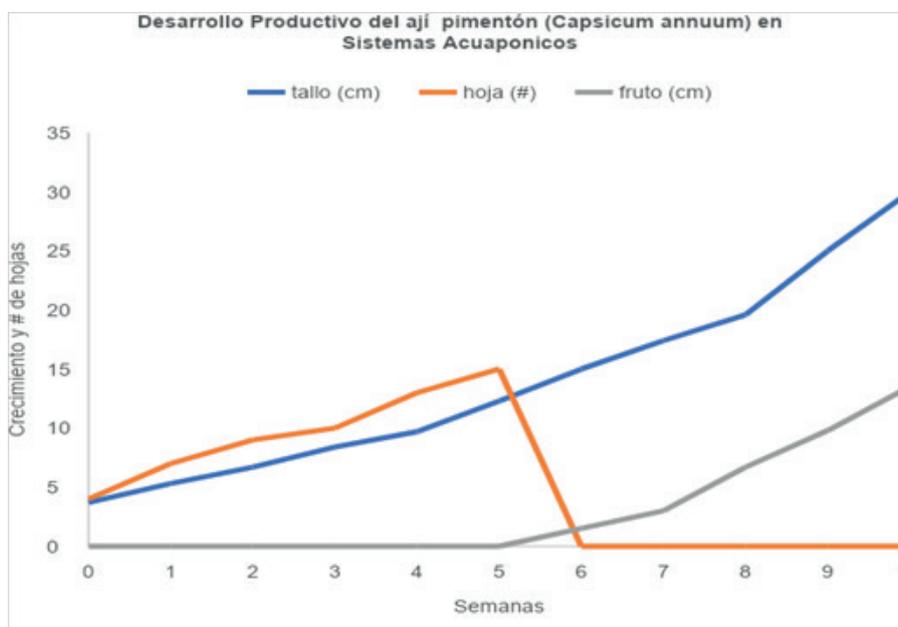
Resultados

Evaluación del Crecimiento de Peces y Plantas en el Cultivo de Ají Pimentón en Sistemas Acuapónicos

En las Figuras 2 y 3 se representan la productividad del cultivo de ají pimentón en sistemas acuapónicos con relación a su crecimiento en tallo, hoja y fruto en determinado tiempo transcurrido, como resultado presentó producción de fruto a partir de la sexta semana, con crecimientos superiores a 15 cm de altura, número de horas totales por encima de 10, producción de 136,6 gramos promedio de ají pimentón por planta, lo que demuestra un alto porcentaje de adaptación a estos sistemas de cultivo.

Figura 2

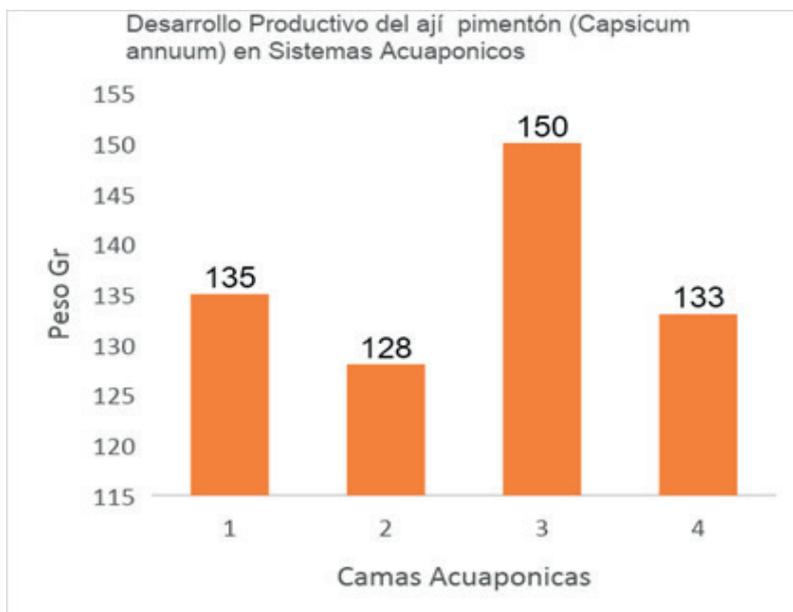
Productividad de Ají Pimentón (*Capsicum nnuum*) en Sistemas Acuapónicos



Nota. Elaboración propia (2018)

Figura 3

Productividad (gr) de Ají Pimentón (Capsicum Annuum) en Sistemas Acuapónicos



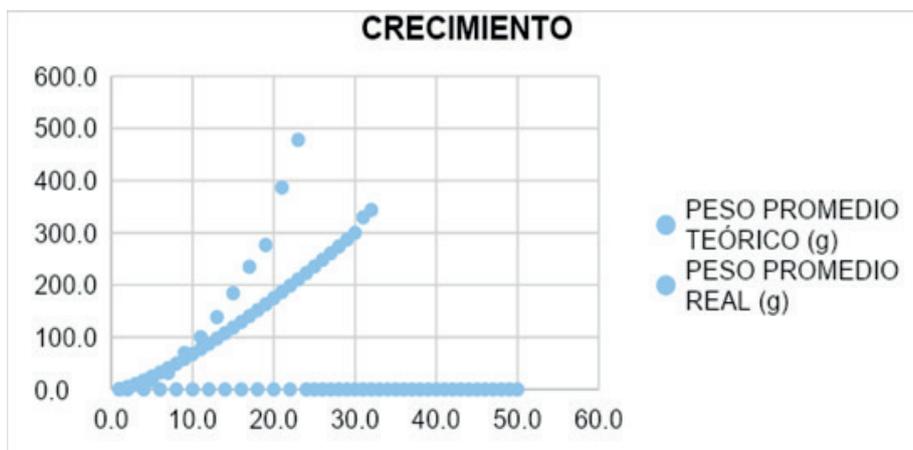
Nota. Elaboración propia (2018)

En la Figura 4 se representa el crecimiento por quincena de la tilapia roja (*Oreochromis sp*) en el sistema acuaponía, se evidencia un peso promedio real por encima del peso promedio

teórico establecido, permitiendo un buen rendimiento de cultivo con factor de conversión a cosecha de FCA 1.5, crecimiento día 1,7.

Figura 4

Crecimiento Quincenal de la Tilapia Roja (Oreochromis Sp) en el Sistema de Acuaponía



Nota. Elaboración propia (2018)

Medición de Parámetros Físicoquímico del Estado del Agua en el Sistema Acuapónico

En la Tabla 1, se refleja los resultados obtenidos en laboratorio de parámetros físicoquímicos del agua en el sistema acuaponía, las mediciones se realizaron a la entrada y salida del sistema,

obteniendo reducción de niveles de parámetros como nitritos y nitratos, esta reducción, se debe a que las plantas absorben estos nutrientes para su posterior crecimiento y desarrollo de tallos, hoja y frutos, aportando a la reducción de parámetros que afectan la calidad del agua por eutrofización en fuentes de agua receptoras.

Tabla 1

Parámetros Físicoquímicos del Estado del Agua en el Sistema Acuapónico

Parámetros Físicoquímicos del Estado del Agua en el Sistema Acuapónico			
Parámetros	Unidad de medida	Entra (nft)	Salida (nft)
Temperatura (°T) °	C	28,5 2	8,5
Amonio (NH ₄) M	g/Lt 0	,05	0,02
Nitritos (NO ₂) M	g/Lt 0	,02	0,01
Nitratos (NO ₃) M	g/Lt 2	7	22
Fosfato (PO ₄)	Mg/Lt	0,5	0,5
Cloruro (Cl) M	g/Lt 6	,3 6	,5
Fluoruro (F) M	g/Lt 0	,17	0,22

Nota. Elaboración propia (2018)

Evaluación de la Concentración de Nutrientes de Frutos

En la Tabla 2, se presenta los valores nutricionales del ají pimentón cultivado en la unidad acuapónica; en relación con los valores

nutricionales del ají pimentón cultivado tradicionalmente, los cuales arrojaron valores de dos puntos porcentuales por debajo del ají en cultivos tradicionales presentando diferencias significativas.

Tabla 2

Valores Nutricionales del Ají Pimentón en Cultivo Acuapónico y Tradicional.

Valor Nutricional del Ají Pimentón en 100 Gramos		
Nutrientes	Cultivo Acuapónico (gr)	Cultivo Tradicional (gr)
Proteínas	12 1	4
Carbohidratos	48 5	4
Sodio	0.057	0.068

Nota. Elaboración propia (2018)

Discusión

Los resultados obtenidos muestran la adaptabilidad de la especie de ají pimentón en sistemas acuapónico, evidenciando un alto rendimiento productivo tanto en la productividad del ají pimentón como en el crecimiento de la tilapia cultivada en el sistema, presentando para el caso del cultivo vegetal 135.5 gramos en promedio de producción por cama hidropónica y en el caso de la tilapia roja el rendimiento de cultivo con factor de conversión a cosecha de FCA 1.5, crecimiento día 1,7. Esto garantiza la productividad del sistema bajo el enfoque acuapónico.

La capacidad de filtración del sistema hidropónico se establece que su contribución en la reducción de parámetros de compuestos nitrogenados que afectan el cultivo de peces, permitiendo el proceso de recirculación del agua en un estado apropiado para el cultivo y desarrollo de la tilapia roja, que permite la continuidad del ciclo para aprovechar el recurso hídrico y los desechos acuícolas, los cuales servirán de nutrientes al sistema hidropónico y serán absorbidos por las plantas. Por último, en lo que respecta al aporte nutricional del ají pimentón cultivado en sistemas acuapónicos, se demostró que su contenido nutricional es similar al ají pimentón cultivado de manera tradicional, generando aportes en la contribución a la reducción de la inseguridad alimentaria en el departamento de La Guajira.

Conclusiones

Los sistemas acuícolas generan grandes cantidades de desechos, a partir del aprovechamiento de estos residuos se puede obtener un nuevo producto que genere ganancia económica adicional.

Al integrar el sistema acuícola con la hidroponía, se crea un modelo de producción denominado Acuaponía, que se define como el cultivo de peces y plantas en un sistema de recirculación, que puede servir para una producción sostenible de alimentos en policultivo, que permite incrementar la diversidad, la producción final y la posibilidad de obtener productos de calidad fitosanitaria, además, importantes impactos socio económicos (Muñoz, 2012).

La producción del ají pimentón empleado en sistemas acuapónicos, presentó resultados favorables tanto en el crecimiento del cultivo como en el peso de la tilapia roja, esto demuestra que la implementación de este tipo de sistemas mejora la productividad económica, es amigable con el medio ambiente debido a la reducción de uso de químicos los cuales afectan de forma negativa las fuentes hídricas receptoras, permite la producción de alimentos bajo criterios sostenibles y la utilización de energías alternativas para su funcionamiento.

La producción del ají pimentón se puede desarrollar en sistemas acuapónicos sin ningún inconveniente debido al alto porcentaje de adaptabilidad a estos cultivos, para obtener mejores resultados de adaptación se hace necesario controlar las altas temperaturas generadas en el invernadero.

La integración de las energías renovables a proyectos de producción acuícola e hidroponía, le apuestan a la seguridad alimentaria de La Guajira, brindando alimentos ricos en proteínas y otros minerales que contribuyen a la erradicación del hambre y desnutrición, además, busca impulsar la integración de estos sistemas productivos dentro de los predios en las zonas rurales del departamento, que les permita abastecer sus necesidades básicas de alimentación bajo el enfoque de acuicultura y agricultura sostenible a bajo costo.

Referencias

Merino, M. (2018). Acuicultura en Colombia. abril 2, 2020, de Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca - AUNAP Sitio web: <https://www.aunap.gov.co/images/convenio/presentacion-tecnica-acuicultura-en-colombia.pdf>

AUNAP (2014-2018). Plan Estratégico Institucional. julio 3, 2020, de Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) Sitio web:

<https://www.aunap.gov.co/images/documentos/plan-estrategico-institucional-2014-2018.pdf>

Ramirez, D., Sabogal, D., Jiménez, P., & Hurtado Giraldo, H. (2017). La acuaponía: una alternativa orientada al desarrollo sostenible. Revista Facultad De Ciencias

Básicas, 4(1-2), 32-51. <https://doi.org/10.18359/rfcb.2230>

Villalobos, S., y González, E. (2016). Determinación de la relación pez planta en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) en sistema de acuaponía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7 (5), 983-992. DOI: 10.29312/remexca.v7i5.225

Cegarra, J. (2004). Metodología de la investigación científica y tecnológica. Díaz de Santos.

Castro, E. (2010, diciembre). El estudio de casos como metodología de investigación y su

importancia en la dirección y administración de empresas. *Revista Nacional de Administración*, 1(2),

pp.31-54. file:///C:/Users/aortizd/Downloads/Dialnet-ElEstudioDeCasosComoMetodologia-DeInvestigacionYSul-3693387%20(2).pdf

Muñoz, M. (2012, diciembre). Sistemas de recirculación acuapónicos. *Informador Técnico (Colombia)*, 76, pp.123-129. file:///C:/Users/aortizd/Downloads/Dialnet-SistemasDeRecirculacionAcuaponicos-4364577%20(1).pdf

Producción Intensiva de Tilapia Roja (*Oreochromis Sp*) en el Sistema Ras del Centro Agroempresarial y Acuícola

Intensive Production of Red Tilapia (*Oreochromis Sp*) in the Ras System of the Agribusiness and Aquaculture Center

Edwin Ricardo Garrido Weber ¹, Ángel María Maestre Peralta ² y Carmen Patricia Guevara Reyes ³

1 Colombiano. Magister en Gerencia de Proyectos de Investigación y Desarrollo, Ingeniero Pesquero. Centro Agroempresarial y Acuícola, SENA, La Guajira, Colombia. egarrido@sena.edu.co

2 Colombiano. Especialista en Gerencia de Mercadeo, Médico Veterinario y Zootecnista. Centro Agroempresarial y Acuícola, SENA, La Guajira, Colombia. amaestrep@sena.edu.co

3 Colombiano. Tecnólogo en Gestión Integrada de la Calidad, Medio Ambiente, Seguridad y Salud Ocupacional. Centro Agroempresarial y Acuícola, SENA, La Guajira, Colombia. cpguevara9@misena.edu.co

Resumen

La acuicultura representa un sector importante de la producción de alimentos a nivel nacional, lo que contribuye a mejorar los índices de seguridad alimentaria y a la superación de la pobreza, además, los sistemas de recirculación acuícola, son un tipo de sistema que emplea la ingeniería para producir biomasa animal con un mínimo gasto del recurso hídrico haciéndolo sostenible y altamente productivo. El desarrollo de esta investigación consistió en producir de manera intensiva la especie de tilapia roja (*Oreochromis sp*) en el sistema de recirculación acuícola RAS del CAA de Fonseca La Guajira, para ello se contó con 4 tanques circulares con capacidad de llenado de 12,56 m³ cada uno conectado a un sistema de recirculación, a los cuales se realizó una siembra de 1200 alevinos de tilapia roja por tanque con un peso promedio de 3 gramos durante un periodo de cultivo de 6 meses, en los cuales se estimó la ganancia en peso quincenalmente obteniéndose ejemplares a cosechar entre los 350 gramos, con una tasa de sobrevivencia por encima del 90% y una producción entre 30 y 33 kilogramos/m³ y un valor promedio de 1,37 como factor de conversión alimenticio; lo que concluyo que el cultivo de tilapia roja en sistemas de recirculación bajo control de parámetros de calidad del agua presento una alta eficiencia productiva y se convierte en un medio para atender necesidades de inseguridad alimentaria en el departamento.

Abstract

Aquaculture represents an important sector of food production at the national level, which contributes to improving food security indices and overcoming poverty, in addition, aquaculture recirculation systems are a type of system that uses engineering to produce animal biomass with a minimum expenditure of water resources, making it sustainable and highly productive. The development of this research consisted of intensively producing the species of red tilapia (*Oreochromis sp*) in the RAS aquaculture recirculation system of the CAA of Fonseca La Guajira, for which there were 4 circular tanks with a filling capacity of 12.56 m³ each connected to a recirculation system, to which 1200 red tilapia fingerlings per tank were stocked with an average weight of 3 grams during a cultivation period of 6 months, in which the weight gain was estimated biweekly, obtaining specimens to be harvested between 350 grams, with a survival rate above 90% and a production between 30 and 33 kilograms / m³ and an average value of 1.37 as a feed conversion factor; which concluded that the cultivation of red tilapia in recirculation systems under the control of water quality parameters presented a high productive efficiency and became a means to meet food insecurity needs in the department.

Introducción

La pesca y la acuicultura en Colombia representan dos importantes sectores de la producción de alimentos para consumo nacional y la exportación y dos multiplicadores de la economía local que contribuyen a la superación de la pobreza en las zonas rurales. El país cuenta con un importante potencial para el desarrollo de la acuicultura que se sustenta en una gran riqueza hídrica tanto continental como marina, un clima adecuado para el cultivo de especies tanto tropicales como subtropicales y una amplia gama de organismos acuáticos con aptitud para la domesticación (Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca AUNAP, 2014)

La acuicultura tradicional es una actividad que requiere grandes cantidades del recurso hídrico y extensiones de terreno amplios, En el departamento de La Guajira, el agua es un recurso limitado ya sea por sus condiciones geográficas, crecimiento demográfico, cambio climático o destinación en los usos del agua. La situación actual de la economía nacional, ha hecho necesaria la búsqueda de alternativas que suplan necesidades en general y que contribuyan al desarrollo y generación de empleo, es así, como la acuicultura, entendida como el cultivo de animales acuáticos como peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas en ambientes controlados (Malcolm, 2005) ha tomado gran auge y es implementada en diferentes departamentos del país; específicamente en el departamento de la Guajira ha sido considerada como gran contribuyente en la reducción de la inseguridad alimentaria en poblaciones vulnerables como las comunidades indígenas Wayuu, por tanto, la generación de empresas de este tipo ha logrado que se suplan los requerimientos de proteína animal para el consumo humano (Sanabria & Israel, 2016).

La acuicultura es una actividad que puede desarrollarse en diferentes sistemas, uno de ellos es la tecnología de sistemas de recirculación acuícola (RAS), el cual ha estado en desarrollo y perfeccionándose durante los últimos 30 años, este tipo de tecnología es altamente viable e impulsada en la conservación ambiental de los recursos hídricos, puesto que empleado de manera eficaz permite el ahorro de agua en la producción acuícola casi en su totalidad. Desde el punto de vista de

producción los sistemas de recirculación acuícola, son altamente productivos, pues permite desarrollar cultivos intensivos y súper intensivos, además, la calidad del agua es un factor que puede controlarse mejor que en los sistemas abiertos y tradicionales garantizando al consumidor calidad y seguridad de los peces producidos (Hernandez, Trejo, Loreda, & Gutierrez, 2016).

Los sistemas de recirculación acuícola RAS, han tomado notoriedad en los últimos años pues poseen grandes ventajas respecto a otros sistemas de producción acuícola, entre los beneficios encontrados se destaca la capacidad de cultivar animales en condiciones controladas, permitiendo la programación del crecimiento de los animales con itinerarios de cosecha predecibles, la conservación de calor y agua debido a la reutilización por tratamiento con bio filtración, altas producciones por unidad de área y es ambientalmente sostenible ya que usan un 90 – 99% menos de agua que sistemas convencionales y permite el tratamiento de los desechos.

El servicio nacional de aprendizaje SENA, desde su Centro Agroempresarial y acuícola de Fonseca la Guajira implementa dentro de la unidad productiva acuícola los sistemas de recirculación acuícola RAS, el cual ha permitido estar a la vanguardia tecnológica y hacer uso sostenible del recurso hídrico dentro del departamento. Para que un sistema de recirculación sea eficiente y provea un ambiente adecuado deben poseer cinco procesos o características: a) Remoción de sólidos que consiste en remover los desechos producidos en los sistemas tales como las heces y el alimento no consumido, b) Biofiltración que tiene la función de controlar los compuestos nitrogenados producto del metabolismo de los organismos, c) Aireación u oxigenación que consiste en adicionar aire u oxígeno al agua, d) Desgasificación que es el proceso de eliminar el dióxido de carbono acumulado en el sistema, y e) Circulación del agua (Losordo, Masser, & Rakocy, 1992).

La tilapia roja es el pez más cultivado en Colombia, a donde llegó a comienzo de los años 80 (Merino, Salazar, & Gómez, 2006), posee la ventaja de ser altamente tolerante a la salinidad y se adapta a cualquier sistema de producción, lo cual la hace interesante para su cultivo (Pradeep, 2014). La tilapia roja, es un tetra

híbrido, producto de un cruce híbrido entre cuatro especies representativas del género *Oreochromis*: *O. mossambicus*, *O. niloticus*, *O. hornorum* y *O. aurea*. Cada una de estas especies aporta al híbrido sus mejores

características, resultando uno de los peces con mayor potencial para la acuicultura comercial en el mundo (Castillo, 2001). La tilapia se cultiva bajo diferentes sistemas y uno de ellos es de recirculación de agua (SRA). En este sistema, el agua tratada biológicamente, se recicla de nuevo a los estanques (Wik, Linden, & Wramner) y los residuos sólidos que se filtran son eliminados, mientras que el oxígeno se incorpora para mantener una concentración acorde con la densidad de peces, lo que incrementa los niveles de bio-seguridad (Merino G. , 2005). Las características de estos sistemas son: la reutilización de agua, reducción de descarga de efluentes y óptima conservación del agua (El-Sayed, 2006), que es tratada en un biofiltro para la conversión biológica de amoníaco a nitrato (Timmons, Ebeling, & Pie-drahita, 2009).

Como se ha descrito anteriormente la tilapia roja es una variedad apetecida en el mercado Colombiano y su producción puede adaptarse a diferentes tipos de sistemas tal como el sistema de recirculación acuícola, además su alta sobrevivencia y adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas y de calidad de agua, hace que su producción sea rentable y de fácil cultivo, pudiéndose transmitir los cuidados de producción a las poblaciones para el fortalecimiento del sector piscícola y mejora de la calidad de vida de las personas, al incluir en su dieta una proteína con alto valor nutricional.

Esta investigación tiene como finalidad, producir de manera intensiva la especie de tilapia roja (*oreochromis sp*) en sistemas de recirculación acuícola en el CAA para evaluar la productiva de la misma en este tipo de sistemas, para ello se plantearon los siguientes objetivos específicos:

Estimar la biomasa ganada en el cultivo de la tilapia roja (*oreochromis sp*) en el sistema de recirculación acuícola.

Determinar la tasa de sobrevivencia de la tilapia roja (*oreochromis sp*) en sistemas de cultivo de recirculación acuícola.

Evaluar la calidad del agua del sistema de recirculación acuícola durante el cultivo de tilapia roja (*oreochromis sp*) y,

Determinar la productividad del cultivo de tilapia roja (*oreochromis sp*) en el sistema de recirculación acuícola.

En esta investigación, se estudió la producción intensiva de tilapia roja y el rendimiento productivo en sistemas de recirculación acuícola RAS, para ello se estableció una metodología la cual indicó el tipo de investigación, los materiales y los procedimientos necesarios para la obtención de datos que posterior sirvieron para la elaboración de los resultados, para ello se consideró información pertinente a las biometrías realizadas a los peces para la estimación de su crecimiento y ganancia de peso, tasa de sobrevivencia, parámetros relacionados a la calidad del agua que condicionan el cultivo y la evaluación del rendimiento productivo a partir de la obtención de los factores de conversión alimenticia para cada tanque en producción esclareciendo el análisis y discusión de los resultados obtenidos para posterior establecimiento de las conclusiones pertinentes a la investigación que permitieron dar claridad sobre la producción intensiva de tilapia roja en este tipo de sistemas y sirvió como referencia para la estimación en productividad y generación de nuevos proyectos.

Es así que este artículo, busca aportar en la investigación del sector acuícola y brindar información pertinente relacionada a los sistemas de producción acuícola en sistemas de recirculación de agua, brindando a los productores, comunidad académica e investigadores información guía para el establecimiento de cultivos bajo el enfoque de recirculación acuícola manejado en el Centro Agroempresarial y Acuícola del Sena de Fonseca, el cual pueda ser replicado e impulsado como alternativa de solución para contrarrestar problemáticas relacionadas con la inseguridad alimentaria en el Departamento de la Guajira.

Metodología

La presente investigación se realizó para evaluar la eficiencia en la producción intensiva de la tilapia roja (*oreochromis sp*) en los sistemas de recirculación acuícola RAS de la unidad productiva acuícola del Centro Agroempresarial.

Tipo de investigación.

El tipo de investigación empleado fue cuantitativa – aplicada pues se basó en la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

Población y muestra.

Este estudio se realizó en el Centro Agroempresarial y Acuícola de Fonseca, Regional Guajira específicamente en el sistema de recirculación acuícola la RAS de la unidad productiva acuícola siendo la muestra un promedio de 5.000 alevinos de tilapia roja sembrados en los cuatro tanques del sistema.

Técnicas e instrumentos de recolección de información.

Fuentes primarias. Constituidas por datos obtenidas in situ mediante mediciones que sirvieron para determinar el rendimiento productivo de la tilapia roja (*Oreochromis sp*) en sistemas de recirculación acuícola.

Fuentes secundarias. Conformadas por artículos científicos, tesis, fichas técnicas y textos académicos recopilados de diferentes bases de datos a nivel nacional e internacional.

Diseño experimental. Los materiales empleados para la ejecución del proyecto consistieron en diferentes equipos detallados a continuación.

Sistema de recirculación acuícola RAS. conformado por 4 tanques circulares con diámetro de 4m, una altura de 1,20 m y capacidad de llenado de 12.56 m³ El material en el que están elaborados es la geomembrana con una estructura metálica de soporte y una cubierta alrededor del tanque que sirve para protegerlo de las altas temperaturas. Además de los tanques de producción también se cuenta con un reservorio principal, filtro tambor, filtro biológico, tubería para la separación de los sólidos, tuberías de succión, retorno y desagüe y equipo para desinfección con rayos ultravioleta.

Sistema de aireación. Conformado por un Blower bifásico tipo 2RB510, con 2.35 caballos de fuerza y caudal máximo Q/máx de 255m³/h y un sistema de tuberías de aireación conectadas a 2 parrillas por tanque elaboradas en manguera difusora.

Este sistema de aireación asistido, permite trabajar altas densidades de siembra (cultivos superintensivos) y proporcionar las concentraciones de oxígeno disuelto requeridas por los peces.

Sistema eléctrico. La electricidad empleada en el sistema RAS para mover el Blower y demás aparatos necesarios en la producción de los cultivos consistió en el sistema eléctrico del Sena proporcionado por la empresa Electricaribe; además se contó con un sistema fotovoltaico compuesto por 20 paneles solares que proporcionan energía de 12 pm a 4 pm y una planta eléctrica marca HONDA en DIESEL como medida contingente cuando hay corte en el suministro de energía.

Equipos de medición de parámetros de calidad del agua. Para tener control de la calidad del agua del cultivo se empleó un multiparámetros el cual permitió la medición de la temperatura, oxígeno disuelto, potencial de hidrogeno, total de sólidos disueltos, conductividad eléctrica y salinidad y un Kit de prueba master de Api para la medición de parámetros como nitritos, nitratos y amonio.

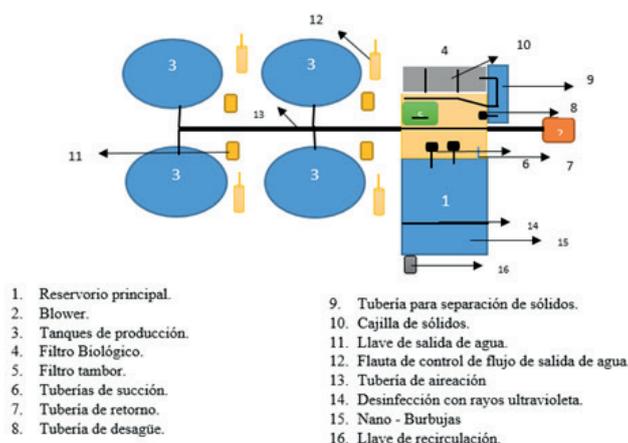
Otros equipos, herramientas e insumos. Para el desarrollo del cultivo y la obtención de los datos se empleó una gramera y tabla de medición para realizar la biometría de los peces, también se empleó alimento en las diferentes etapas del cultivo el alimento utilizado fue concentrado de tilapia reversión, mojarra 40%, 38%, 32% y 24%. Un computador para el ingreso de datos y elaboración de los resultados.

Mano de obra. Aprendices del tecnólogo en acuicultura

La ilustración 1 muestra el modelo de recirculación acuícola RAS con sus diferentes partes, presentado en la Unidad Acuícola del CAA.

Figura 1

Modelo del sistema de recirculación acuícola del CAA.



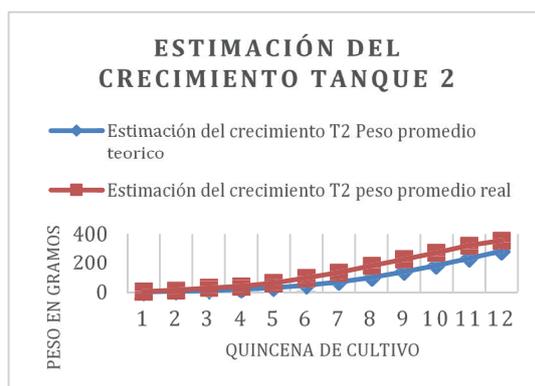
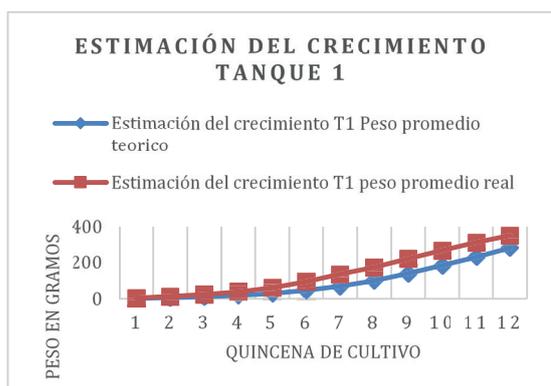
Alcance y procedimiento.

El alcance del proyecto aplica desde la siembra de los alevinos en los tanques de producción hasta la cosecha, considerándose un tiempo de duración de 6 meses. Y el procedimiento que se empleó para la ejecución del proyecto fue el siguiente.

- Instalación del sistema de recirculación acuícola RAS.
- Siembra de la semilla de tilapia roja (*oreochromis sp*) en los tanques circulares del sistema de recirculación acuícola.
- Suministro de alimentación (6 raciones diarias según requerimiento en cada etapa del pez).
- Evaluación del crecimiento de la tilapia roja durante el tiempo de cultivo mediante biometría.
- Control remoción y registro de mortalidad.
- Registro de consumo diario por tipo de alimento, ración y total suministrado.
- Medición de parámetros para el análisis de la calidad de agua del medio de cultivo.
- Relación de biomasa aprovechada respecto a total de alimento suministrado durante el tiempo de cultivo.
- Análisis de los resultados y discusión de los mismos.

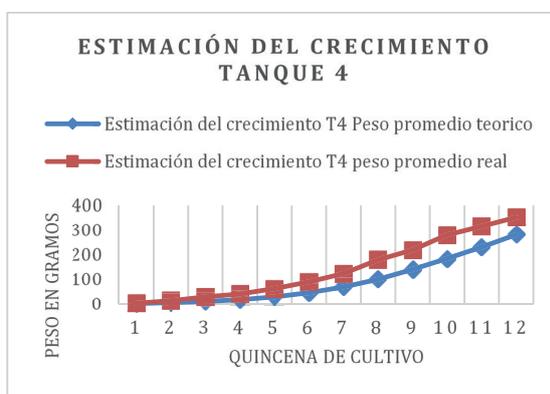
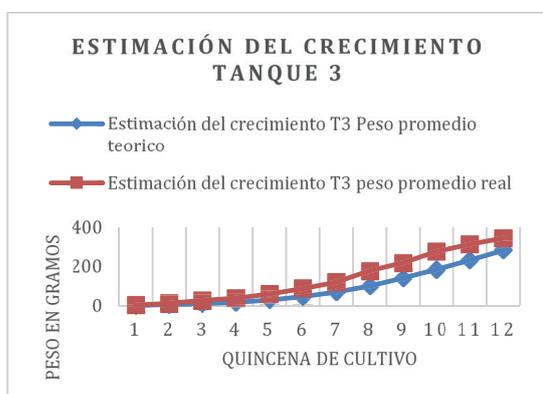
Resultados y discusión

Para la obtención de los resultados, se siguió el procedimiento especificado en la metodología, el cual permitió obtener los datos necesarios para determinar el rendimiento productivo de la tilapia roja (*oreochromis sp*) en sistemas de recirculación acuícola. Los datos recolectados corresponden a la estimación en biomasa alcanzada por la tilapia roja en los 6 meses de duración de cultivo, tasa de sobrevivencia, parámetros de la calidad del agua presente en el medio de cultivo y la productividad del proyecto representado en factor de conversión alimenticio según los kilogramos obtenidos por cada tanque en producción y el tipo de análisis realizado fue cuantitativo, pues se basó en la recolección de datos y posterior análisis y discusión. Los resultados se obtuvieron a través de la producción de 4 tanques en sistemas de recirculación con capacidad de 12,56 m³ y una siembra de 1200 alevinos por tanque. El primer resultado obtenido fue la estimación en crecimiento de la tilapia roja (*oreochromis sp*) en sistemas de recirculación acuícola para cada uno de los tanques en producción. Las ilustraciones 2, 3, 4 y 5 representan las gráficas de la ganancia en peso de la tilapia roja respecto a las quincenas de cultivo comparadas con el valor que la teoría propone.



La **ilustración 2** evidenció que el crecimiento de la tilapia roja en el tanque de producción número 1 estuvo por encima del valor teórico estimado, alcanzando en promedio un peso de cosecha de 350 gramos es decir, que en las primeras 5 quincenas la ganancia de biomasa por cada una de ellas fue en promedio de 17 gramos que correspondía a la etapa de levante, entre las quincenas 6 a la 9 la ganancia en biomasa se estimó en 40 gramos correspondiente a la etapa de pre engorde y 43 gramos de ganancia quincenal en la etapa de engorde, proporcionando una ganancia satisfactoria en peso del animal respecto a lo proyectado.

En la **ilustración 3** se evidenció también un peso promedio a cosecha por encima del valor teórico establecido a los 6 meses de cultivo, obteniendo una ganancia quincenal de peso promedio de 18.8 gramos para la etapa de levante, 43 gramos en la etapa de pre engorde y 43.3 gramos en la etapa de engorde del cultivo; para un total de 356 gramos de peso promedio cosechado por animal, demostrando un crecimiento un poco superior del tanque de producción 2 respecto al 1.



La **ilustración 4** perteneciente al tanque 3 indicó que el peso promedio a cosecha fue de 344 gramos por animal, identificándose una ganancia de peso quincenal de 18.8 gramos en la etapa de levante, 43.6 gramos en pre engorde y 42 gramos en engorde respectivamente; valores que al igual que en los tanques 1 y 2 se encuentran por encima del peso teórico establecido.

establecido teóricamente y una ganancia de peso quincenal de 17.42 gramos en la etapa de levante, 42.96 gramos en pre engorde y 44.66 gramos en engorde respectivamente.

Por último, la **ilustración 5** relaciono el crecimiento quincenal de la tilapia en el tanque de producción 4, donde se obtuvo un peso promedio a cosecha de 352 gramos valor por encima del peso

Otro de los objetivos de esta investigación es determinar la tasa de sobrevivencia de la tilapia roja (*Oreochromis sp*) en sistemas de recirculación acuícola en cada uno de los tanques cultivados, en la tabla 1 se muestra el porcentaje de tilapia roja que sobrevivió hasta el final del cultivo.

Tabla 1

Tasa de sobrevivencia de la especie cultivada

TASA DE SOBREVIVENCIA (%)			
TANQUE 1 T	ANQUE 2	TANQUE 3 T	ANQUE 4
95	93,9	3,5	92

El nivel de sobrevivencia se expresó en porcentaje y se analizó mediante el registro de la mortalidad diaria durante el periodo de cultivo lo que demostró que la sobrevivencia del cultivo de tilapia roja en el sistema de recirculación acuícola fue satisfactorio, pues se manejaron tasas entre el 92% al 95%, garantizando una alta eficiencia en el cultivo, además se pudo identificar que la mortalidad se presentó en las primeras semanas de siembra del cultivo y se redujo significativamente entre las cuarta y quinta quincena de cultivo.

Los parámetros de calidad del agua es uno de los factores más importantes en los cultivos superintensivos, puesto que de esto depende el crecimiento satisfactorio del mismo, por ello, diario se realizaron mediciones de parámetros como oxígeno disuelto, temperatura, PH, total de sólidos disueltos y conductividad eléctrica para asegurarse de la conformidad de los parámetros para el cultivo establecido. La tabla 2 muestra de manera global los parámetros monitoreados durante todo el periodo de cultivo en cada uno de los tanques de producción del sistema de recirculación acuícola.

Tabla 2

Parámetros fisicoquímicos en el sistema de recirculación acuícola

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS RAS						
PARÁMETRO	UNIDADE	VALORES DE REFERENCIA	TANQUE 1	TANQUE 2	TANQUE 3	TANQUE 4
OXIGENO DISUELTO	mg/l	4 - 9,5	,82	5,61	,39	6,02
TEMPERATURA	°C	23 - 32	26,7	27,2	26,9	27,1
PH		6.5 - 9	7,5	7,5	7,4	7,6
TDS	ppm	< 80	624	668	612	632
SALINIDAD	ppt	< 240	,40	,40	,40	,4
NITRITOS	mg/l	<	0,5	0,5	0,5	0,5
NITRATO	mg/l	<	10,1	0	10,1	0
AMONIO	mg/l	< 1.0	0,25	0,25	0,25	0,25

Los parámetros de calidad del agua se mantuvieron en rangos aceptables, parámetros críticos como oxígeno disuelto se mantuvo en el rango de 5 mg/l, lo cual permitió un buen desarrollo del sistema de cultivo, las temperaturas estuvieron entre los 26 y 27 °C y los niveles de PH en rangos neutros entre 7.4 a 7.6 permitiendo tener control sobre otros parámetros que se ven influenciados por este tal es el caso del amonio

Lo que respecta a la productividad del sistema referenciado en kilogramos aprovechados y alimento consumido durante el periodo de cultivo se referenció en la tabla 3. La cual muestra los factores de conversión alimenticia obtenidos por cada tanque en producción de tilapia roja en sistemas de recirculación acuícola.

Tabla 3

Factor de conversión alimenticia F.C.A en sistemas de recirculación acuícola.

FACTOR DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA

TANQUE 1	TANQUE 2	TANQUE 3	TANQUE 4
1,42	1,41	,42	1,44

Según los datos de la tabla 3, en los cuatro tanques de producción del sistema de recirculación acuícola, se presentaron factores de conversión alimenticia similares estando entre 4.1 a 4.4 con una varianza de 3 décimas, lo que quiere decir que la productividad del sistema fue satisfactoria, pues se mantuvo en promedio en 1.42 el F.C.A, indicando que, por cada kilogramo de producto

obtenido, se utilizó 1,42 kilogramos en promedio de alimento.

La tabla 4, resume los datos obtenidos en campo de cada uno de los tanques en producción en el sistema de recirculación acuícola y permite dar una idea de la eficiencia productiva del sistema en general.

Tabla 4

Resumen de producción de la tilapia roja en sistema de recirculación acuícola.

RESUMEN DE LA PRODUCCIÓN

ESPECIFICACIÓN	TANQUE 1	TANQUE 2	TANQUE 3	TANQUE 4
SIEMBRA	1200	200	1200	200
TASA DE SOBREVIVENCIA	95%	94.5%	93,50%	92%
MORTALIDAD	5%	.5%	6.5%	%
# DE PECES MUERTOS	60	66	78	96
# DE PECES COSECHADOS	1140	134	1122	104
PESO PROMEDIO A COSECHA	350 g	356 g	344 g	352 g
TOTAL BIOMASA COSECHADA	399 kg	03 kg	386 kg	88 kg
BIOMASA COSECHADA POR M3	31,76 kg/m3	32,1 kg/m3	30.7 kg/m3	30.9 kg/m3
TOTAL DE ALIMENTO SUMINISTRADO	568kg	565 kg	47 5	60.93 kg
F.C.A	1,42%	1,40%	1,42%	1,44%

Como se puede apreciar en la tabla 4. , existe una estrecha relación el tanque #2 entre el total de alimento suministrado y mayor biomasa obtenida, debido a que fue el tanque con mayor biomasa a cosecha pero con mayor Fca., lo cual podría estar ligado al manejo alimenticio durante el ciclo de producción, El aumento de la frecuencia de alimentación puede tener efectos sobre las variables de crecimiento, la supervivencia y el comportamiento alimenticio de la tilapia *Oreochromis sp.*

Conclusiones

Con esta investigación, se pudo demostrar que la producción de tilapia roja en sistemas de recirculación acuícola puede considerarse eficiente desde el punto de vista productivo, puesto que según los resultados analizados, las tasas de sobrevivencia de esta estuvieron por encima del 90%, demostrando una alta adaptabilidad de esta especie a los sistemas de recirculación y a las condiciones de calidad de agua presentado en el medio de cultivo, además la producción en kilogramos fue satisfactorio con valores entre los 30 a 33 kg/m³ de proteína animal de alto valor nutricional y producido bajo sistemas sostenibles y accesibilidad de costos.

El factor de conversión alimenticia manejado para la tilapia roja en sistemas de recirculación, se mantuvo en una relación de 1,37, es decir, que presento un índice de aceptabilidad y alta rentabilidad económica para el productor, lo que indica que este proyecto puede ser aplicado con seguridad en otras unidades productivas dedicadas al cultivo de peces, además permite tener una guía a los productores sobre las estimaciones productivas según las condiciones brindadas al cultivo y una referencia para el desarrollo satisfactorio de la tilapia roja en este tipo de sistemas.

Se recomienda garantizar las condiciones necesarias para el correcto desarrollo del cultivo, tales como el control y monitoreo de los parámetros de calidad del agua, remoción y control de la mortalidad presentada, suministro diario de alimento ajustado según la etapa del animal y cuidados sanitarios durante toda la etapa de cultivo. Además, es interesante evaluar otro tipo de especies con alta adaptabilidad a las condiciones del departamento de la Guajira como la tilapia Nilótica, Boca-chico, Bagre, carpa entre otras y realizar un

análisis detallado sobre que especies representan mayor productividad a fin de tener una referencia más amplia de los sistemas de cultivo y su evaluación del rendimiento productivo que sirva de modelo a los productores de la región.

A pesar, que los resultados obtenidos en rendimiento productivo fueron satisfactorios, se espera mejorar sobre ello y obtener factores de conversión alimenticia más bajos a fin de garantizar la mayor productividad en este sistema de cultivo, por ello, es recomendable analizar si el tipo de alimento suministrado fue un factor decisivo para para la obtención de los resultados y diagnosticar la digestibilidad del mismo en los peces, porcentaje de energía asimilable en diversas clases de alimentos; relación de la energía asimilable contenida y la fibra del alimento; coeficientes de digestión; uso de indicadores en los estudios de la digestibilidad y valor biológico de las proteínas, para tener un estudio más acertado sobre la influencia del alimento suministrado en el rendimiento productivo del cultivo y así determinar si para esta investigación la alimentación tuvo incidencia en los valores obtenidos.

Continuando con la dieta de los peces, sería conveniente estudiar la aplicación de alimento natural y complementario en estos sistemas de cultivo y determinar si su presencia tendría un efecto positivo en la ganancia de biomasa y por ende mejoras en los valores de conversión alimenticia, así mismo, es necesario determinar si la alimentación suministrada contiene las vitaminas liposolubles e hidrosolubles y nutrientes necesarios para el correcto desarrollo del animal en cada una de sus etapas, puesto que en estos sistemas se manejan cultivos súperintensivos sin alimentación natural y es propio garantizar los niveles vitamínicos acordes a la especie, densidad de cultivo, el tamaño y tasa de crecimiento, el contenido nutricional de la dieta usada, características fisicoquímicas del cuerpo de agua y la condición fisiológica de la especie de pez cultivada.

Por último, queda abierta la interrogante sobre la incidencia del tipo de alimento y su suministro en los sistemas de recirculación acuícola respecto al rendimiento productivo y valores convenidos en los factores de conversión alimenticia resultante.

Referencias

Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca AU-NAP. (2014). Plan nacional para el desarrollo de la acuicultura sostenible en Colombia - PLANDAS. Bogota D.C.

Castillo, C. (2001). Tilapia roja una evolución de 20 años, de la incertidumbre al éxito doce años después. Cali, Valle.

El-Sayed, A. (2006). Tilapia culture. CAB International, 277.

Guevara, C. (2019). como citar en ieee. Fonseca : casa libro .

Hernandez, C., Trejo, A., Loredó, J., & Gutierrez, G. (2016). Evaluación de la eficiencia productiva de tres líneas de tilapia con reversión sexual en un sistema de recirculación (RAS). *Lat A.m Aquac*, 869-874.

Losordo, T., Masser, & Rakocy. (1992). Recirculating aquaculture tank production systems: an overview of critical considerations principles of biofiltration. Southern regional aquaculture center.

Malcolm, J. (2005). Backyard aquaponics. a guide to building an aquaponics system. Australia.

Merino, G. (2005). Tecnología de recirculación de agua aplicada al cultivo de moluscos. curso-taller de recirculación de agua aplicado al cultivo de moluscos. Universidad católica del Norte, 150.

Merino, M. C., Salazar, G., & Gómez, D. (2006). Guía práctica de piscicultura en Colombia “una valiosa herramienta para el usuario”. Bogotá.

Pradeep, P. (2014). Optimal conditions for cold-shock induction of triploidy in red tilapia. *Aquaculture int*, 1163-1174.

Sanabria, J., & Israel, G. (2016). Producción intensiva y automatizada de tilapia roja en estanques circulares. Santander : Servicio Nacional de Aprendizaje SENA .

Timmons, M., Ebeling, J., & Piedrahita, R. (2009). Acuicultura en sistemas de recirculación. Ithaca: Cayuga Ventures.

Wik, T., Linden, B., & Wramner, P. (s.f.). Integrated dynamic aquaculture and wastewater treatment modelling for recirculating aquaculture system. *Aquaculture*, 361-370.

Aislamiento de Bacterias Acidolácticas de Leche de Cabra: Bioalternativa para la Conservación de Alimentos

Isolation of Lactic acid bacteria from Goat's Milk, Bioalternative for Food Preservation

Katerine Yaneth Liñán Montero ¹, Libeth Jaimes Gonzalez ², Yanier Eliet Sánchez Rivas ³, Maryuris Yulieth Hernández Marrugo ⁴.

1 Colombiana. Especialista Tecnológica en Gestión de Laboratorios de ensayos y calibración ISO/IEC 17025. Centro Agroempresarial y Acuícola, SENA, Guajira, Colombia. kayalimo13@gmail.com

2 Colombiana. Tecnólogo en Control de calidad de Alimentos. Centro Agroempresarial y Acuícola, SENA, Guajira, Colombia. libethjaimes2698@gmail.com

3 Colombiano. Ingeniero. Tecnólogo en Control de calidad de Alimentos. Centro Agroempresarial y Acuícola, SENA, Guajira, Colombia. yandanbre1126@gmail.com

4 Colombiana. Tecnólogo en Control de calidad de Alimentos. Centro Agroempresarial y Acuícola, SENA, Guajira, Colombia. maryurishernandezmarrugo@gmail.com

Recibido: octubre 8, 2020. Aceptado: diciembre 3, 2020.

Resumen

Las Bacterias ácido lácticas (BAL) son utilizadas en la industria alimentaria como cultivos iniciadores para la obtención de productos fermentados y sus metabolitos se han empleado como bioconservantes naturales, debido a que producen bacteriocinas y ácido láctico, este último realza el sabor de los alimentos haciéndolo más agradable; tienen poder antagónico frente a otros microorganismos patógenos o alterantes y producen beneficios a la salud del consumidor, gracias a las bondades de esta clase de microorganismos se les conoce como “probióticos”. El objetivo de este estudio fue aislar Bacterias ácido lácticas de leche de cabra para conservar alimentos y evaluar su acción antagónica frente a microorganismos patógenos; para ello se emplearon seis muestras de leche de cabra de raza Alpina y Saanen, del proyecto caprino del Centro

Agroempresarial y Acuícola - CAA; inicialmente se realizó una caracterización morfológica por medio del aislamiento en medio de cultivo selectivo Agar-MRS, modificando el pH a 4,5 con ácido acético, luego de la incubación se realizó pruebas bioquímicas y tinción Gram. A estas cepas se les realizó caracterización molecular a través de extracción de ADN, PRC, y secuenciación; luego de obtener estos resultados se construirá un cepario, el cual se modificarán las cepas. Seguidamente se evaluará la efectividad antagónica frente a microorganismos patógenos mediante el ensayo de difusión de pozos modificado utilizando cepas de *Listeria monocytógenas*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Salmonella Sp*. Finalmente se realizará la validación de un proceso de elaboración de queso semi madurado, de la siguiente manera: Se creó un pool con las BAL y se utilizó como cultivos iniciadores en el procesado de queso pasteurizando la leche, dando como resultado un queso con las características organolépticas del queso costeño y con “capacidad probiótica”, prolongando la maduración se mejora su textura y capacidad funcional de las BAL. Este proyecto es de gran importancia debido a que alarga la vida útil de los alimentos y de esta manera aporta a minimizar la inseguridad alimentaria que se vive en el departamento La Guajira.

Palabras claves: Bioconservante natural; antagonismo; Agar MRS; fermentación; alimento funcional.

Abstract

Lactic acid bacteria (LAB) are used in the food industry as starter cultures to obtain fermented products, and their metabolites have been used as natural biopreservative agents because they produce bacteriocins and lactic acid, the latter enhances the flavor of food making it more enjoyable; they have antagonistic power against other pathogenic or altering microorganisms and produce benefits to the health of consumers, thanks to the benefits of this class of microorganisms known as 'probiotics'. The objective of this study was to isolate lactic acid bacteria from goat's milk to preserve food and evaluate its antagonistic action against pathogenic microorganisms; six (6) samples of Saanen and Alpine goat milk, from the goat project at Centro Agroempresarial y Acuicola – CAA were used for this purpose. Initially a morphological characterization was carried out by means of the isolation in a selective culture Agar-MRS, modifying the pH to 4.5 using acetic acid. After the incubation period, Gram staining was carried out. These strains will have molecular characterization through DNA extraction, PCR, and Sequencing; after obtaining the results, a strain collection will be constructed, which strains will be encoded. Next, the antagonistic effectiveness against pathogenic microorganisms will be evaluated applying the modified well agar diffusion test with modifications, using strains of *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Salmonella sp.* Finally, the validation of a semi-mature cheese making process will be carried out, as follows: A pool will be created with the LAB and they will be used as starter cultures in the cheese processing pasteurizing the milk, resulting in a cheese with the organoleptic characteristics of the cheese and with 'probiotic capacity', prolonging the maturation improves its texture and functional capacity of LAB. This project is of great importance because it extends the shelf life of food and in this way helps to minimize food insecurity in the Guajira department.

Keywords: Natural biopreservative agents; antagonism; MRS agar; fermentation; functional food.

Introducción

Los productos lácteos generan un 3,18% del empleo total nacional, lo que equivale a 13,92% de los empleos del sector agropecuario. La mayor parte de los productores de leche combina la producción agrícola con la ganadera y ésta se encuentra muy dispersa en el país, razón por la cual, en el desarrollo del sector se hace necesario propiciar las economías de escala en la producción y comercialización de leche, la transferencia y adopción de tecnologías. En la actividad agroindustrial la cadena proporcionaba al 2003, 13 mil empleos directos en promedio anual con una participación media de 2% sobre el total del empleo y de 4% en la producción industrial. A su vez, el sector lácteo en el año 2008 representó un 25% del Producto Interno Bruto (PIB) pecuario y para el año 2012 representó un 10,2% (Bohórquez et al., 2012).

Colombia se ha posicionado como el cuarto productor de leche con un volumen aproximado de 6.500 millones de toneladas por año, superado sólo por Brasil, México y Argentina. A nivel mundial, Colombia ocupa una posición privilegiada al ubicarse en el lugar número 15 dentro del ranking total de productores. (Morales y Ospina, 2017).

En Colombia el consumo de leche y sus derivados lácteos, es una de las actividades principales en la región Caribe, por ejemplo el "queso COSTEÑO", derivado lácteo que hace parte de la gastronomía costeña, convirtiéndose en producto de consumo diario, que se caracteriza por su acentuado sabor a fermento láctico y por su elaboración de manera artesanal, este queso tiene las características de un queso semi madurado, ya que al no ser pasteurizada la leche utilizada para su obtención, en esta se encuentran viables una variedad de bacterias acidolácticas; pero este proceso también tiene viabilidad microorganismos patógenos, sobre todo coliformes, los cuales participan en los procesos fermentativos, lo que representa un riesgo en la salud del consumidor. De acuerdo con la encuesta aplicada por el grupo de trabajo de la Universidad Libre en la región, el queso distribuido en expendios mayoristas de la ciudad de Barranquilla procede de 36 municipios y corregimientos de la región de la Costa Atlántica colombiana. Los volúmenes distribuidos oscilan entre 50 y 2000 kilos por día. En cuanto a tipo de queso, el más distribuido es queso blando con un porcentaje de 58%; mientras que los quesos tipo semiduro y duro tienen un porcentaje de 21% cada uno. En estos estudios se concluyó que el queso fresco artesanal que se produce y distribuye en la región

Caribe colombiana, producto autóctono de los departamentos de Córdoba, Sucre, Bolívar, Atlántico, Magdalena, Cesar y La Guajira; se consume de forma masiva que aumenta el riesgo de infección con Salmonelosis, Listeriosis y Brucelosis. Lo anterior, debido a que “es elaborado con una tecnología muy rústica, con leche de vaca no pasteurizada, sin procedimientos estandarizados e higiénicos y al incorrecto almacenamiento”. Lo anterior se podría convertir en un problema crónico pues el nivel de consumo de queso de cada ciudadano de la Costa Atlántica está alrededor de 1,4 kilos por año, aumentando esa cantidad en 2,5% cada año (Barranquilla, 2017).

El queso costeño se caracteriza por su textura suave, su porcentaje tolerable de sal y sobre todo por su agradable sabor ácido, causado por la presencia de ácido láctico generado por las bacterias ácido lácticas presentes de manera natural en la leche cruda; pero según estudios han reportado que el consumo de queso ha contribuido al aumento de brotes de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) debido a falencias en su proceso de fabricación principalmente en puntos críticos como el empleo de leche cruda, fallas en la manipulación, transporte, almacenamiento y aumento de humedad, entre otras (Merchán et al., 2019).

Ahora bien, las BAL son microorganismos responsables de proporcionar las características típicas como sabor y textura en quesos artesanales, que se ven afectadas al recibir un tratamiento térmico como la pasteurización, debido a la destrucción de la microflora natural de la leche cruda; sin embargo, este proceso se considera esencial para satisfacer las normas de inocuidad de los alimentos (Fajardo, Ossa, y Hernandez, 2016). En la actualidad las BAL son utilizadas sobre todo en las fermentaciones, debido a las propiedades que brindan al ser aplicadas en diversos alimentos (Del Campo, Gómez, y Alaníz, 2008).

Por las anteriores razones, se procedió a obtener bacterias ácido lácticas de leche de cabra para conservar alimentos y evaluar el efecto antagónico frente a microorganismos patógenos en el laboratorio de control de calidad de alimentos del Centro Agroempresarial y Acuícola - CAA, inicialmente caracterizando morfológica y molecularmente las bacterias ácido lácticas a partir de

leche de cabras, evaluando la efectividad antagónica frente a *Salmonella sp*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytógenes*, validando la efectividad de las BAL adicionadas a un queso semi madurado a través de su vida útil.

Metodología

La investigación que desarrolló es de tipo experimental aplicada cuantitativa.

Obtención de Bacterias Acidolácticas

- Se realizará mediante el aislamiento de los microorganismos a partir de seis muestras de leche de cabra (raza Alpina, Saanen), recolectadas bajo condiciones de asepsia estrictas en el CAA, SENA Regional Guajira ubicada en el municipio Fonseca.
- Para la obtención de las BAL primero se realiza un pre-enriquecimiento en caldo MRS modificado con ácido acético y luego se utilizó la técnica de siembra en placa por superficie tomando 0.1ml de la muestra de leche de cabra, inoculando por triplicado sobre placa Petri con agar MRS y el mismo paso se realiza en placa de agar MRS más lactosa.
- Para la siembra en profundidad se toma un ml de la muestra de leche y se inoculó por duplicado en placa profunda en agar MRS y el mismo paso se realiza en placa de agar MRS enriquecido con lactosa. Se incuban de 37 a 38 grados centígrados por un periodo de 3 a 5 días.
- Se realiza la caracterización fenotípica teniendo en cuenta las características de crecimiento típico del microorganismo en los medios. Se tomaron las colonias típicas y se realiza tinción de Gram en búsqueda de morfología: bacilos o cocos Gram positivos.

Para la caracterización molecular de las cepas aisladas se le realizará la extracción de ADN, PCR, Secuenciación con la finalidad de identificar las especies de BAL de las muestras de leche de cabra.

Pruebas Bioquímicas Positivas para las BAL

Descarboxilación de la Lisina, utilización de citrato

como única fuente de carbono, Rojo de Metilo (Productos finales ácidos), sobrevivencia a la bilis de buey (capacidad típica de los microorganismos probióticos), sobrevivencia a pH 4,5 modificando medio MRS con ácido acético glacial.

Pruebas Bioquímicas Negativas para las BAL

Voges Proskauer (productos finales neutros), producción de indol a partir de triptófano, prueba de reacción por producción de la enzima citocromo oxidasa (catalasa). Una vez caracterizadas bioquímicamente las colonias típicas se procede a realizar repiques en agar MRS. Teniendo en cuenta la técnica de aislamiento por agotamiento y la siembra masiva o rejilla de la siguiente manera: de cada una de las muestras de la colonia típica obtenida, se realizó un repique por duplicado en superficie de agar MRS utilizando la técnica de siembra por agotamiento. Se incuban de 37 a 38 grados centígrados por un periodo de 3 a 5 días. Este paso se realiza 4 veces para asegurar la obtención de una cepa pura. Luego de obtener las cepas en cultivos puros se realiza un repique final utilizando la técnica de siembra masiva en caja de Petri con agar dividido. Se incuban de 37 a 38 grados centígrados por un periodo de 3 a 5 días. Se procedió a tratar las muestras para su conservación. Se creó un pool con las cepas caracterizadas.

EVALUACIÓN ANTAGÓNICA DE LAS BAL FRENTE A: *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *E. coli* y *S Sp*: para esta prueba se utilizarán cepas de *E coli*, *S aureus*, *L. monocytogenes* y *S Sp* y se realizará el ensayo de difusión en pozos modificada.

PROCESO DE ELABORACIÓN DEL QUESO: para la elaboración del queso semi-madurado se realizarán las pruebas de plataforma a la leche como pH, acidez titulable. Luego se elabora el queso costeño reemplazando el proceso de pasteurización por la adición de bacterias lácticas para comprobar la efectividad de estas en las características organolépticas como el sabor, olor y la inhibición de microorganismos patógenos.

Resultados

Tabla 1

Morfología Microscópica Leche de Cabra de Raza Alpina y Saanen.

CÓDIGO M	ORFOLOGÍA
LCA1 B	acilo
LCA2 B	acilo
LCA3 C	ocos
LCA4 C	ocos
LCA5 C	ocos
LCA6 L	evaduras
LCA7 C	ocos
LCA8 C	ocos
LCS1 B	acilo
LCS1 B	acilo
LCS2 B	acilo
LCS3 C	ocos
LCS4 C	ocos
LCS5 C	ocos
LCS6 C	ocos
LCS7 L	evaduras
LCS8 C	ocos

Tabla 2

Caracterización Bioquímica de las Colonias.

Colonia	LIA	Citrato	SIM	VP R	M	B de Buey	Catalasa
LCA1 +	+	-	-	+	+	-	
LCA2 +	+	-	-	+	+	-	
LCA3 +	+	-	-	+	+	-	
LCA4 +	-	-	-	+	+	+	
LCA5 +	-	-	-	+	+	+	
LCA6 (	LV)	(LV) (	LV)	(LV) (	LV)	(LV) (	LV)
LCA7 +	-	-	-	+	+	+	
LCA8 +	-	-	-	+	+	+	
LCS1 +	+	-	-	+	+	-	
LCS2 +	+	-	-	+	+	-	
LCS3 +	+	-	-	+	+	-	
LCS4 +	-	-	-	+	+	-	
LCS5 +	-	-	-	+	+	-	
LCS6 +	-	-	-	+	+	-	
LCS7 (	LV)	(LV) (	LV)	(LV) (	LV)	(LV) (	LV)
LCS8 +	-	-	-	+	+	+	

Nota. LIA (Descarboxilación de la lisina); SIM (Sulfuro, Indol, Motilidad) VP (Vogues Proskauer); RM (Rojo de Metilo); B de buey (Bilis de Buey); (Lv: levadura).

Las características bioquímicas más relevantes para identificar las bacterias de interés (BAL) se realizaron a satisfacción, y se efectuó una confrontación de las colonias que presentaron características morfológicas parecidas y se denominaron una sola Cepa.

A excepción de la LCA6 y LCS7, todas las colonias analizadas descarboxilaron la lisina, revelaron rojo de metilo y Bilis de buey positivo; Todas las colonias revelaron SIM y Vogues proskauer negativas.

Conclusiones

Los resultados del presente estudio hasta el momento solo se han logrado caracterizar las morfológicamente las BAL de leche de cabra.

Este proyecto se convierte en una alternativa para disminuir la inseguridad alimentaria, Caracterizando las Bacterias Ácido-lácticas, cuya estrategia fundamental se basa en la formación por proyectos del Programa de Control de calidad de alimentos, aplicando lo contenido en la resolución

2674/2013 del Ministerio de la Protección Social y el decreto 616/2006. Se tendrá un impacto en los indicadores estratégicos y de rentabilidad al optimizar los procesos validados con el aumento de rendimientos por estabilidad microbiológica de los productos lácteos.

Referencias

Barranquilla. (2017). Investigación de Unilibre confirma riesgo por consumo de queso costeño. julio 14, 2020, de El Tiempo Sitio web: <https://www.eltiempo.com/colombia/barranquilla/estudio-confirma-el-riesgo-de-consumir-queso-costeno-162852#:~:text=Las%20conclusiones%20de%20una%20investigaci%C3%B3n,en%20la%20capital%20del%20Atl%C3%A1ntico.>

Bohórquez, N., Buitrago, A., Joya, M., Montaña, X., y Rivera, H. (2012). Análisis estructural de sectores estratégicos: sector productos lácteos. mayo 15, 2020, de Universidad del Rosario Sitio web: https://www.urosario.edu.co/urosario_files/74/7436dfa3-cc02-4395-8099-02346d2e866e.pdf

Del Campo, M., Gómez, H., y Alaníz, R. (2008), enero 20). Bacterias ácido lácticas con capacidad antagonica y actividad bacteriocinogénica

aisladas de quesos frescos. e-Gnosis, 6, pp.1-17. <https://www.redalyc.org/pdf/730/73011197005.pdf>

Fajardo, J., Ossa, T., Hernandez, E. (2016). Effect of pasteurization and starter cultures on physico-chemical and microbiological properties of costeño cheese. Revista Facultad Nacional de Agronomía, 69(2), pp.8007-8014. Doi: 10.15446/rfna.v69n2.59145

Merchán, N., Zurymar, S., Niño, L., y Urbano, E. (2019). Determinación de la inocuidad microbiológica de quesos artesanales según las normas técnicas colombianas. Revista Chilena de Nutrición, 46(3), pp.288-294. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182019000300288>

Morales, V., y Ospina, J. (2017). Análisis de la cadena de valor de la industria láctea en Colombia y sus oportunidades en los mercados internacionales. abril 18, 2020, de Universidad Libre Seccional Pereira Sitio web: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/16293/AN%C3%81LISIS%20DE%20LA%20CADENA%20DE%20VALOR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Determinación del Factor Fotoprotector del Extracto Acuoso de *Phlebodium Aureum* en una Emulsión

Determination of the Photoprotective Factor of Aqueous Extract of *Phlebodium Aureum* in an Emulsion

Karen Yaritza Daza Nieto ¹, Daniel David Novoa Cárdenas ², Sebastián Steven Beltrán Jiménez ³, Luis Gilberto Lopez Muñoz ⁴ y Maria Cristina Ospina Ladino ⁵

1 Colombiano. Profesional (C) en Ingeniería Agroindustrial. Universidad de los Llanos, Meta, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-3024-0235>. karen.daza@unillanos.edu.co

2 Colombiano. Profesional (C) en Ingeniería Agroindustrial. Universidad de los Llanos, Meta, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-7839-3241>. daniel.novoa@unillanos.edu.co

3 Colombiano. Profesional (C) en Ingeniería Agroindustrial. Universidad de los Llanos, Meta, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-2517-917X>. sebastian.beltran@unillanos.edu.co

4 Colombiano. Maestría (C) en Estudios de desarrollo local. Universidad de los Llanos, Meta, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-3186-8577>. sebastian.beltran@unillanos.edu.co

5 Colombiano. Magíster en Diseño y Gestión de Proyectos Tecnológicos. Universidad de los Llanos, Meta, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-1794-3593>. mcospina@unillanos.edu.co

Recibido: octubre 8, 2020. Aceptado: diciembre 3, 2020.

Resumen

Esta investigación analiza el uso del helecho Rabo de Mono (*Phlebodium aureum*) como agente fotoprotector, mediante la extracción de Avobenzonas por método de alcoholatura al 40%; con este proyecto se busca aprovechar la biodiversidad de especies endémicas de la Orinoquia Colombiana, que debido a la poca investigación es desaprovechada en procesos productivos de valor agregado en productos de carácter cosmético o medicinal, ajustándose a las dinámicas amigables con el medio ambiente y a la reducción de agentes químicos que lleguen a generar contraindicaciones con su uso prolongado. Se pretende la determinación del factor de protección solar del extracto acuoso *Phlebodium aureum* en una emulsión (crema fotoprotectora). Se analizan tres formulaciones con concentraciones 10, 15 y 20 % de extracto en una crema fotoprotectora, tratándose mediante parámetros fisicoquímicos (viscosidad, Aw, pH y temperatura), y se determina el FPS por medio de espectrofotometría. A los datos obtenidos se les realiza un análisis mediante diseño experimental por bloques aleatorizados a través de pruebas de simetría (Anderson Darling, Shapiro-Wilks y Kolmogorov Smirnov), pruebas de igualdad de varianza (Bartlett), con intervalos de confianza de Bonferroni de 95% para desviación estándar, prueba análisis normal de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias (Fisher). Los datos obtenidos presentan un comportamiento simétrico, con un valor P superior al 0.05 en cada prueba; la muestra que presenta el mejor comportamiento de absorción de rayos UvB según los resultados de la prueba FPS mediante la constante de Sayre, es la del 10% ya que tuvo un resultado de 0,948 FPS siendo la más cercana a la absorción de un protector comercial Uv40. Se concluye que el mejor tratamiento es el de concentración de 10% de extracto acuoso *Phlebodium aureum* debido a que cumple con los parámetros fisicoquímicos, consistencia y Aw, con respecto al protector comercial.

Palabras claves: avobenzonas; espectrofotometría; helecho; protección solar; radiación.

Abstract

This research analyzes the use of “Rabo de Mono” fern (*Phlebodium aureum*) as a photo-protective agent, by extracting Avobenzones by the 40% alcoholation method, seeking to take advantage of the biodiversity of endemic species of Colombian Orinoquia region, which due to little research is wasted in productive processes of added value in cosmetic or medicinal products, adjusting to friendly dynamics with the environment and reducing chemical agents generating contraindications with lengthy use. The purpose of the research is to determine the sun protection factor in the aqueous extract of the fern in an emulsion (photo-protective cream). Three formulations with concentrations of 10, 15 and 20% of extract in a photo-protective cream are analyzed, by treating them through physicochemical tests (viscosity, Aw, Ph and temperature) and the FPS was determined through spectrophotometry. The data obtained are analyzed by using randomized block experimental design through symmetry tests (Anderson Darling, Shapiro-Wilks and Kolmogorov-Smirnov), equality tests of variance (Bartlett), with Bonferroni confidence intervals of 95% for standard deviation, normal analysis of variance (ANOVA) an average comparison test (Fisher). The data obtained present a symmetric behavior with a value higher than 0.05 in each test: the sample that demonstrated the best UVB absorption behavior according to the results of the FPS test is through the constant Sayre, it was 10% already which had a result of 0.948 FPS being the closest to the absorption of commercial uv40 protector. Therefore, to conclude the best treatment is that one with a concentration of 10% of aqueous extract of *Phlebodium aureum* fern because it fulfills the physicochemical parameters: consistency and AW with respect to commercial protector.

Keywords: avobenzones; spectrophotometry; fern; sun protection; radiation

Introducción

La elección de un fotoprotector adecuado no es una tarea fácil para la protección de los rayos del sol, pese a que hay mayor demanda de protectores solares, por tal motivo, se presentan cremas fotoprotectoras con extractos naturales para favorecer la salud de las personas (Prudencio & Bustamante, 2018), el tipo de protector debe evitar la acción nociva de los rayos ultravioleta y ser más amigable con las personas de forma natural y libre de químicos.

Teniendo en cuenta que el deterioro de la capa de ozono, desde la década de los setenta hasta la actualidad ha incrementado la radiación solar sobre la superficie terrestre, siendo la RUV (Radiación Ultravioleta) uno de los mutágenos físicos ambientales más dañinos existentes en la actualidad. (Gonzales, Fuentes, & Vernhes, 2016). Se ha demostrado experimentalmente, como la luz solar es uno de los factores de riesgo del cáncer de piel y otras enfermedades, debido a que la radiación UvB puede ocasionar lesión ocular, quemaduras leves en la piel, etc., dando lugar a mutaciones del ADN (Pacheco, 2018), por ello, es pertinente usar ropa adecuada, ya que es la forma más práctica de protegerse del sol, como lo afirma Siabatto Bernal,

Vargas , Mendoza, y Garcia Miranda (2017) “la ropa con filtro solar de lana y poliéster son las prendas que mayor índice de protección solar tienen, con un 30 % para ropa oscura y un 5-12% para ropa de color claro” (p.8) es preferible evitar exponerse al sol durante muchas horas para evitar afecciones a la piel; en ocasiones se comete el error de “pensar que en un día nublado se bloquearan las radiaciones Uv, pero no es el caso ya que es permanente sin importar la nubosidad” (Sanabria & Romero, 2016) y se pueden presentar quemaduras severas.

Existen diferentes tipos de protectores solares, se tiene el natural, que es una sustancia de color oscuro que todos llevan en la piel, llamada “Melanina”; preparaciones que reflejan la luz, tales como compuestos químicos que contienen sustancias como el óxido de titanio, que es efectivo, pero normalmente no son recomendadas cosméticamente, su acción se traduce en reflejar tanto las radiaciones UVA como las UvB. Por último, los compuestos orgánicos que actúan a nivel molecular como filtros disipando la energía lumínica (Moreno & Moreno, 2010). Este último tipo de protector solar tiende a tener el mismo funcionamiento del extracto acuoso de *Phlebodium aureum* (Avobenzones) ya que tienen baja tasa de sensibilización y bajo

potencial alergénico, (Vallejo & Vargas, 2015) se puede utilizar combinado con otros filtros solares que cubren la zona UvB para prevenir los eritemas y las quemaduras solares (Ortega, 2015). En este proyecto se evalúa el extracto acuoso de *Phlebodium aureum* obtenido por medio de Rotoevaporación de una alcoholatura al 40% de he-lecho rabo de mono, para estudiar la capacidad de disipar los rayos Uv.

Existen plantas como el Helecho rizomatoso, el cual presenta un color verde brillante y claro, con márgenes onduladas, el cual es un híbrido tetraploide producto del cruzamiento de las especies diploides *P. decumanum* y *P. pseudoaureum*, de las que se utilizan los rizomas desecados y las hojas como: neuro protector, supresor de tos, antiinflamatorio y protector dérmico de la luz ultravioleta (Burgos & Coello, 2018). Los pteridólogos han asignado a este género un distinto valor taxonómico, al denominarlo *P. aureum* cuyo uso nativo le atribuye propiedades analgésicas, expectorantes, tranquilizantes, depurativas, diuréticas, antiinflamatorias y espasmolíticas (Burgos & Coello, 2018).

Materiales y Métodos

La investigación es de tipo aplicada cuantitativa, con enfoque exploratorio y descriptivo, en donde se manipulan datos e información con una o más variables, teniendo en cuenta la relación causa-efecto e hipótesis planteadas sobre la efectividad del extracto acuoso de *Phlebodium aureum* en la elaboración de una crema fotoprotectora. Para ello se determina el efecto (actividad fotoprotectora), se comparan las formulaciones entre el objeto de estudio extracto acuoso de *Phlebodium aureum* y una formulación control (crema comercial Uv40).

Materiales

A continuación, se nombran los equipos, materiales y reactivos usados durante la ejecución de la investigación. En primera instancia se presentan los equipos; Equipo de Aw AquaLab PRE, Viscosímetro MXVIS80, Espectrofotómetro GENESYS 10 Uv, Rotaevaporador Heidolph con dos matraces de 1000 ml, Balanza analítica KERN EW, licuadora de 1,5 L OSTER, plancha de calentamiento IKA C-MAG HP4 y potenciómetro MILWAUKE Mo180

Bech Meter. Como segundo los materiales utilizados para la crema; agua, metilparabeno, alcohol cetílico, ácido esteárico, aceite de almendras, Propilenglicol, extracto de avobenzonas. Para la alcoholatura el ingrediente principal es el alcohol etílico, y como instrumentos de almacenamiento envases ámbar.

Métodos

Cuantificar el Rendimiento del Extracto Acuoso de *Phlebodium Aureum*

Se recolecta la materia prima, se selecciona, limpia y reduce de tamaño. Se prepara una alcoholatura al 40% (SOCIAL, 2006). Utilizando 3000 mL de alcoholatura de *Phlebodium aureum* bajo la Ecuación 1 para determinar la cantidad de alcohol comercial al 70% y los gramos de materia prima. Se transfiere a un envase color ámbar con capacidad de 3 L las hojas del helecho ya adecuadas y el alcohol etílico.

Ecuación 1. Expresión Matemática de Concentraciones

$$\text{Concentration}_{(\text{start})} \times \text{Volume}_{(\text{start})} = \text{Concentration}_{(\text{final})} \times \text{Volume}_{(\text{final})}$$

Nota. American Elements. (2020). Solutions Dilution Calculator. Recuperado de <https://www.americanelements.com/solutions-dilution-calculator.html>

Determinación del Rendimiento

Se debe tener en cuenta el volumen inicial al momento de empezar la rotoevaporación, y el volumen final una vez terminado el proceso de extracción. Se toma una muestra de alcoholatura de *Phlebodium aureum* de 750 mL; sometida a rotoevaporación bajo las condiciones de presión 600 mbar, rotación de 80 rpm y temperatura de 55 °C como lo indica (Heidolph, 2015), para el solvente alcohol etílico; con un tiempo total de destilación de 1 hora. Este procedimiento se repitió en cuatro ocasiones, consecuente a la extracción se determinó el rendimiento por medio de la Ecuación 2:

Ecuación 2. Rendimiento

$$\%R = \frac{\text{masa experimental}}{\text{masa teórica}} \times 100$$

Nota. (Química en casa, 2020)

Desarrollo de la Crema Fotoprotectora

Se inicia controlando las temperaturas de la plancha de calentamiento al momento de diluir alcohol cetílico en el beaker de 500 mL, de igual forma se previene la inactivación o pérdida de los metabolitos del hehecho, siendo controlados en un rango apropiado 45 - 50°C. “La actividad enzimática y la integridad de las membranas celulares son afectadas por las temperaturas extremas” (Santacoloma & Granados, 2015) . Se realizan dos mezclas; la mezcla 1: Se somete a baño María para la base de la crema fotoprotectora; consta de agua más la adición de metilparabeno, que se agita en forma constante; una vez mezclado se añade alcohol cetílico y se mezcla, y se adiciona el ácido esteárico para mejor consistencia, y se tiene en cuenta la temperatura con termómetro digital. La mezcla 2: se prepara a temperatura ambiente mezclando con ayuda de una licuadora los siguientes materiales: aceite de almendras y Propilenglicol.

Las dos mezclas, se vierten de forma continua al vaso de licuadora, la cual nos ayuda a formar la emulsión deseada, mientras se agregan las mezclas se añade el extracto acuoso de *Phlebodium aureum* al 10, 15 y 20 %, respectivamente para cada tratamiento.

Análisis de Fiscoquímicos

Se tratan las muestras de las cremas fotoprotectoras al 10, 15, 20 % y el blanco a pruebas fiscoquímicas para observar el comportamiento de

cada uno de los productos; se mide el pH de cada una de las muestras utilizando el equipo MILLWAUKE Mo180 Bech Meter, bajo la metodología de la Norma INV E-768-07, viscosidad, mediante el equipo MXVIS80 siguiendo lo dicho por la Norma INV E-763-07, Aw por medio del medidor de actividad de agua Aw AquaLab PRE que posee un sensor de punto de rocío que es el método de referencia para medir la actividad de agua en la industria alimentaria, farmacéutica, cosmética y veterinaria” (LABFERRER, 2020). Se realiza esta prueba bajo los parámetros dichos por la ISO 29621:2010, y por último se realiza la toma de la temperatura, que favorece la solubilidad de las sustancias lo que facilita su disolución, aspecto a tener en cuenta; temperaturas elevadas que conducen a disolver la presentación de los productos por ende se manejan temperaturas 20 – 29°C para lograr disolver los ingredientes y aceites de la fórmula, y se lleva control con termómetro digital para cada tratamiento.

Diseño Experimental

En base al diseño experimental aplicado por los autores Jamid & Antolínez (2015), se aplica un diseño experimental de bloques al azar de 34, con 4 tratamientos al blanco, 10, 15 20%, y 4 factores pH, viscosidad, temperatura y Aw (Tabla 1); en donde fue aplicado el modelo a la crema fotoprotectora con la adición del extracto acuoso de *Phlebodium aureum* con aplicación en diferentes concentraciones.

Tabla 1

Muestra la Descripción del Proceso Experimental que se Lleva a Cabo en las Pruebas Fiscoquímicas

Variables para Evaluar					
Tratamientos	Días	Aw	Viscosidad (cP)	Temperatura (°C)	pH
T1	D1	10%/ Aw	10%/ cP	10%/ °C	10%/ pH
T2	D1	15%/ Aw	15%/ cP	15%/ °C	15%/ pH
T3	D1	20%/ Aw	20%/ cP	20%/ °C	20%/ pH
T4	D1	Blanco// Aw	Blanco// cP	Blanco// °C	Blanco// pH

Para determinar si los datos obtenidos procedían de una población con distribución normal se lleva a cabo un análisis de contraste de normalidad con las pruebas de Anderson Darling, Ryan Joiner y Kolmogorov Smirnov. Posteriormente, se calcula el estadístico de contraste con un nivel de significancia del 95%. Después se realiza un análisis de igualdad de varianzas para comprobar la igualdad de las varianzas entre poblaciones o niveles de factores. Debido a que la susceptibilidad de los diferentes procedimientos a varianzas desiguales varía mucho, la necesidad de realizar una prueba de varianzas iguales varía del mismo modo. Por otro lado, los modelos de ANOVA con efectos aleatorios y/o tamaños de muestra desiguales pueden verse afectados sustancialmente.

Para la evaluación del ANOVA, el primer concepto fundamental es asumir que todo valor observado puede expresarse mediante la siguiente Ecuación 3:

Ecuación 3. ANOVA

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Fuente: Rodrigo, Joaquín. (2016) Análisis de varianza para comparar múltiples medias. Recuperado de https://www.cienciadedatos.net/documentos/19_anova

Siendo que:

μ = Media global de todos los tratamientos.

i = niveles del factor (4).

j = número de réplicas o repeticiones (3).

y_{ij} = Pruebas fisicoquímicas que representa la observación j -ésima del i -ésimo tratamiento (variables a evaluar).

Por último, se realiza una comparación de medias múltiples, mediante una prueba de Fisher, por la cual se generarán intervalos de confianza para todas las diferencias entre las medias de los niveles

de los factores, mientras controla la tasa de error por tratamiento en un nivel especificado. Es importante considerar la tasa de error de los tratamientos cuando se hacen comparaciones múltiples, porque la probabilidad de cometer un error de tipo I (Aceptar algo falso) para una serie de comparaciones es mayor que la tasa de error para cualquier comparación individual. Para contrarrestar esta tasa de error más elevada, el método de Fisher ajusta el nivel de confianza de cada intervalo individual para que el nivel de confianza simultáneo resultante sea igual al valor que se quiera especificar.

Hipótesis

- Hipótesis nula: Los comportamientos de los tratamientos evaluados mediante las pruebas fisicoquímicas son igual al del blanco o la crema fotoprotectora comercial.
- Hipótesis alterna: Al menos uno de los comportamientos de los tratamientos evaluados mediante las pruebas fisicoquímicas es diferente al del blanco o la crema fotoprotectora comercial.

Calcular el Factor de Protección Solar (FPS) de las Formulaciones Mediante el Método de Mensur

El Factor de Protección Solar (FPS) de la crema fotoprotectora se determina siguiendo la metodología in vitro descrita por Mansur. Este análisis consiste en un método espectrofotométrico en el cual la formulación se diluye en etanol absoluto hasta una concentración de 0,2 mg/mL, condición establecida por el autor para crear una correlación con el método in vitro. A través de la fórmula matemática desarrollada según el método, se relacionan los valores de absorbancia obtenidos de las muestras con el FPS de la formulación. (Tabla 2). La presente investigación evalúa el FPS en el rango de 290 a 320 nm (rango UvB), las absorbancias de las soluciones se toman con intervalos de 5 nm, así lo enuncia (Alarcón Aguilar, 2019). Los análisis son realizados por triplicado y el FPS es calculado de acuerdo con la Ecuación 4 desarrollada por Sayre R.

Tabla 2

Constante Determinada por Sayre al $(EE(\lambda) \times I(\lambda))$

LONGITUD DE ONDA (nm)	290	295	300	305	310	315	320	TOTAL
$EE(\lambda) \times I(\lambda)$	0,0150	0,0817	0,2874	0,3278	0,1864	0,0839	0,0180	1,0000

Nota. Sayre R, Desrochers D, Marlow E

Ecuación 4. Factor FPS

$$FPS = FC \times \sum_{290}^{320} EE(\lambda) \times I(\lambda) \times Abs(\lambda)$$

Nota. Rabanal Hurtado, D. L., & Salcedo Chavez, J. C. (202). Actividad antioxidante y fotoprotectora in vitro de una cremagel elaborada a base del extracto metanólico de las hojas de piper elongatum. Recuperado de http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/5114/TESIS_RABANAL%20HURTADO-%20SALCEDO%20CHAVEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Siendo que:

FPS=Factor de Protección Solar

FC=10 (factor de correlación)

$EE(\lambda)$ = Efecto Eritemogénico de la radiación de longitud de onda λ

$I(\lambda)$ = intensidad del sol en la longitud de onda λ

$Abs(\lambda)$ = absorbancia de la solución en la longitud de onda λ

Resultados

Rendimiento de Extracción

Se presentan los valores obtenidos durante la investigación (Tabla 3), para la cantidad de extracto acuoso de Phlebodium aureum generado por la Rotoevaporación de cada una de las 4 destilaciones realizadas en equipo Heidolph.

Tabla 3

Resultados Obtenidos de la Roto Evaporación del Rendimiento de Extracción

Muestras V	olumen Inicial (MI)	Volumen Final (MI) R	endimiento %
M1 7	50 4	90,33	65,38
M2 7	50 4	98,15	66,42
M3 7	50 4	89,87	65,32
M4 7	50 5	10,95	68,13

Pruebas Físicoquímicas

A continuación, se presentan los datos generados por cada uno de los parámetros físicoquímicos de la crema fotoprotectora en sus diferentes concentraciones de extracto acuoso de *Phlebodium aureum*. (ver Anexo A).

Por medio de las pruebas realizadas se logra obtener un amplio rango de datos para cada uno de los factores, donde se mide la simetría de los datos mediante pruebas de normalidad (Anexo B, C, D) donde se puede observar que la población de datos de cada factor analizado tienen un comportamiento simétrico o normal, indicando que los datos se tomaron muy rigurosamente, siguiendo cada uno de los pasos establecidos en la metodología, donde el valor p de cada una de las pruebas de normalidad fueron superior a 0,05 del error estadístico. Seguidamente se realiza una prueba de igualdad de varianzas arrojando un valor de

p del 0.05 aceptando la hipótesis nula que todas las varianzas de los tratamientos son iguales. (ver anexo E). Como se puede ver en la siguiente Tabla 4 el factor de temperatura fue el único que arrojó un valor superior al 5% indicando que la temperatura examinada en cada una de los tratamientos es homogénea, aceptando la hipótesis nula de la investigación que dice los comportamientos de los tratamientos evaluados mediante las pruebas físicoquímicas son igual al del blanco o la crema fotoprotectora comercial. Las variables de pH, Aw y viscosidad arrojaron un valor p inferior al estadístico (0,05) indicando que hay una heterogeneidad entre el comportamiento de cada uno de los tratamientos evaluados en cada uno de los factores, aceptando la hipótesis alterna que dice al menos uno de los comportamientos de los tratamientos evaluados mediante las pruebas físicoquímicas es diferente al del blanco o la crema fotoprotectora comercial.

Tabla 4

ANOVA de los Parámetros Físicoquímicos de los Tratamientos Analizados

Fuente G	L	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Aw 3	0	,004 0	,001 5	,15	0,01
Temperatura	3	149082662	49694221 0	,65	0,59
Viscosidad 3	5	65484386 1	88494795 3	,37	0,03
Ph 3	6	,538 2	,180 7	,5 0	
Días 1	2	0,022	0,002	6,26 0	
Error	36 0	,010 0	,000		
Total	51 0	,037			

Tabla 5

Resultados de los Promedios Espectrofotométricos de las Longitudes de Onda de los Tratamientos

Tratamiento	Longitud de Onda (nm)							FPS
	290	295	300	305	310	315	320	
T1	3,597	1,345	0,577	0,255	0,184	0,153	0,131	0,948
T2	2,598	1,34	0,569	0,252	0,179	0,151	0,122	0,793
T3	2,591	1,33	0,573	0,249	0,179	0,147	0,122	0,791
T4	3,662	1,419	0,595	0,264	0,196	0,177	0,138	0,977

Nota: Factor de Protección Solar (FPS): la determinación del FPS por medio del método de Sayre R. da a conocer los siguientes resultados.

Discusión

Como se puede observar la M4 presenta un alto rendimiento con respecto a los demás valores obtenidos, resaltando un mejor rendimiento que la M1 y M3. Las medidas de tendencia central son medidas estadísticas que pretenden resumir en

un solo valor a un conjunto de valores (Cordovi Hernández, Benito Valenciano, Purno Serrano, Mugercia Bles, & Antuñez Coca, 2018). Representan un centro en torno al cual se encuentra ubicado el conjunto de los datos, donde se estraga la información de la variación de una variable, como lo afirma Hurtado, et al., (2017), cómo se observa en la Tabla 6.

Tabla 6

Medidas de Tendencia de la Variable

Variable M	edia D	esv. Est.	Varianza C	oef.Var
Rendimiento 6	6.13 1	.313 1	.723 1	.98

Rendimiento del Extracto Acuoso de *Phlebodium Aureum*

Según los resultados obtenidos en la extracción de los metabolitos secundarios de *Phlebodium aureum* mediante la Rotoevaporación de las muestras de alcoholatura al 40% del helecho rabo de mono, se obtienen cuatro muestras de la separación del solvente y el principio activo, por análisis descriptivo se observa que el rendimiento de extracción tiene una variabilidad baja, ya que los datos de rendimiento de cada una de las muestras

son simétricos con respecto a su media. En referencia a la relación del tamaño de la muestra y la variabilidad de la variable, se observa que el coeficiente de variación es de 1.98%, indicando que la media es representativa del conjunto de los datos (Gonzalez, 2016) y (Martinez, 2019), por ende se reafirma que los datos o el conjunto de datos es homogéneo.

Mediante la comparación de medias, la prueba de Fisher se observa que mediante el análisis de la prueba de Aw de cada una de los tratamientos

evaluados de la crema fotoprotectora, el tratamiento 4 y 1 tienen mayor porcentaje de Aw, esto indica que tienen una elevada posibilidad de que el producto tenga propagación de microorganismos y que se puedan llevar a cabo diversas reacciones químicas que afectan a su estabilidad (LABFERRER, 2020).

El factor temperatura presenta un comportamiento homogéneo en cada uno de los tratamientos analizados, se obtiene una estabilidad confiable y precisa para la toma de datos. Esta temperatura varía desde del 27 a 28° C, como se puede ver en la Tabla 7.

Tabla 7

Muestra las Pruebas Tukey de las Pruebas Físicoquímicas

Tratamiento	N	AW		Temperatura		Viscosidad			pH		
		Media	Grupo	Media	Grupo	Media	Grupo	Media	Grupo		
T4	13	0,971	A	27,71	A	8193,1	A	8,46	A		
T1	13	0,954	A B	28,16	A	1347,3	A B	7,46	A B		
T2	13	0,949	B	27,93	A	500,68	A B	8	A B		
T3	13	0,948	B	27,34	A	98,63	B	7,92	B		

La viscosidad es un factor muy importante para las cremas fotoprotectoras, debido a que son “fluidos pseudoplásticos (no Newtonianos), es decir, su viscosidad disminuye al aumentar el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación; para los fluidos no newtonianos, la viscosidad se conoce generalmente como viscosidad aparente para enfatizar la distinción con el comportamiento newtoniano” (Martinez Aguilera, 2020), con base en lo anterior y a los resultados obtenidos se corroborara que, a mayor viscosidad, el fotoprotector tiene una mayor estabilidad por lo tanto el T1 presenta un valor 1347.3 cps con respecto al blanco cuyo valor es de 8193.31cps (ver Tabla 7). De igual manera se observa que el comportamiento de la viscosidad de las cremas analizadas, ya que son inversamente proporcional al porcentaje de extracto acuoso de *Phlebodium aureum* presente en cada uno de los tratamientos, indicando que entre mayor porcentaje de extracto menos viscosidad van a presentar, ya que la emulsión líquido - sólido tiene que encapsular mayor cantidad de líquido en sí mismo, y esto genera una desestabilidad en los tratamientos.

Los resultados para pH presentan diferencias con respecto al blanco en caso del T1 con un valor 7,46, T2 con 8,0; y T3 con valor 7,92, Pacheco

(2018) afirma que un pH de 5,5, valor que se encuentra dentro de los límites establecidos por la USP. Además, el valor de pH obtenido no es el requerido para un pH de la piel (5,0 a 5,5) de los seres humanos, que, al comparar con un estudio bibliográfico realizado por Sordo (2013) indica que un producto cosmético de aplicación tópica debe presentar un pH similar al pH de la piel, ya que si presenta un valor de pH mayor o menor puede ocasionar alteraciones en el sistema defensivo de la piel dando lugar a la aparición de manchas, acné, dermatitis seborreica, entre otras patologías, con respecto a los datos obtenidos de pH se puede observar que no están en un rango óptimo para la aplicación de esta sobre la piel ya que se manejan rangos básicos que puede generar problemas de resequeidad en la piel. Se da a consideración la evaluación del factor de pH para cumplir con la norma USP.

Evaluando el tratamiento 4 y 1 se obtienen los valores de FPS de **0,976 y 0,948** respectivamente, según (Rabanal Hurtado & Salcedo Chavez, 2019) “el efecto eritemogénico de la radiación de longitud de onda presenta un efecto de protección solar” debido a sus ingredientes con un FPS elevado cercano a 1,000 lo cual corrobora el efecto protector. Según lo obtenido por Inocente Camones, et al., (2014) afirma que “los resultados

existe una posible sinergia significativa entre el extracto de Camú Camú con el filtro solar específicamente en la formulación de la loción. Sin embargo, las formulaciones con filtro solar denotan un valor de SPF alto cercano a SPF 15. En comparación con los FPS de los datos obtenidos en esta investigación, no son de mucha significancia ya que tienen el mínimo de protección con respecto a los resultados obtenidos los cuales fueron muy cercanos a 1,000.

Conclusiones

El Rendimiento fue óptimo para las cuatro extracciones siendo aceptable por el método de rotoevaporación, en donde se puede observar que los rendimientos de extracción tienen una variabilidad baja.

De acuerdo con los tratamientos analizados mediante las pruebas fisicoquímicas el factor de pH obtenido en los tres tratamientos no es óptimo para la piel humana por sus valores básicos 7.46-8.46, con respecto a un protector comercial.

El factor de viscosidad para el T1 presentó la mejor apariencia con respecto al protector comercial y a su vez en las pruebas Fisher obtuvo un promedio de 1347,3 mayor con respecto a los otros tratamientos.

De acuerdo con los datos obtenidos en las pruebas de determinación de FPS para los tratamientos desarrollados durante la investigación estos deben ser perfeccionados para que sean utilizados en los diferentes tipos de piel y para que sean alcanzados valores de FPS sobre 10, debido a que los valores obtenidos en la investigación son menores a los FPS óptimos, lo cual indican menor fotoprotección para combatir los rayos UVB.

Agradecimientos (opcional)

Los autores agradecen al programa de Ingeniera Agroindustrial de la Universidad de los Llanos, por facilitar la gestión de los procesos en el proyecto de la presente investigación.

Referencias

Gonzales, M., Fuentes, F., & Vernhes, M. (2016). El extracto acuoso de *Cymbopogon citratus*

protege al ADN plasmídico del daño inducido por radiación UVC. (A. Pharmaceutica, Ed.) 193-199. Obtenido de https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=El+extracto+acuoso+de+Cymbopogon+citratus+protege+al+ADN+plasm%C3%ADico+del+da%C3%B1o+induc&btnG=

Ichihashi, M., Ueda, M., Budiyo, A., & Bito, T. (2003). UV-induced skin damage. *ELSERVIER*, 189, 21-39. doi:[https://doi.org/10.1016/S0300-483X\(03\)00150-1](https://doi.org/10.1016/S0300-483X(03)00150-1)

Gonzales, S., & Gonzales, E. (1996). Drug photosensitivity, idiopathic photodermatoses, and sunscreens. *elservier*. doi:[https://doi.org/10.1016/S0190-9622\(96\)90108-5](https://doi.org/10.1016/S0190-9622(96)90108-5)

Gattuso, M. A., Cortadi, A. A., & Gattuso, S. J. (2007). Caracteres morfoanatómicos de especies de *Phlebotium*. Obtenido de <https://www.re-dalyc.org/pdf/856/85670104.pdf>

Moreno, M. I., & Moreno, L. H. (2010). Fotoprotección. *Rev Asoc Colomb Dermatol*, 32. Recuperado el 08 de 10 de 2020, de <https://revistasoccol-derma.org/sites/default/files/fotoproteccion.pdf>

SOCIAL, M. D. (27 de 12 de 2006). ICBF. Recuperado el 2020 de 09 de 29, de ICBF: https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/decreto_4664_2006.htm

Heidolph. (2015). Hei- VAP Precision. Alemania: Betriebsanleitung. Recuperado el 2020 de 09 de 22

LABFERRER. (2012). Medidor de Actividad de Agua AQUALAB PRE. Obtenido de Medidor de Actividad de Agua AQUALAB PRE: <https://www.lab-ferrer.com/actividad-agua-isotermas/como-medir-la-actividad-de-agua-y-las-isotermas/medidor-de-actividad-de-agua-aqualab-pre.html>

Jamid, M., & Antolinez, S. (2015). Modelo experimental con bloques aleatorios simples y análisis multivariado para el mejoramiento de procesos orgánicos en la agroindustria. *Escuela de la administración de negocios*, 78, 22-39.

Inocente Camones, M. A., Tomas Chota, G. E., Huaman Malla, J., Muñoz Jauregui, A. M., &

García Moran, R. I. (2014). ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y FOTOPROTECTORA in vitro DE UNA LOCION Y GEL ELABORADOS CON EXTRACTO ESTABILIZADO DE CAMU CAMU((Myrciaria dubia Kunth). Rev Soc Quim Peru, 70-71. Obtenido de file:///D:/Users/David%20Novoa/Downloads/ACTIVIDAD%20ANTIOXIDANTE%20Y%20FOTOPROTECTORA%20in%20vitro.pdf

Química en casa. (13 de Enero de 2020). Obtenido de PORCENTAJE DE RENDIMIENTO. EJERCICIOS RESUELTOS.: <https://quimicaencasa.com/porcentaje-de-rendimiento-ejercicios-resueltos> Burgos Matute, O. A., & Coello Muñoz, M. T.

(2018). Estudio farmacognóstico, fitoquímico, y microbiológico del Phlebodium pseudoau-reum (calaguala). Ecuador: Universidad de Gualaquil. Facultad de Ciencias Químicas. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/33590>

Santacoloma Varon, L. E., & Granados, J. E. (2015). Evaluación del contenido de metabolitos secundarios en. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 34. Obtenido de file:///D:/Users/David%20Novoa/Downloads/Dialnet-EvaluacionDelContenidoDeMetabolitosSecundariosEnDo-3908529%20(1).pdf

Alarcón Aguilar, B. A.-U.-R.-Y.-S. (2019). Polifenoles, capacidad antioxidante y factor de protección solar de Borago officinalis L. "borraja" dispensada en las farmacias naturales de EsSalud. Revista Peruana de Medicina Integrativa, 138-143. doi: <http://dx.doi.org/10.26722/rpmi.2018.33.94>

Gonzalez, W. (2016). WDeterminación del coeficiente de variación de la demanda diaria y horaria de agua potable de la ciudad de Cusco. Obtenido de <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/696>

Martínez Aguilera, P. (2020). Diseño de un tanque mezclador con sistema de calentamiento para la producción de protectores solares. Universitat Jaume-I. Obtenido de <http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/187003/TFG%20Paula%20Mart%20c3%adnez%20Aguilera.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pacheco Pacheco, D. S. (2018). FORMULACIÓN DE UN PROTECTOR SOLAR A BASE DE EXTRACTO DE ÑACHAG (Bidens andicola) Y DETERMINACIÓN DE SU CALIDAD. ECUADOR. Obtenido de <http://dspace.espe.edu.ec/handle/123456789/8887>

LABFERRER. (2020). Medidor de Actividad de Agua AQUALAB PRE. Obtenido de Medidor de Actividad de Agua AQUALAB PRE: <https://www.lab-ferrer.com/actividad-agua-isotermas/como-medir-la-actividad-de-agua-y-las-isotermas/medidor-de-actividad-de-agua-aqualab-pre.html>

Siabatto Bernal, A., Vargas, A., Mendoza, E., & García Miranda, A. (16 de 01 de 2017). FABRICACION DE ROPA DEPORTIVA FEMENINA CON PROTECCION UV EN MEDELLIN – ANTIOQUIA (COLOMBIA) PARA SU COMERCIALIZACIÓN EN LA CIUDAD MIAMI, FLORIDA. Obtenido de Politecnico Gran colombiano: <https://alejandria.poligran.edu.co/handle/10823/847>

Sanabria Torres, E., & Romero Barbosa, J. F. (2016). Dispositivo electrónico para protección de rayos UV inspirado en arácnidos especie Gluvia dorsalis. researchgate, 2. Recuperado el 21 de julio de 2020, de https://www.researchgate.net/profile/Jyra_Romero/project/Dispositivo-electronico-para-proteccion-de-rayos-UV-inspirado-en-aracnidos-especie-Gluvia-dorsalis-2/attachment/58a4dc3193494079341c2135/AS:462161437827072@1487199281029/download/IEEE+BIOFISICA+%284

Cordovi Hernández, V. D., Benito Valenciano, V., Purno Serrano, L., Mugercia Bles, A., & Antuñez Coca, J. (2018). Aprendizaje de las medidas de tendencia central a través de la herramienta EXeLearning. Scielo, 2. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192018000300006

Martínez, M. (02 de junio de 2019). superprof material didáctico. Obtenido de <https://www.superprof.es/apuntes/escolar/matematicas/estadistica/descriptiva/coeficiente-de-variacion-y-puntuaciones-tipicas.html>

Hurtado, A., Caldera, A., Milano, B., Ibarra, C., Díaz, A., Camacho, J., & Elías, J. (2017). Technical notes: Analysis of data under repeatability conditions. Scielo, 1-2. Obtenido de <http://>

ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-02642017000200002

Rabanal Hurtado, D. L., & Salcedo Chavez, J. C. (2019). ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y FOTOPROTECTORA in vitro DE UNA CREMAGEL ELABORADA A BASE DEL EXTRACTO METANÓLICO DE LAS HOJAS DE *Piper elongatum* Vahl. var. *salviaefolium* (Miq.) Trel. (matico). UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA. Lima: UNIVERSIDAD INCA GARCILASO DE LA VEGA.

Prudencio Quiroz, J. M., & Bustamante Arroyo, E. V. (2018). Determinación in vitro de la actividad fotoprotectora UVB en una crema de protección solar formulada con extracto hidroglicólico de

Lepidium meyenii (Maca). Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12672/7820>

Vallejo, E., & Vargas, N. (2015). Perspectiva genética de los rayos UV y las nuevas alternativas de protección solar. REVISTA ARGENTINA DE DERMATOLOGIA. Obtenido de <https://rad-online.org.ar/2013/10/01/perspectiva-genetica-de-los-rayos-uv-y-las-nuevas-alternativas-de-proteccion-solar/>

Ortega David, E. H. (2015). Usos tradicionales de las plantas de la Orinoquia. UG- Ciencias 21, 16-28.

Anexos

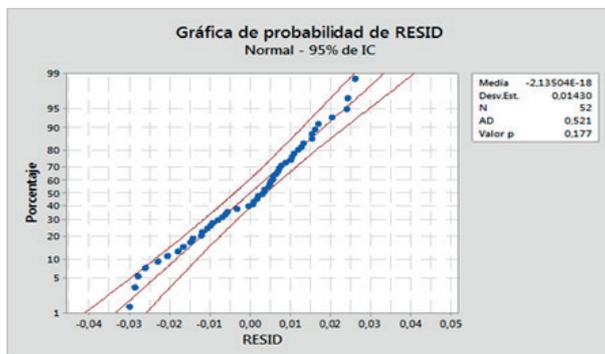
Anexo A

Resultados de las Pruebas Fisicoquímicas

	Día	Aw (%)	T (°C)	Viscosidad (cP)	pH		Día	Aw (%)	T (°C)	Viscosidad (cP)	pH
T1	D1	0,99	28,50	143,30	7	T3	D7	0,91	28,80	65,40	8
T2	D1	0,98	29,70	162,30	8	T4	D7	0,93	29,70	126,80	9
T3	D1	0,94	28,90	75,20	8	T1	D8	0,97	27,10	139,70	8
T4	D1	0,99	29,60	102,10	7	T2	D8	0,97	27,60	197,60	7
T1	D2	0,97	29,30	193,30	7	T3	D8	0,97	27,90	27,80	8
T2	D2	0,98	28,70	173,30	8	T4	D8	0,98	26,80	125,80	9
T3	D2	0,95	25,90	89,20	8	T1	D9	0,98	24,40	34580	8
T4	D2	0,98	28,60	113,10	7	T2	D9	0,97	25,40	257,50	8
T1	D3	0,98	29,80	193,30	7	T3	D9	0,97	25,40	121,20	8
T2	D3	0,95	28,50	165,20	8	T4	D9	0,98	24,70	126,80	9
T3	D3	0,97	29,10	78,30	8	T1	D10	0,97	28,10	134,30	8
T4	D3	0,99	29,10	115,70	7	T2	D10	0,95	27,30	145,70	9
T1	D4	0,96	29,10	176,80	7	T3	D10	0,97	27,50	130,80	8
T2	D4	0,95	28,70	166,70	8	T4	D10	0,99	26,90	136,20	9
T3	D4	0,92	23,60	93,50	8	T1	D11	0,93	25,30	209,80	7
T4	D4	0,99	25,70	116,50	8	T2	D11	0,94	25,20	132,50	8
T1	D5	0,98	29,50	183,70	7	T3	D11	0,94	25,50	202,10	8
T2	D5	0,96	29,50	158,90	8	T4	D11	0,96	25,50	127,90	9
T3	D5	0,92	26,80	71,30	8	T1	D12	0,93	28,70	98,80	8
T4	D5	0,97	28,30	124,10	9	T2	D12	0,96	28,40	107,70	8
T1	D6	0,92	26,80	175,40	8	T3	D12	0,94	28,40	89,68	8
T2	D6	0,9	25,30	182,30	7	T4	D12	0,95	28,80	1033,30	9
T3	D6	0,95	27,90	70,70	8	T1	D13	0,92	29,30	1153,40	8
T4	D6	0,96	26,80	122,10	9	T2	D13	0,95	29,60	160,50	8
T1	D7	0,89	30,20	174,80	7	T3	D13	0,97	29,70	120,50	8
T2	D7	0,88	29,20	198,60	8	T4	D13	0,95	29,70	133,60	9

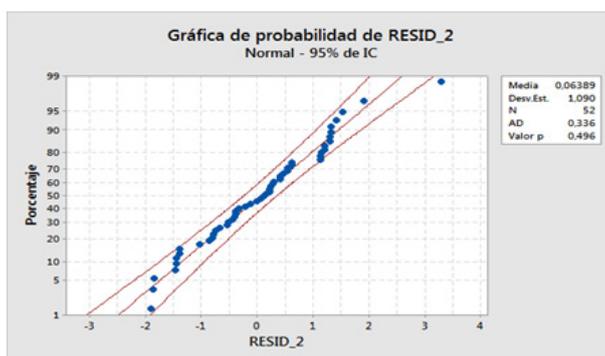
Anexo B

Prueba de Normalidad Anderson Darling



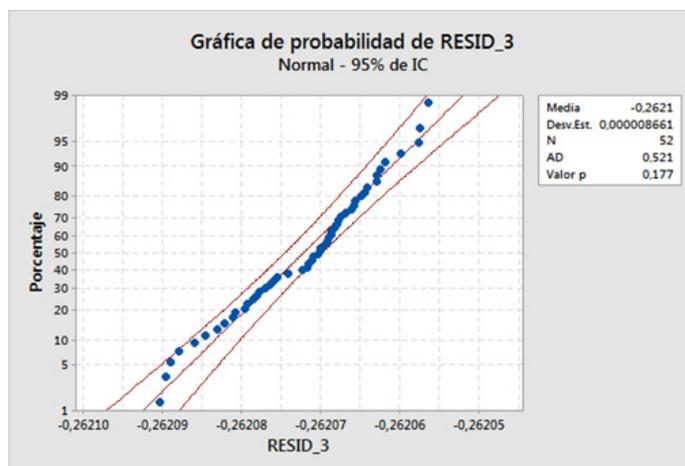
Anexo C

Prueba de Normalidad Ryan Joiner



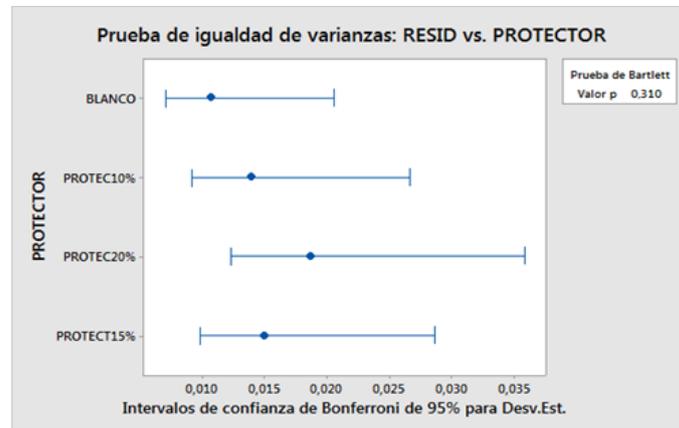
Anexo D

Prueba de Normalidad Kolmogorov Smirnov



Anexo E

Prueba de Igualdad de Varianzas



Evaluación de la Concentración de Terpenos en Extractos Full Spectrum de Cannabis Sativa L.

Evaluation of Terpene Concentration in Full Spectrum Extracts of Cannabis sativa L.

Juan Sebastián Flórez Tabares ¹, Diana Blach Vargas ², Stefany Serna Toro ³, Julián Ricardo León Zuleta ⁴, Jolián Andrés Vargas Alzate ⁵, Sonia Giovanna Gallo Palma ⁶

1 Colombiano. Doctorado en Ciencias Químicas. Centro Agroindustrial, Tecnoacademia, SENA, Quindío, Colombia. jsflorezt@sena.edu.co

2 Colombiana. Doctorado en Química. Centro Agroindustrial, Tecnoacademia, SENA, Quindío, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-0590-5186>.

diblachv@sena.edu.co

3 Colombiana. Magister en Biología Vegetal. Centro Agroindustrial, Tecnoacademia, SENA, Quindío, Colombia. sserna@sena.edu.co

4 Colombiano. Cubikan Group

5 Colombiano. Cubikan Group

6 Colombiana. Cubikan Group

Recibido: octubre 8, 2020. Aceptado: diciembre 7, 2020.

Resumen

Con la ley 1787 del 2016 que legaliza el uso de la Cannabis medicinal en Colombia para cultivo, transformación y comercialización, nacen distintas preguntas relacionadas a la calidad de los compuestos activos y las metodologías para su extracción, así como los perfiles químicos presentes en los materiales vegetales. Una de las alternativas potenciales para la extracción de derivados del cannabis para su uso medicinal (cannabidiol no psicoactivo - CBD) es el empleo de solventes en extracción criogénica, pero dicha metodología implica la eliminación del solvente empleado, lo que supone la pérdida de compuestos volátiles de interés entre los cuales se pueden mencionar el CBD y otros compuestos que favorecen el efecto medicinal como terpenos, terpenoides y flavonoides. (Alexander et al., 2009) (Burnier et al., 2018) (Russo., 2011) En este sentido la empresa CUBIKAN GROUP, quien cuenta con los permisos legales necesarios para el cultivo y producción de derivados de cannabis medicinal, en conjunto con la Tecnoacademia Quindío, desarrollaron el presente proyecto de investigación en el cual se determinaron los efectos que ejercen las distintas variables del proceso de extracción y separación de Cannabinoides y terpenos provenientes de cultivos experimentales de plantas de Cannabis no psicoactivo para su posterior caracterización. Se analizó el efecto de la temperatura en técnicas de rota vaporación como método para la recuperación del solvente empleado en la obtención de los extractos de cannabis. Para analizar la calidad de los extractos e identificar los cambios en la concentración de terpenos se empleó cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC). Los resultados obtenidos mostraron que la temperatura es determinante en la composición de dichos extractos, por lo que es de gran importancia establecer un protocolo con las condiciones apropiadas para la recuperación de extractos dependiendo de las propiedades requeridas para su aplicación en la industria (Ibrahim et al., 2019).

Palabras claves: Cannabis; full spectrum; CBD; Cannabidiol; (HS-GC/FID) y cromatografía de gases/espectrometría de masas (HS-GC/MS).

Abstract

With the law 1787 of 2016 that legalizes the use of medicinal Cannabis in Colombia for cultivation, transformation and commercialization, different questions arise related to the quality of the active compounds and the methodologies for their extraction, as well as the chemical profiles present in the materials vegetables. One of the potential alternatives for the extraction of cannabis derivatives for medicinal use (non-psychoactive cannabidiol - CBD) is the use of solvents in cryogenic extraction, but this methodology implies the elimination of the solvent used, which means the loss of volatile compounds of interest, among which we can mention CBD and other compounds that favor the medicinal effect such as terpenes, terpenoids and flavonoids (Alexander et al., 2009) (Burnier et al., 2018) (Russo., 2011) In this sense The company CUBIKAN GROUP, which has the necessary legal permits for the cultivation and production of medicinal cannabis derivatives, together with the Tecnoacademia Quindío, developed this research project in which the effects exerted by the different variables of the process were determined extraction and separation of Cannabinoids and terpenes from experimental cultures of non-psychoactive Cannabis plants for their po further characterization. The effect of temperature was analyzed in rotary vaporization techniques as a method for recovering the solvent used in obtaining cannabis extracts. High performance liquid chromatography (HPLC) was used to analyze the quality of the extracts and identify changes in the concentration of terpenes. The results obtained showed that temperature is decisive in the composition of said extracts, so it is of great importance to establish a protocol with the appropriate conditions for the recovery of extracts depending on the properties required for their application in industry (Ibrahim et al. ., 2019).

Keywords: Cannabis; full spectrum; CBD; Cannabidiol; (HS-GC / FID) and gas chromatography / mass spectrometry (HS-GC / MS).

Introducción

A la planta de Cannabis se le atribuyen diversos beneficios terapéuticos que son en gran medida a la composición química (fitoquímicos) presente en sus flores. El uso de la planta Cannabis se remonta hasta 8.000 AC., donde sus aplicaciones variaron según el tiempo y el lugar, estas iban desde producción de fibra, medicina, uso ceremoniales y recreativos. Autores como Russo, (2011) exponen los atributos de esta planta como método potencial para un número creciente de afecciones médicas y existe una gran cantidad de evidencia que respalda su eficacia para el tratamiento de enfermedades y trastornos. Se han reportado beneficios del cannabis para aliviar el dolor (Liang et al., 2004; Holdcroft et al., 1997), incluso en pacientes con cáncer (Hall et al., 2005; Ungerleider et al., 1982), trastornos de la alimentación como la obesidad y anorexia (Gelfand y Cannon, 2006; Patel y Pathak, 2007), esclerosis múltiple (Iskedjian et al, 2007), inflamación (Crocì y Zarini, 2007), diabetes (Penner et al, 2013; Weiss et al, 2006), epilepsia (Devinsky et al, 2017), trastornos neurodegenerativos como la enfermedad de Alzheimer (Campbell y Gowran, 2007), enfermedad de Parkinson (Alsousa del Valle, 2006), enfermedad de Huntington (Sagredo et al, 2012) y más.

La amplia gama de beneficios médicos del Cannabis se atribuye al extenso perfil de sus fitoquímicos naturales. Las plantas de Cannabis contienen más de 500 metabolitos secundarios de actividades farmacéuticas potenciales (Aizpurua-Olaizola et al, 2016). Estos fitoquímicos incluyen cannabinoides, un grupo de más de 100 compuestos terpenofenólicos relacionados con una amplia gama de actividades biológicas (Flores-Sanchez y Verpoorte, 2008; Marcu, 2016), así como los flavonoides y terpenos aromáticos volátiles (Russo, 2011). Los cannabinoides biológicamente activos más conocidos son el Δ^9 -tetrahidrocannabinol (THC) psicoactivo y el cannabidiol no psicoactivo (CDB) (Mechoulam et al, 2007). Estos fitoquímicos activos se acumulan en la planta en tricomas que se encuentran en las densidades más grandes en flores femeninas no fertilizadas. Los terpenos por su parte son sustancias a las cuales se les atribuye algunos aromas y efectos terapéuticos. Estos son generados por los plastidios de células secretoras. Varios estudios han demostrado que los efectos terapéuticos del cannabis no solo dependen de la presencia de los componentes de THC y CBD sino que también depende de la presencia y concentración de los terpenos, en este sentido existen estudios donde se demuestra el potencial sinérgico de los terpenos sobre el

poder terapéutico del Cannabis. (De Petrocellis et al, 2011; Cascio et al, 2010; Hill et al, 2010), Un factor clave para la aplicación médica o terapéutica del Cannabis, es la caracterización y estandarización de sus componentes. Las concentraciones que se pueden obtener de cada componente activo del cannabis están influenciadas en gran medida por el lugar y condiciones ambientales y operativas del cultivo, así como también de los procesos empleados para la extracción. Los cannabinoides, sustancias aceitosas sin polaridad, son insolubles en agua por lo cual, para su extracción, se hace necesario el empleo de disolventes como el etanol absoluto, (Namdar et al, 2018)). El etanol es de especial interés por su bajo punto de ebullición lo cual facilita su recuperación para posteriores procesos de extracción. La metodología para la extracción de cannabinoides empleando etanol, se realiza en dos etapas; inicialmente toda la materia vegetal de las inflorescencias de cannabis, se ponen en contacto con etanol criogénico para separar los Fitocomponentes (cannabinoides y terpenos) de la planta, luego se procede a separar la resina que contienen las sustancias de interés del etanol, mediante el empleo de un rotoevaporador. Como resultado de esta operación se obtiene, por un lado, la resina de cannabis full spectrum, la cual contiene cannabinoides -CBD-, THC y otros componentes como lo son los terpenos y flavonoides importantes por su actividad biológica, y por otro lado se recupera el etanol con el cual se pueden realizar más extracciones. Los beneficios de este método de extracción son muchos: es la manera más simple y económica de extraer CBD, y además, elimina los componentes no deseados, como la clorofila, ceras y grasas. Sin embargo, la etapa de separación entre la resina y el solvente puede tener efectos negativos sobre la composición de sustancias volátiles que puedan potencien el efecto farmacológico de los extractos de Cannabis.

El presente trabajo se desarrolló en colaboración entre la organización CUBIKAN GROUP y el SENA (Laboratorios de la TecnoAcademia Quindío). La organización, cuenta con los permisos para cultivar Cannabis y obtener productos para uso farmacológico y en estos momentos se encuentra realizando un estudio de caracterización referente a una planta, la cual llaman Genética 6. En este sentido y en pro para contribuir con dicha caracterización, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la temperatura empleada en la etapa de separación entre la resina full spectrum y el etanol (empleando un rotavapor), sobre la concentración de terpenos.

Materiales y Métodos

Propagación del Material Vegetal Cannabis Sativa L.

Las plántulas fueron cultivadas a 1030 metros de altura sobre el nivel del mar en el municipio de Anserma nuevo en el departamento del Valle del Cauca empresa CUBIKAN GROUP. La propagación del material vegetal se realizó a través de esquejes de las plántulas, estos fueron sembrados en sustrato, se espera por un mes para que los esquejes enraícen y endurezcan, dos meses para el establecimiento vegetativo y aproximadamente un mes de floración. En este sentido, se necesitaron de 4 meses para cosechar las inflorescencias de cannabis a las cuales se les realizó el proceso de extracción.

Figura 1

Plantación de Cannabis Sativa L. Empresa CUBIKAN GROUP



Obtención de Extractos Etanólicos de Inflorescencias de Cannabis Sativa L.

Las inflorescencias obtenidas en los cultivos de la empresa CUBIKAN GROUP fueron cortadas y secadas durante una semana a temperatura ambiente y una humedad relativa de 51%. Durante el secado las inflorescencias recibieron radiación ultravioleta diaria por 2 horas, una vez secas las inflorescencias son empacadas al vacío y almacenadas a -20°C .

La obtención de los extractos etanólicos y contenidos derivados de inflorescencias de Cannabis no psicoactivo, provenientes de los cultivos de la empresa CUBIKAN GROUP, se realizó empleando Etanol al 96% y un proceso de extracción criogénica de las flores secas de Cannabis. En este sentido las flores secas son mezcladas con etanol para obtener una mezcla rica en cannabinoides y terpenoides, entre otros, componentes valiosos contenidos en las plantas de marihuana medicinal. Debido al alto contenido de sustancias la mezcla resultante estas mezclas son llamadas extractos full spectrum.

En el proceso extractivo, se mezcló el etanol con las inflorescencias y posteriormente dicha mezcla se hizo pasar por tamices de 5 y 1 micrómetro

respectivamente. Estos extractos full spectrum filtrados se almacenaron en bidones debidamente identificados con el genotipo número 6 de Cannabis no psicoactivo.

Evaporación del Solvente y Obtención de la Resina Full Spectrum

La separación de la resina full spectrum y la recuperación del etanol después del proceso de extracción, se realizó empleando un rota- evaporador marca Greatwall de 10 litros de capacidad, asistido con un Chiller (unidad de refrigeración) Greatwall con etilenglicol al 23% en agua y una bomba de vacío asistida por agua de marca Greatwall SHB Series.

Para determinar la influencia de la temperatura sobre los perfiles de concentración de diferentes componentes de la resina, se tomaron diferentes muestras de la mezcla etanol + resina y cada una se procesó en el rotavapor a diferentes temperaturas 38, 42, 46 y 50°C a 80 rpm, manteniendo la presión de vacío a 0,078 MPa con una temperatura en el condensador de 5°C .

Los extractos full spectrum de cannabis (mezcla etanol + resina) obtenidos para cada temperatura

evaluada, son almacenados a temperatura y presión ambiente, en oscuridad para evitar procesos de fotoxidación hasta su análisis cromatográfico.

Caracterización de Terpenos Mediante Cromatografía de Gases

Los análisis de identificación y cuantificación de compuestos activos en todos los extractos obtenidos se realizaron a través de la empresa Empiria Labs S.A.S empleando cromatografía de gases con detector de ionización de llama (HS-GC/FID) y cromatografía de gases/espectrometría de masas (HS-GC/MS).

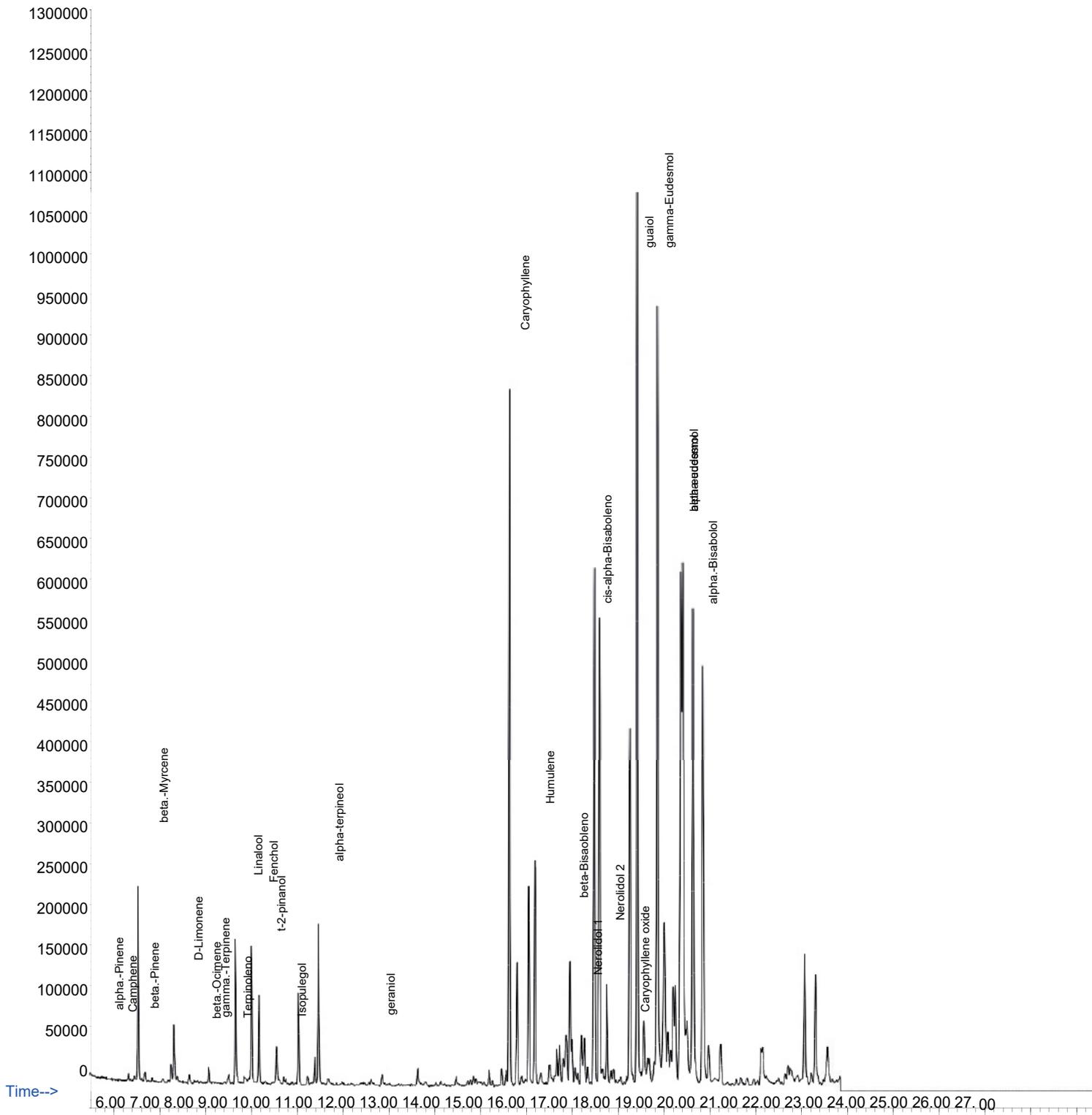
Resultados

La separación de las resinas full spectrum y la recuperación del etanol por rota evaporación se realizó empleando diferentes temperaturas 38. 42. 46 y 50 °C, a 80 rpm, manteniendo la presión de vacío constante a 0,078 MPa, a una temperatura en el condensador de 5°C.

A continuación, en la Figura 2, se muestra el cromatograma de gases (HS-GC/FID y HS-GC/MS) de extractos de Cannabis sativa L obtenidos por rotaevaporación a 38 °C a 80 rpm y una presión de 0,078 Mpa. Así mismo, en la Tabla 1, se muestra el reporte cromatográfico de la composición y concentración de cannabinoides terpenos y terpenoides bajo las mismas condiciones. Así como también se muestran las especificaciones analíticas de la técnica empleada en cuanto al límite de detección (LOD) y límite de cuantificación (LOQ) respectivamente. En este sentido se aclara que solo terpenos y terpenoides con concentraciones superiores a 0.05ppm pueden ser determinados con esta técnica.

Figura 2

Cromatograma HS-GC/FID y HS-GC/MS de Extractos de Cannabis Sativa L. Obtenidos por Rotaevaporación a 38 °C y una Presión de 0,078 Mpa



Como se muestra en la Figura 2 y correlaciona en la Tabla 1, la técnica cromatográfica estandarizada, permite separar y cuantificar 25 terpenos de la resina full spectrum, dentro de los cuales encontramos sesquiterpenos y terpenoides (sesquiterpenos oxidados) en concentraciones entre 1000 y 2300 ppm como lo son β -Cariofileno, α -Bisaboleno, α -Bisabol, Guaiol y α , β y gama-Eudesmol.

Luego en un intervalo de concentraciones entre 420 y 650 ppm encontramos otros sesquiterpenos como β - Bisaboleno y Humuleno; y terpenos y terpenoides más volátiles como lo son los Mircenol, α -Terpineol, Fenchol, Linalool y Geraniol. Finalmente encontramos terpenos con concentraciones inferiores a 250 ppm con menor punto de ebullición como lo son α -Pinenol, Camfeno, (-)-b-Pinenol, α -Terpineno, Limoneno, β -Ocimeno, gama-Terpineno, Terpinoleno, Isopulegol, Geraniol, Nerolidol y Cariofileno Oxido.

Tabla 1

Reporte Cromatográfico de HS-GC/FID y HS-GC/MS de la Composición y Concentración de Cannabinoides Terpenos y Terpenoides, de Extractos de Cannabis Sativa L. Obtenido por Rotaevaporación a 38 °C y una Presión de 0,078 Mpa

Análisis de Terpenos								
Analito	Unidades	LOQ	LOD	Resultado	Analito	LOQ	LOD	Resultado
a-Pinenol	ppm	0.05	0.01	10.45	g-Terpineno	0.05	0.01	14.43
Camfeno	ppm	0.05	0.01	12.44	Terpinoleno	0.05	0.01	4.98
(-)-b-Pinenol	ppm	0.05	0.01	15.92	g-Eudesmol	0.05	0.01	1886.07
b-Myrceno	ppm	0.05	0.01	439.3	Linalool	0.05	0.01	425.37
a-Terpineol	ppm	0.05	0.01	506.97	Fenchol	0.05	0.01	493.03
b-Bisaboleno	ppm	0.05	0.01	511.94	t-2-Pinanol	0.05	0.01	190.55
a-Bisaboleno	ppm	0.05	0.01	1287.56	(-)-Isopulegol	0.05	0.01	62.19
a-Eudesmol	ppm	0.05	0.01	1342.29	Geraniol	0.05	0.01	206.47
b-Eudesmol	ppm	0.05	0.01	1341.29	Cariofileno	0.05	0.01	1518.91
3-Careno	ppm	0.05	0.01	<LOD	Humuleno	0.05	0.01	513.43
a-Terpineno	ppm	0.05	0.01	<LOD	Nerolidol 1	0.05	0.01	201.49
p-Cymeno	ppm	0.05	0.01	<LOD	Nerolidol 2	0.05	0.01	639.3
d-Limoneno	ppm	0.05	0.01	<LOD	O. Cariofileno	0.05	0.01	125.37
Eucaliptol	ppm	0.05	0.01	<LOD	Guaiol	0.05	0.01	2263.18
b-Ocimeno	ppm	0.05	0.01	40.8	a-bisabolol	0.05	0.01	1526.37

En la tabla 2, se presenta una comparación de la composición y concentración de cannabinoides, terpenos y terpenoides identificados en los

extractos de Cannabis sativa L obtenidos por rotaevaporación a diferentes temperaturas y presión de 0,078 Mpa.

Tabla 2

Efecto de la Temperatura en el Proceso de Rotaevaporación sobre la Concentración de Terpenos y Terpenoides de Extractos de Cannabis Sativa L.

Analito	Concentración en ppm de cada analito variando la temperatura				Analito	Concentración en ppm de cada analito variando la temperatura			
	38 °C	42 °C	46 °C	50 °C		38 °C	42 °C	46 °C	50 °C
a-Pinenol	10,45	0,5	10,57	3,05	g-Terpineno	14,43	17,48	8,06	8,13
Camfeno	12,44	9,49	8,56	7,11	Terpinoleno	4,98	5	5,54	5,59
(-)-b-Pinenol	15,92	21,48	19,64	19,31	g-Eudesmol	1886,07	2303,2	1453,68	1838,92
b-Myrceno	439,3	610,88	435,05	462,4	Linalool	425,37	551,45	332,83	434,45
a-Terpineol	506,97	644,86	363,54	497,46	Fenchol	493,03	612,39	391,74	480,18
b-Bisaboleno	511,94	615,88	451,66	189,02	t-2-Pinanol	190,55	245,75	163,65	200,71
a-Bisaboleno	1287,56	1543,46	1031,22	1300,81	(-)-Isopulegol	62,19	62,94	63,44	63,01
a-Eudesmol	1342,29	1638,36	1010,07	1225,61	Geraniol	206,47	205,29	209,97	206,3
b-Eudesmol	1341,29	1644,86	1011,58	1225,61	Cariofileno	1518,91	1982,52	1272,91	1603,66
3-Careno	0	0	0	0	Humuleno	513,43	640,36	430,01	532,52
a-Terpineno	0	0	0	19,82	Nerolidol 1	201,49	220,78	204,43	224,59
p-Cymeno	0	0	0	0	Nerolidol 2	639,3	727,27	521,65	612,8
d-Limoneno	0	151,35	116,82	115,35	O. Cariofileno	125,37	120,38	215,01	243,39
Eucaliptol	0	0	0	0	Guaiol	2263,18	2792,21	1776,44	2261,18
b-Ocimeno	40,8	42,96	0	41,67	a-bisabolol	1526,37	1871,13	1209,97	1530,49

Discusión

Composición de las Resinas Full Spectrum

Los diferentes cromatogramas muestran que las resinas de Cannabis full spectrum presentan altas concentraciones de Sesquiterpenos y Terpenoides derivados de Sesquiterpeno. Este comportamiento era esperado si tenemos en cuenta que dichas sustancias tienen puntos de ebullición superiores al etanol, que es el solvente que se separa por calentamiento de la resina full spectrum. Debido al efecto terapéutico que tiene dichos componentes, se sugiere el empleo de las resinas para uso como aditivo alimenticio, como aditivo antimicrobiano, para tratamiento en el control de apetito y para tratamiento de dolor por tensión muscular. Por otra parte, y teniendo en cuenta que la presencia de dichos terpenos en el extracto de cannabis puede potenciar un efecto sinérgico en su efecto terapéutico, se sugieren estudios de dicha resina para los tratamientos antes mencionados, donde se comparte el efecto de los terpenos y el efecto de la resina que posee dicho terpeno.

Efecto de la Temperatura sobre la Concentración de los Terpenos

Realizando un análisis de la tabla 2, cuando comparamos las diferentes concentraciones de los terpenos a medida que cambia la temperatura para la obtención de la resina full spectrum, observamos que no hay diferencias significativas entre las concentraciones correspondientes para las temperaturas de 38°C (mínima) y 50 °C (máxima). Esto sugiere que la concentración de los diferentes terpenos no se ve afectada cuando la recuperación de la resina full spectrum, se realiza en este intervalo de temperatura.

y en este sentido, la concentración de los terpenos y terpenoides, no depende de la etapa de recuperación de la resina a partir del extracto, sino de las etapas previas correspondientes a la selección genética de la planta y condiciones de cultivo, crecimiento cosecha de inflorescencias, secado y extracción etanólica de los componentes.

Conclusiones

El cultivo de Cannabis Sativa L no psicoactivo bajo

los parámetros de producción establecidos por CUBIKAN GROUP representa un método de producción que se adhiere fuertemente a los estándares de sostenibilidad.

Los resultados de este estudio permiten identificar los puntos críticos en los procesos de extracción y recuperación de compuestos activos. Donde se logró identificar que el punto más importante está en el proceso de extracción y no de recuperación.

Desde la proyección nacional de la comercialización de nuevos productos en el campo farmacéutico y cosmético, la estandarización de métodos eficientes de extracción de aceites esenciales no psicoactivos de Cannabis Sativa L representa un avance muy importante en el campo económico y social del país.

Referencias

Alsousa del Valle, A., 2006. Implications of Cannabinoids in neurological diseases. *Cell. Mol. Neurobiol.* 26, 579–591.

Aizpurua-Olaizola, O., Soydaner, U., Öztürk, E., Schibano, D., Simsir, Y., Navarro, P., Etxebarria, N., Usobiaga, A., 2016. Evolution of the cannabinoid and terpene content during the growth of Cannabis sativa plants from different chemotypes. *J. Nat. Prod.* 79, 324–331.

Ben-Shabat S, Fride E, Sheskin T, Tamiri T, Rhee MH, Vogel Z et al. (1998). An entourage effect: inactive endogenous fatty acid glycerolesters enhance 2-arachidonoyl-glycerol cannabinoid activity. *Eur JPharmacol* 353: 23–31

Campbell, V.A., Gowran, A., 2007. Alzheimer's disease; taking the edge off with cannabinoids? *Br. J. Pharmacol.* 152, 655–662.

Cascio MG, Gauson LA, Stevenson LA, Ross RA, Pertwee RG (2010). Evidence that the plant cannabinoid cannabigerol is a highly potent alpha2-adrenoceptor agonist and moderately potent 5HT1A receptor antagonist. *Br J Pharmacol* 159: 129–141

Croci, T., Zarini, E., 2007. Effect of the cannabinoid CB1 receptor antagonist rimonabant on

nociceptive responses and adjuvant-induced arthritis in obese and lean rats. *Br. J. Pharmacol.* 150, 559–566.

De Petrocellis L, Ligresti A, Moriello AS, Allara M, Bisogno T, Petrosino S et al. (2011). Effects of cannabinoids and cannabinoid-enriched Cannabis extracts on TRP channels and endocannabinoid metabolic enzymes. *Br J Pharmacol* DOI:10.1111/j.1476-5381.2010.0166.x

Devinsky, O., Cross, H., Laux, L., Marsh, E., Miller, I., Nabbout, R., Scheffer, I.E., Thiele, E.A., Wright, S., 2017. Trial of cannabidiol for drug-resistant seizures in the Dravet syndrome. *N. Engl. J. Med.* 376, 2011–2020.

Hall, W., Christie, M., Currow, D., 2005. Cannabinoids and cancer: causation remediation, and palliation. *Lancet Oncol.* 6, 35–42.

Hill AJ, Weston SE, Jones NA, Smith I, Bevan SA, Williamson EM et al. (2010). Delta-Tetrahydrocannabivarin suppresses in vitro epileptiform and in vivo seizure activity in adult rats. *Epilepsia* 51: 1522–1532

Mechoulam R, Ben-Shabat S (1999). From gan-zi-gun-nu to anandamide and 2-arachidonoylglycerol: the ongoing story of cannabis. *Nat Prod Rep* 16: 131–143

Namdar, D., Mazuz, M., Ion, A., & Koltai, H. (2018). Variation in the compositions of cannabinoid and terpenoids in Cannabis sativa derived from inflo-

rescence position along the stem and extraction methods. *Industrial Crops and Products*, 113, 376–382. doi: 10.1016/j.indcrop.2018.01.060

Gelfand, E.V., Cannon, C.P., 2006. Rimonabant: a selective blocker of the cannabinoid CB1 receptors for the management of obesity, smoking cessation and cardiometabolic risk factors. *Expert Opin. Investig. Drugs* 15, 307–315. Patel, P.N., Pathak, R., 2007. Rimonabant: a novel selective cannabinoid-1 receptor antagonist for treatment of obesity. *Am. J. Health-Syst. Pharm.* 64, 481–489.

Izzo, A.A., Capasso, R., Aviello, G., Borrelli, F., Romano, B., Piscitelli, F., Gallo, L., Capasso, F., Orlando, P., Di Marzo, V., 2012. Inhibitory effect of cannabichromene, a major non-psychotropic cannabinoid extracted from Cannabis sativa, on inflammation-induced hypermotility in mice. *Br. J. Pharmacol.* 166, 1444–1460.

Penner, E.A., Buettner, H., Mittleman, M.A., 2013. The impact of marijuana use on glucose, insulin, and insulin resistance among US adults. *Am. J. Med.* 126, 583–589.

Russo, E.B., 2011. Taming THC: potential cannabis synergy and phytocannabinoid-terpenoid entourage effects. *Br. J. Pharmacol.* 163, 1344–1364.

Zias, J.E., Stark, H., Seligman, J., Levy, R., Werker, E., Breuer, A., Mechoulam, R., 1993. Early medical use of cannabis. *Nature* 363, 215.

Elaboración de Butifarra con Incorporación de Harina de Cáscara de Maracuyá como Extensor

Preparation of Butifarra with Incorporation of Passion Fruit Peel Flour as Extender

Yaceris Mercedes Castro Escorcía ¹, Teresa De Jesús Altamar Pérez ², Alexis Valle Mora ³ y Tatiana Pérez García ⁴

1 Colombiano. Magíster en. Centro para el Desarrollo Agroindustria y Agroecológico, SENA, Atlántico, Colombia. ycastroe@sena.edu.co

2 Colombiano. Magíster en. Centro para el Desarrollo Agroindustria y Agroecológico, SENA, Atlántico, Colombia. taltamarp@sena.edu.co

3 Colombiano. Magíster en Ciencias Ambientales/ Ingeniero de Alimentos. Centro de Comercio y Servicios, SENA, Atlántico, Colombia.

<https://orcid.org/0000-0003-2529-1433>. avalue@sena.edu.co

4 Colombiano. Mb. Tango Juice S.A.S., SENA, Atlántico, Colombia. perez.tatiana@tangojuices.com.co

Recibido: junio 8, 2020. Aceptado: diciembre 2, 2020

Cómo citar este artículo:

Castro, Y., Altamar, T., Valle, A., y Pérez T. (2020). Elaboración de Butifarra con Incorporación de Harina de Cáscara de Maracuyá Como Extensor. *Memorias 1er Congreso Virtual Agroempresarial 2020, Volumen 1*, pp. 0-0. <https://doi.org/xx.xxxxxxxx>

Resumen

En la actualidad el alto desarrollo de la industria conlleva a la generación de residuos, de igual forma que al perfeccionamiento e implementación de nuevas técnicas o métodos para el aprovechamiento de estos. Cada subsector de la agroindustria genera residuos específicos, en su mayoría estos presentan características óptimas para ser aprovechados en la generación de nuevos productos o como alternativa de tratamiento o recuperación de algún medio contaminado. En el caso de la cáscara de maracuyá tienen propiedades antioxidantes, contienen fibra, vitaminas y minerales, entre otros que pueden ser utilizados como aditivos en la industria de alimentos.

Ahora bien, la butifarra es un producto alimenticio de la línea de embutidos cárnicos típico de la Región Caribe, en particular de la cultura del municipio de Soledad – Atlántico. El objetivo de este proyecto fue elaborar butifarras con incorporación de harina obtenida a partir de la cáscara de maracuyá (*Passiflora Edulis*) como extensor, con el propósito de sustituir aditivos artificiales o el uso de harinas como la de trigo. Para el desarrollo de las pruebas piloto, se realizó un diseño experimental factorial (33); los factores se determinaron de acuerdo con las formulaciones establecidas y a las variables de control, enfocado en las variables de temperatura de cocción (carne granulada molida), temperatura de escaldado y porcentaje de harina de maracuyá como variables de entrada y salida de la textura del producto final. Para la estandarización, se tomó en cuenta los parámetros de calidad exigidas en las Norma Técnica Colombiana - NTC 1325. INDUSTRIAS ALIMENTARIAS. PRODUCTOS CARNICOS NO ENLATADOS. En las pruebas sensoriales, se aplicó la escala hedónica de 5 a 25 puntos con panelistas no entrenados, con edades entre 12-50 años. Los datos obtenidos se sometieron al análisis de varianza para determinar las diferencias con un nivel de significancia del 5%. Los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos cumplen los parámetros establecidos en las normas vigentes.

Palabras clave: aditivos; aprovechamiento; embutidos; maracuyá; residuos.

Abstract

Currently, the high development of the industry leads to the generation of waste, as well as the improvement and implementation of new techniques or methods for the use of these. Each agribusiness subsector generates specific wastes, most of which present optimal characteristics to be used in the production of new products or as an alternative for the treatment or recovery of some contaminated environment. These passion fruit peels have antioxidant properties, contain fiber, vitamins and minerals, among others that can be used as additives in the food industry.

Butifarra is a food product from the line of meat sausages typical of the Caribbean region, in particular of the culture of the municipality of Soledad - Atlántico. The objective of this project was to elaborate sausages with the incorporation of flour obtained from the peel of passion fruit (*Passiflora Edulis*) as an extender, in order to substitute artificial additives or the use of flours such as wheat. For the development of the pilot tests, a factorial experimental design was carried out (33); The factors were determined according to established formulations and according to the control variables, emphasizing in the variables hardening temperature, blanching temperature and percentage of passion fruit flour as input variables and output variable the texture of the final product. For standardization, quality parameters required by Colombian technical standard NTC 1325 were taken into account. NON-CANNED MEAT PRODUCTS. In the sensory tests, the hedonic scale from 5 to 25 points was applied with untrained panelists, with ages between 12-50 years. The data obtained were subjected to the analysis of variance to determine the significant differences with a significance level of 5%. The results of the physicochemical and microbiological analyzes obtained comply with the parameters established in the current regulations.

Keyword: additives; use; sausages; passion fruit; waste.

Introducción

En la industria de procesamiento de jugos y bebidas se derivan residuos los cuales no son aprovechados, como las cáscaras de los cítricos. La fruta cítrica como el maracuyá, es aprovechada para extraer su jugo y la cáscara es desechada, es decir, que la mayoría de las industrias no tienen un plan para estos residuos, debido al alto costo de su reutilización, por el contrario, son desechados junto la basura en los vertederos o rellenos sanitarios generando así un foco de contaminación (Cury et al., 2017).

La cáscara de maracuyá es rica en antioxidantes, contienen fibra, vitaminas y minerales, este recurso biodegradable no es aprovechado de la mejor manera dentro de las industrias alimentarias, debido que no les dan el manejo adecuado generando así un impacto ambiental negativo y generando costos para las empresas procesadoras de frutas. Estos residuos suponen un problema para la industria alimentaria, ya que son desechos que ocupan mucho espacio y no tienen grandes utilidades en la actualidad. Se calcula que en el mundo se producen 38,2 millones de toneladas al año de estas cáscaras, procedentes de la industria alimentaria (Cury et al. 2017).

El aprovechamiento de la cáscara de maracuyá ayudaría a mejorar el impacto ambiental y a su vez a reducir los costos que estos generan dentro de las empresas procesadoras de frutas, además, se evitaría la presencia en cantidades de desechos sólidos, la presencia de plagas u otros contaminantes.

De acuerdo con lo anterior, se plantea la siguiente pregunta problema: ¿Cómo reducir el impacto ambiental negativo de las industrias procesadoras de frutas, con el aprovechamiento de cáscaras de maracuyá utilizada como extensor en la elaboración de embutidos?

En la actualidad el alto desarrollo de la industria conlleva a la generación de residuos, de igual forma, al perfeccionamiento e implementación de nuevas técnicas o métodos para el aprovechamiento de estos. Cada subsector de la agroindustria genera residuos específicos, en su mayoría estos presentan características óptimas para ser aprovechados en la producción de un nuevo producto o como alternativa de tratamiento o recuperación de algún medio contaminado. Es el caso de las cáscaras de frutas cítricas como el maracuyá (*Passiflora Edulis*).

Los altos costos de disposición de residuos agroindustriales que deben ser asumidos por las mismas empresas generadoras, permiten que estos se conviertan en un problema no solo ambiental sino económico. (Yepes, Montoya y Orozco 2008).

En consecuencia, el aprovechamiento de este tipo de residuos se convierte en una estrategia de manejo ambiental y económico adecuado para la creación de nuevos subproductos. A raíz de los desechos y el poco aprovechamiento de la cáscara de frutos cítricos, surge la necesidad de elaborar una harina rica en antioxidantes naturales con la piel de maracuyá y que pueda ser utilizada como aditivo en la elaboración de embutidos cárnicos, de esta manera ofertar un nuevo producto en el mercado, que además contribuye al buen manejo ambiental.

Figura 1

Maracuyá (Passiflora Edulis)



El maracuyá es conocido como flor de la pasión o pasionaria. Es un fruto cultivado principalmente en Latinoamérica. Está conformado por un 37% de pulpa y 63% de semillas y corteza (Ministerio de la Protección Social República de Colombia, 2008).

Debido al porcentaje alto de desecho se ha buscado la forma de aprovecharlo, transformando la cáscara en harina, que permita incorporarse en la fermentación del yogur, como hidrocoloide,

aromatizante, pectinas, colorante. Dentro de los colorantes reconocidos se encuentra el betacaroteno, que es un pigmento derivado de la Vitamina A, que brinda una coloración entre amarillo y rojo intenso (Beltrán y Piedra, 2017).

Además, las hojas y flores de la planta de maracuyá en forma de infusión son utilizadas como sedante para tratar la disentería e hipertensión, tratamiento de tétanos, epilepsia, insomnio, hipertensión, relajante muscular, diurético, dolores musculares, antiespasmódicas, tumores intestinales y fiebre (Taborda, 2013).

Por otro lado, el aceite extraído de las semillas es purificado y usado como exfoliante, preparación de jabones y usos culinarios.

En el área alimenticia el uso de la pulpa es para preparar jugos, néctares, mermeladas, refrescos, jarabes, concentrados, sorbetes, helados, yogures, dulces cristalizados, vinos, cremas, saborizantes de pasteles, dulces y ensaladas (Taborda, 2013).

La cáscara de maracuyá también es utilizada para alimentar ganado como materia seca debido al mejoramiento en la digestibilidad. Adicionalmente, para preparar abono orgánico, aceites y gelatinas (Taborda, 2013).

Figura 2

Cáscara del maracuyá



En la Tabla 1 y la Tabla 2, se presenta la composición centesimal y fisicoquímica de la cáscara de maracuyá.

Tabla 1

Composición Centesimal de Harina de Cáscara de Maracuyá

Harina C	áscara de Maracuyá
Humedad	11,33 ± 0,05
Ceniza 3	,35 ± 0,21
Grasa 1	,49 ± 0,21
Proteína 5	,95 ± 0,31
Fibra Bruta	26,61 ± 0,93
Carbohidratos	50,11 ± 0,56

Nota. Recuperada de “Caracterización de subproductos agroindustriales: naranja y maracuyá” por Angulo et al. 2018. Revista Ingeniería y Región. 20 (1). pp.59-66.

Tabla 2

Composición fisicoquímica de la harina de maracuyá

Harina A	Acidez Titulable	pH	Actividad Acuosa
Cáscara de Maracuyá	5,96 ± 0,11	4,18 ± 0,01	0,24 ± 0,00

Nota. Recuperada de “Caracterización de subproductos agroindustriales: naranja y maracuyá” por Angulo et al. 2018. Revista Ingeniería y Región. 20 (1). pp.59-66.

En la Tabla 3, se muestra el contenido de macro y micronutrientes de la cáscara de maracuyá.

Tabla 3

Contenido de Macronutrientes y Micronutrientes de las Harinas de Cáscara de Maracuyá

Macro y Micronutrientes	Cáscara de Maracuyá
Nitrógeno	11,15 g/Kg
Fósforo	1,01 g/Kg
Potasio	25,92 g/Kg
Calcio 2	,97 g/Kg
Magnesio 1	,29 g/Kg
Azufre 1	,59 g/Kg
Boro	8,77 mg/Kg
Cobre	2,57 mg/Kg
Hierro 3	2,08 mg/Kg
Manganeso	9,85 mg/Kg
Zinc 1	0,31 mg/Kg

Nota. Recuperada de “Caracterización de subproductos agroindustriales: naranja y maracuyá” por Angulo et al. 2018. Revista Ingeniería y Región. 20 (1). pp.59-66.

Harina

Es el polvo más o menos fino que se obtiene de la molienda de un cereal o leguminosa seca. Esta se puede obtener a partir de trigo, centeno, mijo, arroz, cebada, maíz, avena, yuca, garbanzos, boniato, castañas, patatas, habas, entre otros, se puede elaborar harina a partir de setas. Algunas harinas tienen granos gruesos y otras son más refinadas. (Chung et al., 2018).

Butifarra

Producto cárnico procesado homogeneizado, cocido, embutido en tripa comestible, elaborado a base de carne, adicionado de sal, grasa y especias. Con sabor picante, puede contener o no sales de curación, mantiene un color pálido característico y no tiene colorantes. (ICONTEC, 2008).

Extensores Cárnicos

Los extensores cárnicos son utilizados como un ingrediente proteico, que ayuda a sustituir parte de la carne en la formulación del producto. Los extensores ayudan al rendimiento y mejoran la textura de los embutidos cárnicos, la industria cárnica hace uso de los extensores cárnicos con el propósito de reducir costos (Andújar, Guerra y Santos, 2000).

Materiales y Métodos

El presente estudio se realizó en el taller de cárnicos del Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial, SENA regional Atlántico; ubicado en el municipio de Sabanalarga – Atlántico. Se utilizaron materias primas como carne de res, especias, aditivos alimentarios y tripa natural cerdo previamente tratada. Este estudio contempló la elaboración de butifarras con incorporación de harina a partir de cáscara de maracuyá como extensor. Para la elaboración del producto se efectuaron pruebas piloto donde se establecieron las especificaciones fisicoquímicas que estas deben cumplir de acuerdo con directrices de la norma técnica colombiana NTC 1325 - INDUSTRIAS ALIMENTARIAS. PRODUCTOS CÁRNICOS PROCESADOS NO ENLATADOS.

Tabla 4

VARIABLES DE CONTROL DEL PROCESO

Variables V	variables de control
Entrada	Temperatura de cudeado, temperatura de escaldado, % de harina de la cáscara de maracuyá.
Salida	Textura del producto final.

Finalmente se obtuvieron nueve tratamientos con tres repeticiones blancas para un total de 84 unidades experimentales. Los resultados se analizaron empleando una hoja de cálculo basada en el modelo estadístico Statgraphics versión 16. Cabe destacar que las unidades experimentales no se tomaron al 100%, la selección se realizó de forma

aleatoria, donde se evaluaron seis tratamientos los cuales fueron llevados a procesos bajo condiciones controladas. Para lograr los objetivos propuestos en esta investigación, se desarrolló cuatro fases, las cuales se pronuncia a continuación con su respectivo proceso:

Fase I: Determinación del Proceso Productivo para la Obtención de Butifarra con Adición de Harina de Maracuyá

Para recopilar información, se realizó las consultas bibliográficas necesarias, para identificar las tecnologías disponibles e investigación de mercado de estas, sobre producción de procesados cárnicos en especial embutidos, el tratamiento adecuado de las materias primas a utilizar (las carnes, grasas, vegetales, aditivos, entre otros ingredientes). Se consultó la normatividad de las operaciones y los mecanismos de control necesarios para el proceso productivo de cárnicos como butifarras con adición de harina de maracuyá con los mejores estándares de calidad.

Se realizó una investigación basada en las técnicas y métodos utilizados en la industria cárnica, para lograr determinar las operaciones básicas más adecuadas, favorables, que eviten pérdidas y aumente el rendimiento durante la etapa de transformación. Además, se identificó los mecanismos de control que permiten un sistema de planeación y control de calidad en cada uno de los procesos operacionales.

Descripción del proceso y mecanismos y variables de control.

- **Recepción de materia prima:** Estado sanitario de la carne, temperatura no debe ser superior a -2°C.
- **Acondicionamiento de la carne:** se lava y desinfecta con una solución de hipoclorito a 5 ppm, luego se corta en trozos de 3 cm para facilitar el proceso de molienda.
- **Molienda:** se realiza la molienda con un disco número 6. Luego de la reducción del tamaño en la molienda se debe pasar rápidamente a la fase cudeado para evitar el calentamiento de la carne.
- **Cudeado:** se realiza para mezclar los ingredientes y lograr una emulsión. Se debe tener un control de la velocidad de cudeado y

la temperatura la cual no debe ser mayor de 6°C

- **Embutido:** se debe realizar un control de la presión de aire para evitar rompimiento de la tripa y que se incorpore aire dentro de la funda y afecte la presentación final del producto.
- **Escaldado:** se realiza por inmersión en agua a una temperatura de 80°C por 20 minutos.
- **Oreado:** se efectúa a temperatura ambiente por 90 minutos.
- **Empacado:** se realiza al vacío en bolsa multicapa 100% impermeables.
- **Almacenamiento:** se realiza en congelación a una temperatura de -18°C.

Fase II: Formulación para la Elaboración de la Butifarra con Adición de Harina de Maracuyá

La segunda fase consistió en establecer las formu-

laciones, luego se procedió a realizar los respectivos ensayos y pruebas piloto para determinar la formulación que permita cumplir las especificaciones técnicas de acuerdo con lo establecido en la normatividad vigente NTC 1325 - INDUSTRIAS ALIMENTARIAS. PRODUCTOS CÁRNICOS PROCESADOS NO ENLATADOS.

Ahora bien, para lograr una formulación de la butifarra, se tomaron las variables de temperatura de cudeado, temperatura de escaldado, porcentaje de harina de maracuyá (Extensor), textura y sabor agradable, para ello, luego de ensayos y pruebas se plantearon tres formulaciones que se muestran en la Tabla 5, cumplimiento de los parámetros normativos de la NTC 1325:

Tabla 5

Formulaciones de la Butifarra

Ingredientes	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
Carne de Res	77,70%	77,70%	77,70%
Hielo	6,60%	6,60%	6,60%
Ajo	2,05%	2,05%	2,05%
Cebolla Roja	4,55%	4,55%	4,55%
Comino	0,10%	0,10%	0,10%
Harina de Maracuyá	1,05%	1,47%	2,10%
Harina de Trigo	1,05%	0,63%	0,00%
Pimentón	2,40%	2,40%	2,40%
Pimienta Picante	0,10%	0,10%	0,10%
Polifosfato	0,09%	0,09%	0,09%
Sabor Butifarra	1,14%	1,14%	1,14%
Sal	1,00%	1,00%	1,00%
Lactato de Sodio	1,00%	1,00%	1,00%
Ácido Ascórbico	0,05%	0,05%	0,05%
Tripas	1,12%	1,12%	1,12%
Total	100%	100%	100%

Fase III: Estandarización del Proceso y la Formulación de Elaboración de la Butifarra con Adición de Harina de Maracuyá

Como se menciona en la etapa anterior, se trabajó con tres formulaciones, las cuales cumplieron los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y organoléptica contemplados en los métodos estipulado por la NTC 1325, con el fin de obtener una butifarra con adición de harina de maracuyá. Se determinó las variables a controlar y las concentraciones de materia primas y demás ingredientes.

El uso de estas tres formulaciones permite reformular cada una de ellas hasta llegar a la formulación ideal, que cumpla con los requisitos y parámetros normativos establecidos.

Para la ejecución y evaluación de las pruebas se siguió los siguientes pasos:

- Establecer parámetros de la formulación.
- Valorar las formulaciones.
- Validación de la formulación.

- Ajustes de la formulación.
- Estandarización de la formulación.
- Establecer parámetros de la formulación.

Para la elaboración del producto alimenticio de butifarra con adición de harina de maracuyá como pruebas piloto, se realizó un DISEÑO EXPERIMENTAL FACTORIAL (33); es decir tres factores, que se determinaron de acuerdo los diferentes productos como se puede muestra en la Tabla 5. DISEÑO EXPERIMENTAL FACTORIAL (33); donde el tres de la base indica que cada factor tomará tres valores y el exponente 3 indica que se estudiarán tres factores. Para este diseño se definieron las variables A, B y C como se observa en la Tabla 6. Se estudiaron estos tres factores, los cuales se determinaron de acuerdo con las variables que mayor influencia podrían tener en las especificaciones a cumplir el producto de acuerdo con lo establecido en la NTC 1325 (Temperatura de cudeado, temperatura de escaldado, porcentaje de harina de maracuyá).

Tabla 6

Factores de Estudio de la Butifarra

Factor A (Temperatura de Cudeado °C)	Factor B (Temperatura de Escaldado °C)	Factor C (Harina de Maracuyá %)
(A1) 4	(B1) 75	(C1) 1,05
(A2) 6	(B2) 80	(C2) 1,47
(A3) 8	(B3) 85	(C3) 2,10

Fase IV: Evaluación de la butifarra, bajo los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos establecidos por la NTC 1325

En esta etapa se evaluaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para de la butifarra, mediante los métodos estipulados por la norma técnica colombiana NTC 1325 con el objetivo de verificar si estas cumplen con los parámetros establecidos, el cual definen su calidad e inocuidad.

Seguidamente se analizó el grado de aceptación de las butifarras, para ello, se dio a degustar y se evaluó mediante una prueba de preferencia a escala de hedónica de cinco puntos a panelistas no entrenados.

Cada una de las formulaciones planteadas se sometieron a análisis bromatológico como se muestra en la Tabla 7 y 8.

Tabla 7

Composición Fisicoquímica de las Formulaciones Planteadas

Informe de Resultados Fisicoquímicos			
Parámetro	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
Humedad	71,57% 7	0,44%	71,29%
Proteína 1	3,30%	17,90% 2	0,20%
Materia Seca 2	8,43%	29,56% 2	8,71%
Fibra	0,62%	0,57%	0,97%
Grasa 1	,43% 1	,19% 1	,15%
Minerales	2,96%	2,72%	2,53%

Los análisis microbiológicos que se evaluaron fueron mesófilos, mohos, levaduras y coliformes fecales, los resultados indicaron que se encuentran dentro de la normatividad

y, por tanto, indica que es un producto inocuo, es decir, no causará daño a la salud del consumidor.

Tabla 8

Composición Fisicoquímica de las Formulaciones Planteadas

Informe de Resultados Microbiológicos					
	n	m	M	C	Resultados
Recuento de Esporas Clostridium Sulfito Reductor UFC/g	3	102	300	1	0
Recuento de E. Coli UFC/g	3	102	400	1	0
Recuento de Staphylococcus Aureus Coagulasa Positiva, UFC/g	3	102	300	1	0
Detección de Salmonella 25g	3	ausencia	-	-	ausente

Resultados

Prueba Sensorial a la butifarra

Las tres formulaciones establecidas en el diseño experimental seleccionadas para las pruebas piloto fueron sometidas a un análisis sensorial a través de la prueba de preferencia de escala hedónica de cinco puntos. Los resultados estadísticos arrojados, se analizaron por medio de un análisis de varianza (ANOVA), donde se consideró un valor del 5%. Se establece que los valores de Relación F

calculados deben ser superiores a los valores Relación F tabulados. Dado que el valor Relación F calculado para los tratamientos es de 12,53 y es superior al valor Relación F tabulado que es 3,328, se encontró una diferencia significativa entre los tratamientos. Por otro lado, el valor Relación F calculado para los panelistas fue de 2,00 siendo mayor a Relación F tabulado que fue de 1,731, se llega a la conclusión que existe una diferencia significativa ($p \leq 0,05$), entre los tratamientos y los panelistas.

Tabla 9

Análisis de Varianza ANOVA

Fuente De Variación	GL	SC	CM	Relación F	
				Calculada	Tabulada ($p \leq 0,05$)
Total (T)	74	51,95			
Tratamiento (Tr)	2	10,75	5,37	12,53	3,328
Panelista (P)	24	20,61	0,86	2	1,731
Error €	48	20,59	0,43		

Grado de Aceptabilidad

Se analizaron los tratamientos y hubo diferencias significativas en el grado de aceptabilidad en cada formulación la cual fue de: N° 1 con 69%, N° 2 con 86% y la N°3 con 84%.

Se precisó que la formulación con mayor aceptación fue la formulación N°2, como se refleja en la Tabla 10:

Tabla 10

Formulación con Mayor Aceptación

Ingredientes	Formulación 2
Carne de Res	77,70%
Hielo	6,60%
Ajo	2,05%
Cebolla Roja	4,55%
Comino	0,10%
Harina de Maracuyá	1,47%
Harina de Trigo	0,63%
Pimentón	2,40%
Pimienta Picante	0,10%
Polifosfato	0,09%
Sabor Butifarra	1,14%
Sal	1,00%
lactato de sodio	1,00%
Ácido ascórbico	0,05%
Tripas	1,12%

La formulación N°2 fue la más aceptada por los panelistas, la cual contiene resultados bromatológicos de la butifarra de 17,9% de proteínas, 1,19% de grasa, 1,85% de minerales, humedad 70,56%, fibra 0,57%, además, estos resultados obtenidos cumplen con los establecido en la NTC 1325.

Discusión

Se pudo observar que la adición de harina de cáscara de maracuyá representó un aumento significativo en el contenido de proteína, a medida que se aumenta el porcentaje de harina en las tres formulaciones.

Así mismo, representó una disminución en el contenido de grasa, de igual manera en la formulación N°3 se obtuvo un mayor porcentaje de fibra, lo cual indica que a mayor cantidad de harina incorporada aumenta el contenido de fibra y proteínas como se refleja en la Tabla 11.

Tabla 11

Comparación de Parámetros Físicoquímicos de las Tres Formulaciones

Parámetro	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
Proteína	13,30% 1	7,90%	20,20%
Grasa 1	,43% 1	,19% 1	,15%
Minerales 2	,96% 2	,72% 2	,53%

Conclusiones

Se logró definir una fórmula ideal para el proceso de elaboración de butifarra con adición de harina de cáscara de maracuyá, proceso que permite el aprovechamiento de un recurso biodegradable por parte de las empresas industriales de alimento, generando reducción de costos y los más importante un proceso amigable con el medio ambiente.

La estabilidad microbiológica fue óptima a temperatura de -18°C, es decir que es un producto inocuo, apto para el consumo humano de acuerdo los resultados microbiológicos obtenidos y comparados con los estándares de calidad microbiológica establecidos en la NTC 1325.

Mediante el análisis de varianza, se demostró diferencias significativas en las tres formulaciones planteadas, donde se determinó que la de mayor grado de aceptabilidad fue la N°2 con un 86% de aceptabilidad.

Agradecimientos

Agradecimientos al Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial, Centro de Comercio y Servicios, SENA, Regional Atlántico, por su colaboración en el uso de recursos tecnológicos disponibles y la asistencia técnica

recibida de sus recursos humanos, a la empresa TANGO JUICE S.A.S por su colaboración en la caracterización de harina a partir de las cáscaras de maracuyá, su aporte fue vital para el logro de los objetivos propuestos en el proyecto de investigación.

Referencias

Andújar, G., Guerra, A., Santos, R. (2000). La utilización de extensores cárnicos. Experiencias de la industria cárnica cubana. Instituto de investigaciones para la industria alimenticia. Sitio web: <http://www.rlc.fao.org/prior/segalim/pdf/extensor.pdf>

Angulo, L., De Souza, V., Augustus, R., y Matata, F. (2018). Caracterización de subproductos agroindustriales: naranja y maracuyá. Revista Ingeniería y Región, 20 (1), pp.59-66. <https://doi.org/10.25054/22161325.1916>

Beltrán R., Piedra, J. (2017). Obtención de un colorante de maracuyá a partir de su corteza. julio 15, 2020, de UTADCO Sitio web: <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/2825/Tesis%20colorante%20de%20c%C3%A1scara%20de%20maracuy%C3%A1%20Richard%20B.%20y%20Sebasti%C3%A1n%20P.pdf?sequence=10&isAllowed=y>

Chung, J., Muro, N., Ontaneda, M., Palas, S., Rodríguez, S. (2018). Diseño de una línea de producción para la elaboración de harina a base de la cáscara de maracuyá en Quicornac S.A.C. julio 30, 2020, de Universidad de Piura Sitio web: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3829/PYT_Informe_Final_Proyecto_HARINAMARACUYA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cury, K., Aguas, Y., Martínez, A., Olivero, R., y Chams, L. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. Revista Colombiana De Ciencia Animal - RECIA, Volumen 9(S1), pp.122-132. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.nS.2017.530>

ICONTEC. (2008). Industrias alimentarias. Productos cárnicos procesados no enlatados. julio 30, 2020, de Norma Técnica Colombiana - NTC1325 Sitio web: <https://docplayer.es/33335117-Norma-tecnica-colombiana-1325.html>

Ministerio de la Protección Social República de Colombia. (2008). Vademécum colombiano de plantas medicinales. agosto 1, 2020, de Ministerio de la Protección Social Republica de Colombia Sitio web: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/vademecum-colombiano-plantas-medicinales.pdf>

Taborda, N. (2013). Fruto de la pasión, Maracuyá. julio 15, 2020, de Instituto Superior Particular Incorporado Sitio web: <https://repotur.yveratur.ar/bitstream/handle/123456789/4461/EI%20maracuy%C3%A1%20Tesis.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Yepes, S, Montoya L., y Orozco, F. (2008). Valorización de residuos agroindustriales – frutas – en Medellín y el sur del Valle de Aburrá, Colombia. Revista Facultad Nacional De Agronomía Medellín, 61(1), 4422-4431. Recuperado a partir de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24742>

Evaluación de Emulsión en Proteína Vegetal a base de Pleurotus Pulmonarius y Lenteja

Evaluation of Vegetable Protein Emulsion based on Pleurotus Pulmonarius and Lentil

Angie Vanessa Osorio Pedraza¹, Juan David Pachón Gómez², Nicolás David Vargas Trujillo³, Valeria Fuentes Valdés⁴, Yildier Fabián Bejarano Ruiz⁵, Luis Gilberto López Muñoz⁶, Jaime Ricardo Laguna Chacón⁷

1. Colombiana. Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, angie.osorio.pedraza@unillanos.edu.co
2. Colombiano. Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, juan.pachon.gomez@unillanos.edu.co
3. Colombiano. Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, nicolas.vargas@unillanos.edu.co
4. Colombiana. Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, valeria.fuentes@unillanos.edu.co
5. Colombiano. Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, yildier.bejarano@unillanos.edu.co
6. Colombiano. Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, llopezm@unillanos.edu.co
7. Colombiano. Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, jlagona@unillanos.edu.co

Resumen

La presente investigación tuvo por objeto analizar la estabilidad (pH, dureza, rendimiento de cocción, reducción de diámetro) de una emulsión de proteína vegetal a base de Orellana (*Pleurotus Pulmonarius*) y lenteja (*Lens Culinaris*) buscando aprovechar el 40 % del contenido proteico (base seca) presente en la seta comestible y el 23,8 % que aporta la leguminosa. Para el desarrollo del estudio en primera medida se procedió a realizar pruebas preliminares de la formulación para establecer los 2 tratamientos de la proteína vegetal en presentación de hamburguesa, posteriormente fueron sometidos a pruebas de laboratorio tales como, dureza, pH, rendimiento de cocción y reducción de diámetro. Esta investigación se muestra la comparación de las variables que determinan la estabilidad dentro de la emulsión entre 2 tratamientos con diferente formulación, los resultados obtenidos corresponden a un diseño experimental completamente aleatorizado elaborado en el programa estadístico Minitab 18, con un nivel de confianza al 95%. Los resultados evidenciaron diferencias significativas en las medias de pH y dureza, siendo el tratamiento 1 el que presenta la mayor dureza (1,36 N), el pH se encuentra en un rango neutro (6,5-6,7 pH) para ambos casos,

por otro lado, las pruebas de cocción y diámetro no presentaron diferencias entre sus medias; el rendimiento de cocción fue superior a 81% para los 2 tratamientos y una reducción de diámetro entre 4-5 % para ambos casos. En conclusión, con el tratamiento 1 se obtiene una proteína vegetal con mayor consistencia, pH neutro, un rendimiento de cocción de 88,4 % y una reducción de diámetro del 5.1 %.

Palabras clave: Estabilidad, lenteja, seta comestible, proteína.

Abstract

The present research aimed to analyze the stability (pH, hardness, cooking performance, diameter reduction) of a vegetable protein emulsion based on Orellana (*Pleurotus Pulmonarius*) and lentil (*Lens Culinaris*) seeking to take advantage of 40% of the protein content (dry base) present in the edible mushroom and 23.8% provided by the legume. For the development of the study, in the first measure, preliminary tests of the formulation were carried out to establish the 2 treatments of the vegetable protein in hamburger presentation, later they were subjected to laboratory tests such as hardness, pH, cooking performance and reduction diameter. This investigation shows the comparison of the variables that determine the stability within the emulsion between 2 treatments with different formulation, the results obtained correspond to a completely randomized experimental design elaborated in the statistical program Minitab 18, with a confidence level of 95% . The results showed significant differences in the means of pH and hardness, being treatment 1 the one that presents the highest hardness (1.36 N), the pH is in a neutral range (6.5-6.7 pH) for both cases, on the other hand, the cooking and diameter tests did not show differences between their means; the firing yield was greater than 81% for the 2 treatments and a diameter reduction between 4-5% for both cases. In conclusion, with treatment 1 a vegetable protein with greater consistency, neutral pH, a cooking yield of 88.4% and a reduction in diameter of 5.1% is obtained.

Keywords: Stability, lentil, edible mushroom, protein.

1. Introducción

La seta (*Pleurotus Pulmonarius*) comúnmente conocida como Orellana, la cual presenta un porcentaje de proteína alrededor del 40% en seco Romero citado por (Hernández & López, 2008) además de contener ácido linoleico que se encarga de ayudar a disminuir el colesterol por ser un omega 3, por otro lado, tiene fibra que ayuda a la digestión y vitaminas como niacina y riboflavina, de igual modo contiene todos los aminoácidos esenciales; la lenteja (*Lens Culinaris*) es una leguminosa que aporta 23 % en proteína vegetal siendo la segunda después de la soya, en cuanto a micronutrientes posee calcio, hierro, magnesio, zinc, sodio, potasio, fósforo, selenio, vitaminas B1, B2, B6, C, A, folato, niacina y compuestos fenólicos. (Morierias citado por Enjamino et al, s.f). Respecto a lo anterior, estos son ingredientes que hacen parte de la alimentación, esta no solo satisface la necesidad del alimento si no también la del apetito además de ser un determinante de la nutrición, por lo tanto, en la actualidad se ha estado desarrollando la idea de una buena alimentación que aporte todos los nutrientes esenciales y brinde la energía necesaria a cada persona para

mantenerse sana, para ello se han venido presentando nuevas tendencias de mercado que buscan finiquitar el consumo de proteína animal dando paso a la comida vegana la cual tiene como principio la abstinencia de productos derivados de animales.

Conociéndose como carne/proteína al aglutinamiento de diferentes componentes, lo que obedece a las características de una emulsión, conociéndose está a la clase de sistemas dispersos que consisten en dos líquidos inmiscibles; se pueden distinguir varias clases: aceite en agua (O / W), agua en aceite (W / O) y aceite en aceite (O / O) (Tadros, 2016). Sabiendo que para la obtención de una emulsión se requiere de agua, aceite, un emulsificante el cual disminuye la tensión en la interface e impide que tenga lugar el fenómeno de la coalescencia (Badui, 2006), siendo este el agente encargado de mezclar dos sustancias poco miscibles entre sí, es decir homogenizar y dar la apariencia deseada; y por último la energía mecánica la cual integra lo anteriormente mencionado, por lo tanto los componentes nombrados van a sufrir afectaciones por diversos factores tales como las emulsiones estabilizadas por proteínas,

las cuales se ven afectadas tanto por las propias características moleculares de la proteína como por factores intrínsecos, siendo estos el pH, la fuerza iónica, la temperatura, azúcares, el volumen de la fase oleosa, el tipo de proteína, el punto de fusión del aceite empleado, así como los factores extrínsecos, ya sea el tipo de equipo utilizado para formar la emulsión, velocidad de incorporación del aceite y el nivel de agitación (Badui, 2006). Es así como la estabilidad física de una emulsión está condicionada por el resultado de un balance complejo de fuerzas de atracción y repulsión entre las gotas de fase dispersa, condicionado por las variables fisicoquímicas del medio continuo Muñoz , Alfaro , & Zapata, (2007).

Este trabajo pretende evaluar la estabilidad de una emulsión por medio de la formulación de una proteína vegetal a base de Orellana y Lenteja, determinando las variables que afectan la matriz del alimento como son: la firmeza del embutido mediante el penetrómetro el cual indica la firmeza por medio de la fuerza ejercida para causar la penetración de una sonda estándar a una profundidad específica dentro del producto (Arias y Toledo;2007), análisis de pH, pruebas de cocción referentes a la reducción de diámetro y rendimiento de cocción, que permitan una buena calidad y aceptación del producto.

2. Materiales y Métodos

• Selección de materia prima

Las orellanas utilizadas (Figura 1) para la presente investigación fueron cosechadas en la Universidad de los Llanos, ubicada en el km 12 vía Puerto López de la vereda Barcelona, ciudad de Villavicencio, departamento del Meta.

Las orellanas frescas de cada tratamiento fueron lavadas con una solución de hipoclorito de sodio al 0,02 %, secas mediante extrusión y acondicionadas retirando el tallo, posteriormente fueron trituradas en un procesador de alimentos, hasta que su textura formara una masa homogénea. La cantidad de setas que se utilizó en el tratamiento 1 fue de 297,66 g y en el tratamiento 2 fue de 201g.

Figura 1

Selección de la materia prima.



Fuente: Elaboración propia.

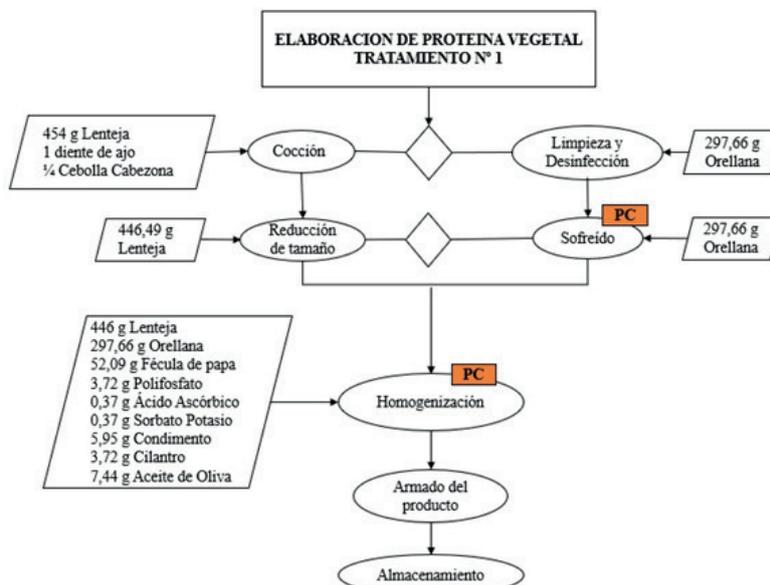
• Preparación de la proteína vegetal

Se optó por la elaboración de una proteína vegetal para ser usada en la hamburguesa tradicional, utilizando como ingredientes principales la lenteja (*Lens Culinaris*) junto con la Orellana, a continuación, se muestran los análisis bromatológicos de la Orellana y la Lenteja

El proceso de transformación se puede observar en el diagrama de proceso (Figura 2), el cual inicia con un proceso de cocción durante 40 minutos de las lentejas, para lograr ablandar los tejidos y permitir la formación de una masa para la emulsión, de forma paralela se realiza la limpieza y desinfección La reducción de tamaño de las lentejas y las orellanas se realizó por separado usando una pica todo Universal referencia L89150. luego sofreírlas en una pequeña cantidad de aceite, esto permitió eliminar el agua y realzar el sabor de las mismas, de ahí se efectuó la homogeneización de todos los ingredientes (aditivos, entre estos conservantes, estabilizantes y potencializadores de sabor) para después proceder a realizar el armado del producto final, el cual se moldeó con un recipiente circular de 9 cm de diámetro y 1.5 cm de profundidad.

Figura 2

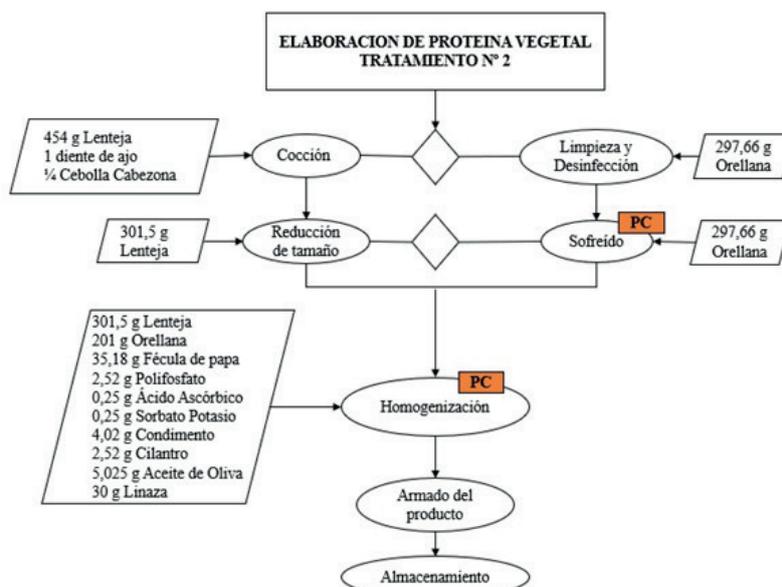
Diagrama de proceso para la elaboración de la proteína vegetal-tratamiento 1.



Nota: Elaboración propia.

Figura 3

Diagrama de proceso para la elaboración de la proteína vegetal-tratamiento 2.



Nota: Elaboración propia.

Figura 4

Aspecto de la proteína vegetal elaborada.



Nota: Elaboración propia.

En la figura 4 se observa en la parte superior el tratamiento 1 y en la parte inferior el tratamiento 2.

- **Análisis de laboratorio**

Se aplicaron pruebas de cocción y fisicoquímicas en el laboratorio polifuncional de Ingeniería Agroindustrial en la Universidad de los Llanos, sede Barcelona de la ciudad de Villavicencio, Meta, que cuenta con unas condiciones atmosféricas de 27°C en temperatura, 80% de humedad relativa, una altitud de 476 msnm y precipitaciones de 4300mm anuales. Con estos análisis de las muestras se permitió medir la estabilidad de la emulsión dentro de la proteína.

Figura 5

Pruebas de dureza, pH y cocción.



Nota: Elaboración propia

- **Diseño y análisis estadístico**

Se utilizó un diseño experimental cuantitativo completamente aleatorizado de 2x3, ya que este es un diseño sin condiciones de aleatoriedad, lo que quiere decir que los tratamientos se asignan a las unidades experimentales sin formar subgrupos (Díaz, 2009), y además los diseños completamente aleatorizados pueden comparar cualquier número de tratamientos, de acuerdo con distintas formulaciones para cada tratamiento; por lo que hubo variables dependientes e independientes, siendo los tratamiento 1-2 y las pruebas estudiadas respectivamente a lo largo del proceso para el resultado de la investigación. Las pruebas de laboratorio aplicadas fueron rendimiento de cocción, reducción de diámetro, pruebas de dureza y pH.

Para las pruebas de cocción (rendimiento y reducción de tamaño) se tomaron los valores de diámetro y masa inicial para cada una de las muestras, luego se sometieron a cocción, al finalizar la cocción se volvieron a registrar los valores de diámetro y masa finales. Posteriormente para las pruebas de dureza (penetrometría) y pH, seleccionado como un monitoreo electroanalítico para caracterizar el sistema químico que se da en la emulsión (Baeza, 2005), por lo tanto, se tomó cada muestra para ser dispuesta a una leve punción con la punta cónica del penetrómetro hasta la marca y a una leve punción por el electrodo hasta que se estabilizara en un valor, respectivamente. Como primera instancia, se realizó la prueba de normalidad para saber si los datos se encontraban en distribución normal, lo que significa que los datos presentan poca dispersión entre ellos; seguidamente se realizó la prueba de igualdad de varianzas para poder realizar el ANOVA (Spiegel, Schiller, & Srinivasan, 2007), la cual examina la diferencia de las tendencias centrales de más de dos grupos cuando la variable dependiente se mide en una escala ordinal (Malhotra, 2007), ya que de lo contrario no se podría realizar el análisis. Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) mediante el software estadístico Minitab 2018, con un nivel de confianza del 95%.

3. Resultados

A continuación, se presenta los resultados obtenidos para las pruebas de laboratorio a las cuales fueron sometidas cada tratamiento, que posteriormente se analizaron por medio de una ANOVA.

Tabla 1

Resultados del análisis de varianza para la dureza.

Factor T	tratamiento 1 T	tratamiento 2
Media	1.3667 0	.2667
Desviación estándar agrupada	0.135401	
IC de 95% (	1.1496, 1.5837)	(0.0496, 0.4837)
Valor F	99.00	
Valor p	0.001	

Nota: Elaboración propia.

Tabla 2

Resultados del análisis de varianza para pH.

Factor T	tratamiento 1 T	tratamiento 2
Media	6.5733 6	.73667
Desviación estándar agrupada	0.0219848	
IC de 95%	(6.5381, 6.6086) (	6.70143, 6.77191)
Valor F	82.79	
Valor p	0.001	

Nota: Elaboración propia.

Tabla 3

Resultados del análisis de varianza para rendimiento de cocción.

Factor T	tratamiento 1 T	tratamiento 2
Media	88.44* 8	1.00*
Desviación estándar agrupada	5.62670	
IC de 95%	(79.42, 97.46) (	71.98, 90.02)
Valor F	2.62	
Valor p	0.181	

*Resultados expresado en %

Nota: Elaboración propia.

Tabla 4

resultados del análisis de varianza para la reducción de diámetro

Factor T	tratamiento 1 T	tratamiento 2
Media	5.18*	4.146*
Desviación estándar agrupada	1.26860	
IC de 95% (	3.15, 7.22)	(2.113, 6.180)
Valor F	1.00	
Valor p	0.374	

*Resultados expresado en %

Nota: Elaboración propia

4. Discusión

Analizando los datos obtenidos de la tabla 1, se evidencia una diferencia significativa entre las medias de la dureza de los dos tratamientos, obteniendo una media de 1.3667 N para tratamiento 1, visualmente tiene un aspecto compacto y sin exudados, el tratamiento 2 con una media de 0,2667 N muestra una superficie árida, textura muy blanda, arenosa con presencia de exudados. La diferencia en la textura y apariencia del tratamiento 2 se puede explicar, de acuerdo al contenido de grasa presente en dicha formulación (figura 4), donde se adiciono 30 g de linaza y 5 g de aceite de oliva; la linaza contiene un 37,4% de grasa (Jiménez, Masson, & Quitral, 2013) por lo tanto representa junto con el aceite de oliva 16,22 g de grasa en la mezcla, en comparación con el tratamiento 1 donde se tiene solo 7,44 g y de acuerdo con Rey & Gualdron (2011) a medida que se modifique la fase oleosa de una emulsión cambiara la textura, como se puede evidenciar en este caso donde a mayor concentración de grasa en la mezcla menor dureza/textura en la emulsión.

Los resultados del parámetro pH (Tabla 2) muestran diferencias significativas entre los tratamientos 1 y 2 con medias de 6.57 y 6.73 respectivamente, sin embargo, ambos tratamientos hacen parte del grupo de alimentos ácidos cercanos a neutro (Vázquez & Rojas, 2016) y al tener una emulsión O/W según (Mejía, Luna, & Vargas, 2018) el rango de pH indicado para mantener

estable el sistema debe ser alcalino (8-14), la mezcla contenía 4000 ppm de polifosfato, con el propósito de estabilizar, secuestrar sabor y aumentar el pH de la emulsión, a pesar de eso la proteína vegetal mantuvo un pH menor a 7 (ácido-neutro), con el fin de mejorar el pH se podría adicionar NaCl en la etapa de homogenización y de esta manera reducir los polifosfatos a 2200 ppm como máximo de acuerdo al CODEX ALIMENTARIUS (1995), potenciar el sabor y otorgar alcalinidad a la emulsión.

Respecto al porcentaje de rendimiento de cocción (tabla 3) no se encuentra diferencia significativa entre las medias, teniendo valores de 88.44 y 81.00 % para el tratamiento 1 y 2 respectivamente; lo que se evalúa en esta prueba es la capacidad de retención de agua (CRA) al sometimiento al calor, este factor físico es el responsable de la rotura de la membrana celular y cambio en la estructura de las proteínas (desnaturalización), por otra parte Serna, Pabón, & Quintana (2019) enuncian que la capacidad de retención de agua de las legumbres secas se debe a propiedades tecno funcionales y están estrechamente relacionadas al contenido proteico, es decir a la interacción agua-proteína; por lo tanto la alteración de este sistema dará paso a la migración de agua al exterior de la emulsión, cabe resaltar que en este caso se tenían 2 fuentes de proteína (lenteja y orellana) lo que favoreció a la emulsión para obtener un buen rendimiento de cocción mayor al 80% para los dos casos. Un estudio realizado por

(Piñero et al, 2006) presentó un 71% de rendimiento de cocción para una carne de hamburguesa baja en grasa con la adición de β -glucano, en este caso la presencia de grasa fue menor al 2% en los tratamientos por lo que se puede concluir que la alta presencia de proteína y baja de grasa favorece a un buen rendimiento de cocción.

Finalmente, para la prueba de reducción de diámetro no hubo diferencias significativas entre las medias siendo los valores de 5.18 y 4.156 % para los tratamientos 1 y 2 respectivamente (tabla 4), de este análisis lo que se midió fue el encogimiento de la proteína al sometimiento al calor, en este caso la fécula de papa es un ingrediente utilizado en la industria alimenticia como aglutinante, espesante y estabilizante natural (DELITÉ, s.f) lo cual le confirió dichas propiedades a los tratamientos realizados permitiendo la cohesión adecuada de los ingredientes y aditivos por lo que atribuyó una mayor resistencia al encogimiento de la emulsión, obteniendo valores similares a los reportados por (García , Acevedo, Mora, Sánchez, & Rodríguez, 2009) que oscilan entre 2.18- 5.89% en una carne de hamburguesa de cachama blanca con adición de harina de soya texturizada, para lo que finalmente se infiere que el almidón permitió una baja reducción de diámetro lo cual es favorable; cabe resaltar que para otras carnes de hamburguesa se han notificado valores superiores al 20% en reducción de diámetro (Piñero et al, 2006).

Conclusiones

Según los resultados obtenidos para esta evaluación basada en el parámetro de dureza se concluye que la formulación más adecuada es la del tratamiento 1, al contar con buena textura y ser compacta, esto debido a que la composición en fase oleosa no modifica las condiciones interfaciales de la emulsión. por otra parte, para el parámetro de pH los valores obtenidos son ácidos cercanos al neutro para los dos tratamientos, indicando esto que es necesario el uso de NaCl dentro de las formulaciones para poder aumentar estos valores hasta el neutro o alcalino puesto que van a favorecer para mantener la emulsión como un sistema estable.

Finalmente para las pruebas de rendimiento de cocción y reducción de diámetro no se obtuvieron diferencias significativas en sus medias, lo

que indica que los tratamientos contaron con una buena retención de agua al estar sometida al calor, lo que no permitió la rotura ni desnaturalización de la proteína, del mismo modo ocurrió en el no encogimiento de la proteína al contar con un porcentaje de grasa bajo menor del 2% que en conjunto con los aditivos agregados permitió una baja reducción en el diámetro.

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad de los Llanos por permitirnos formar como profesionales, por brindarnos los espacios para el desarrollo de esta investigación e inculcarnos el compromiso social, ante todo, también agradecemos a los docentes Luis Gilberto López Muñoz y Jaime Ricardo Laguna Chacón por su acompañamiento y orientación, al laboratorio polifuncional de ingeniería agroindustrial por los servicios brindados y a los profesionales que trabajan en él.

Referencias

- Badui, S. (2006). Química de los alimentos. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Baeza, A. (2005). Química Analítica instrumental. Nota de clase1: Introducción a la electroquímica analítica. Facultad de Química UNAM.
- CODEX ALIMENTARIUS. (1995). CODEX STAN 192-1995-Norma general para los aditivos alimentarios.
- DELITÉ. (s.f). Ficha técnica Fécula de papa. España.
- Enjamino, L., Rodríguez, P., Valero, T., Ruiz, E., Ávila, J., & Varela, G. (s.f). Informe sobre legumbres, nutrición y salud. España: Fundación Española de la nutrición [FEN].
- García , O., Acevedo, I., Mora, J., Sánchez, A., & Rodríguez, H. (2009). Evaluación física y proximal de la carne para hamburguesas elaborada a partir de pulpa de cachama blanca (*Piaractus brachipomus*) con harina de soya texturizada. Revista UDO Agrícola.
- Hernández, R., & López, C. (2008). Evaluación del crecimiento de *Pleurotus Ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales en el departamento de Cundimarca. Pontificia Universidad de Javeriana.
- Jiménez, P., Masson, L., & Quitral, V. (2013). Composición química de las semillas de Chía, linaza y rosa mosqueta y su aporte en ácidos grasos

omega-3. Revista Chilena de Nutrición, 155-160.

Malhotra, N. (2007). Investigación de mercados . Mexico : Pearson educación .

Mejía , D., Luna, J., & Vargas , J. (2018). Efecto del pH del agua y el tamaño del agregado del asfalto en la estabilidad de emulsiones W/O y la eficiencia de nanopartículas de sílice para inhibirlas. Universidad Nacional , 12.

Muñoz , J., Alfaro , M., & Zapata, I. (2007). Avances en la formulación de emulsiones . Departamento de ingeniería química, Sevilla, 64.

Piñero, M., Ferrer, M., Arena, L., Huerta, N., Parra, K., & Barbosa, Y. (2006). Evaluación de las propiedades físicas de carne para hamburguesas de res “bajas en grasa” elaboradas con beta Glucano. Revista Científica.

Rey, J., & Gualdrón, L. (2011). Evaluación de la Sustitución de Grasa Animal por Grasa Vegetal

Insaturada en la Elaboración de un Embutido de Carne de Búfalo (*Bubalus bubalis*). Información Tecnológica.

Serna, L., Pabón, O., & Quintana, J. (2019). Efectos de la fuerza iónica y el tiempo de remojo de legumbres secas sobre sus propiedades tecnofuncionales. Información Tecnológica.

Spiegel, M., Schiller, J., & Srinivasan, R. (2007). Análisis de la varianza; Probabilidad y Estadística [Schaum's Outline of Theory and Problems of Probability and Statistics]. México: McGraw-Hill.

Tadros, T. (2016). Emulsions: Formation, Stability, Industrial Applications. UK: De Gruyter Textbook.

Vázquez, E., & Rojas, T. (2016). pH: Teoría y 232 problemas. México: Universidad autónoma metropolitana.

Formulación de Aglutinantes para un Producto Tipo Loncha a base de Orellana (*Pleurotus Pulmonarius*)

Formulation of Binders for a Slice-Type Product based on Orellana (*Pleurotus Pulmonarius*)

María Cristina Ospina Ladino ¹, Luis Gilberto López Muñoz ², Juan Sebastián Piñeros Alemán ³, Laura Sofía Escobar Moreno ⁴

1. Colombiana. Universidad de los Llanos, programa de ingeniería agroindustrial, mcospina@unillanos.edu.co
2. Colombiano. Universidad de los Llanos, programa de ingeniería agroindustrial, llopezm@unillanos.edu.co
3. Colombiano. Universidad de los Llanos, programa de ingeniería agroindustrial, juan.pineros@unillanos.edu.co
4. Colombiana. Universidad de los Llanos, programa de ingeniería agroindustrial, laura.escobar@unillanos.edu.co

Resumen

Esta investigación se basa en la formulación de aglutinantes naturales de soja, lenteja y garbanzo en condiciones como concentración, temperatura y tiempo en la calidad organoléptica de un producto tipo loncha a base del hongo Orellana (*Pleurotus pulmonarius*) para la experimentación sensorial con variables cualitativas. Para la formulación se manejó concentraciones de 10%, 15%, 20% de aglutinante sobre 35g de peso neto de Orellana y temperaturas de cocción de 60°C y 90°C con un tiempo estándar de 20 minutos; para las 18 formulaciones evaluadas dentro de los análisis sensoriales como olor, sabor, textura y apariencia entre otros, fue realizado con el método de Tukey en una escala de 9 puntos de los cuales se destacó tres formulaciones Lenteja 20% a 60°C (L-20-60), Soja 20% a 60°C (S-20-60) y Garbanzo a 15% a 60°C (G-15-60).

Palabras clave: Aglutinante, Orellana, Proteína, Seto, Vegetariano.

ABSTRACT

This research is based on the formulation of natural binders of soybeans, lentils and chickpeas in conditions such as concentration, temperature and time in the organoleptic quality of a slice-type product based on the Orellana fungus (*Pleurotus pulmonarius*) for sensory experimentation with qualitative variables. For the formulation, concentrations of 10%, 15%, 20% of binder were used on 35g of net weight of Orellana and cooking temperatures of 60°C and 90°C with a standard time of 20 minutes; For the 18 formulations evaluated within the sensory analyzes such as smell, taste, texture and appearance among others, it was carried out with the Tukey method on a scale of 9 points of which three formulations Lentil 20% at 60°C (L-20-60), Soy 20% at 60°C (S-20-60) and Chickpea at 15% at 60°C (G-15-60).

Keywords: Binder, Orellana, Protein, Mushroom, Vegetarian.

1. Introducción

El hongo Orellana (*Pleurotus pulmonarius*) crece en ambientes oscuros, húmedos y fríos en los cuales se manejan una serie de parámetros muy importantes al momento de cultivar estos hongos, creciendo en ambientes con una temperatura promedio entre 20°C a 28°C haciendo de esta una opción apacible al momento de generar ingresos y productos a partir de estos cultivos que al pasar del tiempo han venido adquiriendo más fuerza y popularidad entre las nuevas opciones de alimentos para personas veganas y vegetarianas. Este tipo de hongo juega un papel importante en la alimentación ya que es una opción razonable al momento de querer consumir proteínas de origen vegetal debido a su costo aceptable de adquisición y a las múltiples preparaciones en las que se puede incluir como antipastos, ensaladas e incluso como sustituto de las fuentes de proteína de origen animal. Teniendo en cuenta lo anterior las Orellanas logran un alto impacto en la formulación de nuevos productos a partir de esta, debido al crecimiento de la población mundial y al aumento de personas que han tomado la decisión de incorporar una dieta vegetariana a su vida cotidiana, este hongo se convierte en una opción provechosa para la implementación de productos como lo son jamones, lomos curados, entre otros; se han encontrado estudios que demuestran el eminente contenido de proteínas y aminoácidos esenciales que poseen estos hongos, y a partir de esto se busca mejorar esta composición nutricional con ayuda de legumbres como los son la soya y la lenteja, considerando según los autores Rodríguez, Ávila (2013) afirman que el contenido de proteína de la soya y el de las lentejas son de los más altos que podemos encontrar en el reino vegetal, con valores de 35,9% y 23,8% respectivamente para cada legumbre. En base a esto se logra corroborar que la obtención de un producto a partir de las Orellanas como un sustituto de las diferentes clases de carne que se consumen cotidianamente no son para nada alejados de la realidad ya que combinando estos hongos con otras fuentes de proteína vegetal (soya) se podría obtener un producto con iguales o mejores características nutricionales que tienen los que son a base de proteínas de origen animal, haciendo de este un nuevo recurso y potencial para el mercado debido a su bajo costo de producción y obtención de alimentos a partir de este; cabe resaltar

que según la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2011) señala que Se requieren alrededor de 7000 litros de agua para generar una libra de carne. Llevando consigo un gran impacto ambiental, y un desabastecimiento de un recurso primordial como lo es el agua. Con esto nace la necesidad de buscar nuevas alternativas que generen un mayor impacto tanto en el desarrollo de la economía, como en la sociedad para incentivar a productores y consumidores a ver nuevas oportunidades que llegan a generar un cambio en nuestro ambiente y tener en cuenta la gran biodiversidad de alimentos que nos ofrece la región para así hacer de este un recurso sostenible generando productos similares o mejores a los que se encuentran en el mercado. El objetivo de esta investigación es valorar la influencia de algunos aglutinantes naturales a partir de soya, lenteja y garbanzo para la elaboración de un producto tipo loncha a base del hongo orellana (*Pleurotus pulmonarius*).

2. Materiales y Métodos

En la presente investigación se aplica una metodología de tipo experimental, con el fin de elaborar un producto tipo loncha a base de hongo Orellana (*Pleurotus pulmonarius*), en condiciones rigurosamente controladas como concentraciones de los aglutinantes y temperaturas de cocción, esto con el propósito de responder a la pregunta de investigación ¿Qué aglutinante soja, lenteja o garbanzo se considera mejor para la formulación de un producto tipo loncha a base de Orellana Morena (*Pleurotus pulmonarius*) como remplazo de un producto cárnico?.

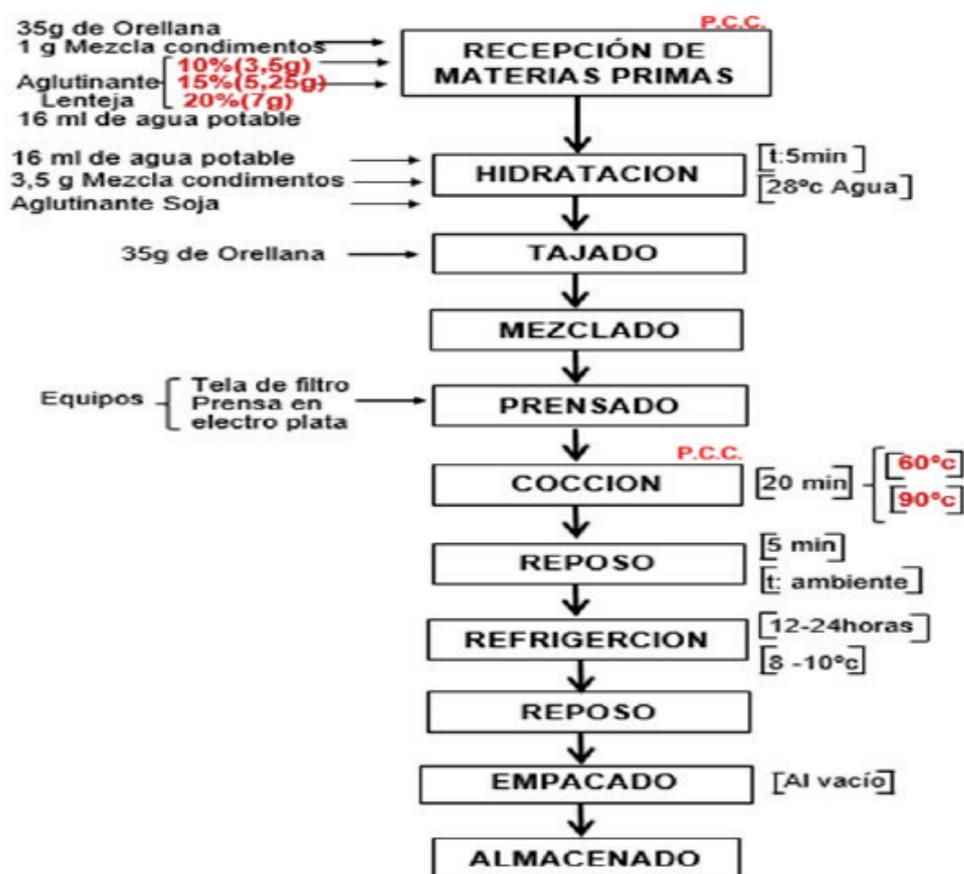
Esta investigación es de tipo aplicada, de modo que se pretende como objetivo dar una solución al problema sobre la incursión de nuevas alternativas para la sustitución de la proteína animal por la vegetal, en este caso del hongo Orellana Morena (*Pleurotus pulmonarius*) que mejore la disponibilidad de los nutrientes y sea viable para cualquier tipo de población.

Este trabajo tiene un enfoque de investigación de tipo cualitativo, de modo que se da una opinión acerca de los productos obtenidos antes y después de ser preparados de acuerdo a los aglutinantes, concentraciones y temperaturas usados para la formulación de la cual estos se han

descritos cualitativamente con forme a la observación y al criterio de los autores, que posteriormente son calificados en una escala de 9 puntos por el método de Likert. La población u objeto de estudio de este trabajo de investigación se basa en la cantidad total en gramos de Orellana Morena (*Pleurotus pulmonarius*) que se usó para elaborar las diferentes formulaciones de concen

traciones en aglutinantes y temperaturas la cual corresponde a las 18 pruebas realizadas con una muestra de 35 g de Orellana Morena (*Pleurotus pulmonarius*) dando como resultado 630g Figura

1. Diagrama de flujo de la obtención de un embutido tipo loncha a base de Orellana usando el aglutinante a partir de la lenteja.



Nota: Autores 2019.

Antes de haber formulado y planteado el diseño experimental se realizaron pruebas preliminares con el fin de dar certeza y seguridad a la metodología que se iba a usar en el proyecto, empezando con la cantidad de los aglutinantes que primamente se iban a manejar de la siguiente manera, concentraciones 10%, 12% y 14% fueron las postuladas inicialmente para ejecutar dicho ensayo, pero al apreciar que no se tenían resultados distintos y cambios considerables debido a la poca variabilidad que tenían estos datos, se optó por modificarlos y manejar concentraciones de 10%, 15% y 20% donde sí se logró observar un cambio significativo en cada una de las muestras;

de igual forma las primeras temperaturas de cocción que se iban a manejar eran de 60°C y 70°C de la misma manera que con los aglutinantes estas temperaturas no llegaron a diversificarse respecto a cada una de las muestras y es ahí donde se vio la necesidad de modificar estos valores (60°C Y 90°C) para poder observar y distinguir cambios en estas.

a tabla 1 muestra de manera detallada la calificación que se le otorga a cada una de las 18 formulaciones que se realizaron, en esta, se identifican

de manera sistemática con la ayuda de escalas nominales como la escala Likert, que son aquellas en las que las variables objeto de estudio son cualitativas, aunque vayan asociadas a números. Un ejemplo puede ser el estudio de los atributos de un producto: dureza, dulzura, color, etc., según González (2014) afirma que en las pruebas hedónicas se le pide al consumidor que valore el grado de satisfacción general (liking) que le produce un producto utilizando una escala que le proporciona el analista. Estas pruebas son una herramienta L muy efectiva en el diseño de productos y cada vez se utilizan con mayor frecuencia en las empresas debido a que son los consumidores quienes, en última instancia, convierten un producto en éxito o fracaso.

La escala Likert consiste en una lista ordenada de posibles respuestas correspondientes a distintos grados de satisfacción equilibradas alrededor de un punto neutro, se califican las 18 formulaciones en una escala de 9 puntos siendo 9 la máxima calificación y 1 la más baja calificación, a continuación, se muestran los índices de calificación según la escala propuesta.

Tabla 1

Escala de calificación Likert

PUNTAJE	CALIFICACION
9	Gusta extremadamente
8	Gusta mucho
7	Gusta moderadamente
6	Gusta ligeramente
5	Ni gusta ni disgusta
4	Disgusta ligeramente
3	Disgusta moderadamente
2	Disgusta mucho
1	Disgusta extremadamente

El diseño experimental a utilizar se divide en tres secciones, en donde la primera se basa en las formulaciones del alimento tipo loncha la cual será de tipo factorial para la formulación 3 x 3 x 2, con base a estos resultados, se procede a la segunda parte en donde conociendo que formulaciones son las adecuadas respecto a las características sensoriales que se observen en cada muestra al ser evaluadas por la escala Likert En esta parte manejaremos 3 aglutinantes (garbanzo, lenteja, soja) a 3 concentraciones diferentes cada una (10%, 15%, 20%) evaluadas en dos diferentes temperaturas (60°C, 90°C).

Garbanzo

Concentración de 10% = G10

Concentración de 15% = G15

Concentración de 20% = G20

Lenteja

Concentración de 10% = L10

Concentración de 15% = L15

Concentración de 20% = L20

Soja

Concentración de 10% = S10

Concentración de 15% = S15

Concentración de 20% = S20

Las temperaturas que se utilizaran son 60°C y 90°C, se representaran de esta manera 60 y 90. Con estas formulaciones establecidas se obtendrán un total de 18 unidades experimentales, las cuales se explican en la siguiente tabla.

Tabla 2

Formulación del alimento tipo loncha a base de Orellana.

AGLUTINANTES					
G10 – 60	G10 – 90	L10 – 60	L10 – 90	S10 – 60	S10 – 90
G15 – 60 G	15 – 90	L15 – 60 L	15 – 90 S	15 – 60 S	15 – 90
G20 – 60	G20 – 90	L20 – 60	L20 – 90	S20 – 60	S20 – 90

3. Resultados

Tabla 3

Calificación de las muestras de Orellana con temperaturas de 60°C.

Muestras	Calificación según escala Likert	Descripción	Figura
L – 10 – 60	5	Esta muestra presenta una alta humedad lo cual hacía que perdiera su forma original, presentaba un color café en su interior, aunque en su parte exterior el color se asemeja al marrón oscuro	
L – 15 – 60	1	Al momento de cortarla se mostraba compacta pero su interior se encontraba húmedo y blando, aunque esta muestra tenía el mismo tono de color en su interior y exterior (rojizo- marrón	
L – 20 – 60	9	La muestra no se desarmo, no presentaba una alta humedad y se encontraba compacta, con el mismo color de la concentración anterior, aunque un poco más fuerte en su interior.	
G – 10 – 60	3	En esta muestra es compacta, manteniendo su forma, pero se cuartea al momento de manipularla, se encuentra un poco húmeda y sus características no son acordes a las de un alimento	

G- 15 - 60	9	La muestra no se desarmó al cortarla, mantuvo su forma original, y un color marrón claro tanto en su interior como en su exterior, cabe resaltar que sigue estando un poco húmeda.	
G- 20 - 60	2	Esta formulación se encontró muy seca, lo cual hace que se quebrante al momento de proceder a cortarla, haciendo observar una separación de las capas internas y presenta un color marrón oscuro uniforme.	
S - 10 - 60	1	Esta muestra presenta un color bastante oscuro en comparación a todas las muestras, se observa una alta humedad lo que hace que se desarme muy fácilmente perdiendo su estructura original haciendo imposible el corte de la misma.	
S - 15 - 60	3	Al proceder a cortar la muestra se puede observar que sea un poco seca lo que hace que se desarme y pierda toda su estructura, cabe resaltar que esta presenta un color marrón claro en su parte interior y exterior.	
S - 20 - 60	8	Su textura es compacta y se asemeja a las características de un alimento de este tipo, aunque la muestra se cuartea al someterla a presiones altas, cabe resaltar que su color es marrón oscuro.	

Tabla 4

Calificación de las Muestras Orellana tipo loncha a 90°C.

Muestras	Calificación según escala Likert	Descripción	Figura
L – 10 – 90	4	Esta muestra presenta una textura blanda lo que hace que pierda su forma y estructura interna, haciendo de esta que en el proceso de corteado se desarme, el color que presenta es un marrón claro interno y externo	
L – 15 – 90	4	El color de esta muestra es el más claro de las 3 concentraciones, aunque por su contenido de humedad no es uniforme haciendo que esta pierda su estructura por la textura blanda que posee.	
L – 20 – 90	5	La muestra se encuentra seca y se cuartea pero no como en la anterior formulación, aunque se sigue desarmando haciendo que su forma original se pierda.	
G – 10 – 90	1	Con esta concentración la muestra presenta unas características incorrectas, se encuentra demasiado húmeda en el exterior e interior, ya que esta presenta una humedad alta y una textura blanda y desuniforme.	
G – 15 – 90	2	En esta muestra se observa que la consistencia de la misma es consistente, aunque al momento de dividirla se cuartea muy fácilmente, esta no mantiene su forma y presenta un color marrón claro desde su parte interna a la externa.	

G- 20 – 90	4	La corteza de esta es muy rígida, aunque en su parte interior se encuentra una textura blanda lo que hace que pierda su forma original, de igual forma que la muestra anterior presenta un color marrón claro desde el interior a su exterior.	
S – 10 – 90	2	Esta muestra resultó ser muy similar a la de la formulación con la temperatura de 60°C, no tiene forma alguna ya que resulta muy difícil su corte por su alta humedad	
S – 15 – 90	2	La muestra no es compacta, no posee una humedad alta pero tampoco es ideal para un producto tipo loncha, ya que perdió su estructura muy fácilmente, su color se asemeja a un marrón oscuro.	
S – 20 – 90	3	Su apariencia y textura era estable hasta el momento de proceder a cortarla, y a que su corteza es rígida, pero en su parte interior tiende a partirse muy fácilmente por la humedad que esta tiene. se resalta de esta muestra un tono más claro que la anterior	

4. Discusión

A partir de los resultados obtenidos con las 18 formulaciones del alimento tipo loncha a base de Orellana y de tres distintos aglutinantes (garbanzo, lenteja y soja) se logró determinar por medio de la escala Likert la cual fue evaluada por los autores debido a la situación sanitaria mundial que se presenta en el año 2020, de modo que se tenía la idea de realizar la actividad de un censo con una población muestral de 50 personas; las formulaciones aceptadas y mejor calificadas son las de L-20-60, G-15-60 Y S-20-60 fueron las muestras que sostuvieron las características predeterminadas de un producto hecho en base a proteína de

de origen animal que ya se encuentra establecido en el mercado, esto según la anterior información suministrada en la literatura. En esta escala se evaluaron factores como la textura, color, forma, dureza y consistencia del producto en comparación de un producto tipo loncha a base de proteína de res, se menciona que debe cumplir con las características organolépticas según afirma Icardi (2015) La coloración y aspecto acorde es el rojo al rojo púrpura en la parte magra y de aspecto brillante, también deber ser homogéneo al corte de sabor delicado, poco salado y de aroma agradable y característico. La textura, homogénea, poco fibrosa y sin pastosidad ni reblandecimiento.

5. Conclusiones.

La mejor formulación del embutido vegetariano tipo loncha por tener menor contenido de carbohidratos fue L-20-60, S-20-60 ya que sus valores fueron de 19,4 Y 19,7 respectivamente para cada formulación además de obtener una textura adecuada en el producto final.

Se optó por el empleo de los aglutinantes en un estado en polvo (harina) para obtener una mejor consistencia en cada formulación del embutido con el fin de mejorar la textura y apariencia.

El contenido de proteína del alimento tipo loncha a base de Orellana y Soja al 20% de concentración es superior al contenido promedio de los embutidos cárnicos (12.6%).

Mediante los resultados finales del análisis fisicoquímico de cada formulación se determinó que la muestra S-20-60 tuvo las mejores características organolépticas y fisicoquímicas en base a su composición y valor nutricional de macronutrientes del embutido, obteniéndose los siguientes porcentajes: 19.7 % de carbohidratos, 3.7% de ceniza, 4,58% de fibra, 1,4% de grasa, 22,23 % de proteína.

Se determinó que al utilizar un 20% del aglutinante proporciona una mejor textura final, de acuerdo a los parámetros del análisis sensorial evaluado con la escala Likert.

El contenido de grasa del alimento tipo loncha a base de Orellana y Soja al 20% de concentración es notablemente menor al contenido promedio de los embutidos cárnicos (22.3 %) debido al uso de este aglutinante y de este tipo de hongo.

Referencias

- Cardi, L. 2015. Características de los embutidos. España. p.1.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) 2011. Día Mundial del Agua. USA.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) 2009. Cumbre Mundial Sobre la Alimentación. Roma. Italia. p.3.
- Ferrer, F. 2016. Comida vegana. España.p.1.
- Guevara, J. 2014. Elaboración de embutidos vegetarianos con quinua. Ecuador. p. 36.
- Ministerio de Salud de Colombia. Resolución 05109 de 2005. Colombia. p.7.
- Rodríguez, P. Ávila, J. 2013. Informe sobre legumbres, nutrición y salud, Madrid-España. p.9.



SENNOVA

Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación

