

OPORTUNIDADES DE DESARROLLO PARA EL SECTOR AGROPECUARIO



Editores.
Daldo Ricardo Araujo Vidal y Javier Vanegas

Centro Agroempresarial y Acuícola - SENA Regional
Guajira

ISBN 978-958-15-0447-3

Oportunidades de Desarrollo Para el Sector Agropecuario.

Primera Edición, 2018

Editorial

SERVICIO NACIONAL DE
APRENDIZAJE - SENA Bogotá
(978-958-15)

ISBN: 978-958-15-0447-3

Centro Agroempresarial y Acuícola -
SENA Regional Guajira.
Fonseca, La Guajira
Kilómetro 1 salida a Barrancas
<http://sena-caa.blogspot.com/>



Atribución - Sin Derivar - No Comercial

Esta Obra deberá ser citada del siguiente modo:

Autores del Capítulo (2018). Nombre del Capítulo. En Araujo-Vidal D.R y Vanegas J. 2018. Oportunidades de Desarrollo para el Sector Agropecuario. Bogotá, Colombia.



Catalogación en la publicación. SENA Sistema de Bibliotecas

Oportunidades de desarrollo para el sector agropecuario / editores, Daldo Ricardo Araujo Vidal y Javier Vanegas. -- Primera edición. -- Fonseca, La Guajira : SENA. Centro Agroempresarial y Acuícola, 2018.

1 recurso en línea (137 páginas) : PDF

Bibliografía al final de cada capítulo.

Contenido: Evaluación de Dietas para Levante de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*) -- El color azul de la cáscara del huevo en la gallina criolla colombiana no es debido a la inserción EAV-HP en el Gen SLCO1B3 -- Impacto de la zoometría en la eficiencia productiva y reproductiva de la oveja criolla Colombiana -- Diversidad de microalgas presentes en el sistema de tratamiento de agua residual de Uribía, La Guajira -- Materias Primas Ancestrales Wayüü, una alternativa para el desarrollo de una bebida con identidad cultural.

ISBN 978-958-15-0447-3

1. Biotecnología--Fonseca (La Guajira, Colombia--Investigaciones 2. Innovaciones agrícolas--Fonseca (La Guajira, Colombia--Investigaciones I. Araujo Vidal, Daldo Ricardo, editor II. Vanegas, Javier, editor III. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA)

CDD: 660.6

OPORTUNIDADES DE DESARROLLO PARA EL SECTOR AGROPECUARIO

Editores.

Daldo Ricardo Araujo Vidal y Javier Vanegas

Centro Agroempresarial y Acuícola - SENA Regional
Guajira

PRESENTACIÓN DEL LIBRO

El Caribe continental presenta complejas problemáticas que diversos grupos de investigación abordan de forma creativa para obtener resultados de interés para diversos sectores como el agropecuario. El libro “*Oportunidades de Desarrollo para el Sector Agropecuario*” presenta dos grandes capítulos que responden a problemáticas socio-económicas de la región desde áreas del conocimiento científico como la biología, microbiología, química, ciencias agropecuarias y ambientales. El primer capítulo de *Producción Agropecuaria* plantea diversas estrategias para aumentar la producción del sector agropecuario de forma sostenible como es el uso de microalgas como alternativa para desarrollar alimentos para especies acuícolas, evaluación de dietas para el levante de cachama negra, la producción de forraje verde acuapónico de maíz, resultados de tratamiento con microorganismos eficientes para la producción de compost, avances en el estudio molecular del fenotipo del huevo de gallina criolla colombiana, el impacto de la zoometría en la eficiencia productiva y reproductiva de la oveja criolla colombiana y el estudios de remediación de aguas con nanopartículas y microalgas. El capítulo de *Bebidas Alimenticias* está conformado por dos proyectos que muestran el uso de materias primas ancestrales Wayüü para la elaboración de un producto de importancia cultural y fines comerciales. Igualmente, se presenta la evaluación de formulaciones nutraceuticas alimenticias para la elaboración de un producto alimenticio. La difusión de los resultados de investigación es importante para el avance de la región y del país. Se debe seguir trabajando desde cualquier escenario en el fortalecimiento continuo del conocimiento, logrando así que éste sea cada vez más claro y transferible.

AGRADECIMIENTOS.

Los autores agradecemos al SENA, la Universidad Antonio Nariño, la Universidad Jorge Tadeo Lozano, la Universidad Popular del Cesar y la Universidad de Militar Nueva Granada. Igualmente, a los evaluadores del libro que enriquecieron esta obra.

CUERPO DIRECTIVO

Director Nacional
Carlos Mario Estrada Molina

Coordinador Grupo de Investigación, Innovación y Producción Académica
Emilio Eliecer Navia Zúñiga

Directora Regional
Linda de Jesús Tromp Villareal

Subdirector Centro Agroempresarial y Acuícola
Ángel María Maestre Peralta

Coordinador Académica Centro Agroempresarial y Acuícola
Javier Antonio Carillo Pinto

Líder Sistema de Investigación, Desarrollo tecnológico e Innovación SENNOVA
Daldo Ricardo Araujo Vidal

TABLA DE CONTENIDO

1. Microalgas: Alternativa Para Desarrollar Alimentos Para Especies Acuícolas del Centro Agroempresarial y Acuícola Regional Guajira.....	5
2. Evaluación de Dietas para Levante de Cachama Negra (<i>Colossoma macropomum</i>) (Cuvier, 1818)	16
3. Producción de Forraje Verde Acuapónico de Maíz (<i>Zea mays</i>) con Solución Nutritiva del Sistema Acuaponia del Centro Agroempresarial y Acuícola, sede Fonseca.....	26
4. Evaluación del Tratamiento con Microorganismos Eficientes para la Producción de Compost, en el Centro Agroempresarial y Acuícola	40
5. El Color Azul de la Cáscara del Huevo en la Gallina Criolla Colombiana no es Debido a la Inserción EAV-HP en el Gen SLCO1B3.....	53
6. Impacto de la Zoometría en la Eficiencia Productiva y Reproductiva de la Oveja Criolla Colombiana.	62
7. Obtención de Nanopartículas de Hierro Zero Valente para Remediación de Vertimientos de Procesos Industriales	71
8. Diversidad de Microalgas Presentes en el Sistema de Tratamiento de Agua Residual De Uribía, La Guajira	79
9. Materias Primas Ancestrales Wayüü, Una Alternativa para el Desarrollo de Una Bebida con Identidad Cultural	92
10. Formulaciones Nutraceuticas Alimenticias para Estilos de Vida Saludables	100



Microalgas: Alternativa Para Desarrollar Alimentos Para Especies Acuícolas del Centro Agroempresarial y Acuícola Regional Guajira

**Katerine Yaneth Liñan Montero
Daldo Ricardo Araujo Vidal
Libeth Jaimes Gonzales
Robín José Buelvas Hernández**

1. Microalgas: Alternativa Para Desarrollar Alimentos Para Especies Acuícolas del Centro Agroempresarial y Acuícola Regional Guajira

Microalgae: Alternative to Develop Food for Aquaculture Species of the Guajira Regional Agribusiness and Aquaculture Center

Katerine Yaneth Liñán Montero, Centro Agroempresarial y Acuícola Regional Guajira, Fonseca
Daldo Ricardo Araujo Vidal, Centro Agroempresarial y Acuícola Regional Guajira, Fonseca
Libeth Jaimes Gonzales, Centro Agroempresarial y Acuícola Regional Guajira, Fonseca
Robín José Buelvas Hernández, Centro Agroempresarial y Acuícola Regional Guajira, Fonseca

RESUMEN

Los alimentos concentrados para organismos acuáticos elaborados en Colombia, utilizan en forma preponderante a la harina de pescado como materia prima proteica, la disponibilidad de harina de pescado depende de las capturas, además de que un importante porcentaje de la pesca de especies usadas para la elaboración de la harina de pescado es destinado para el consumo humano. Las harinas derivadas de microalgas pueden ser una alternativa potencial a la harina de pescado, ya que poseen un alto contenido proteico, son una fuente de alimento natural de numerosas especies marinas, contienen niveles altos de ácidos grasos poliinsaturados, aminoácidos, vitaminas y minerales, y son una excelente fuente de pigmentos naturales. Este proyecto busca desarrollar cultivos de microalgas para producir alimento para especies Acuícolas del centro Agroempresarial y Acuícola el cual beneficiaría a 3120 aprendices y 152 instructores de la regional guajira en los programas de Construcción y Planificación de Infraestructuras de Cultivos Acuícolas, Cultivo de Peces, Técnico en Producción Acuícola, e indirectamente a los programas de la Red Tecnologías de Producción Acuícola. Para ello se llevó a cabo un diseño experimental en el cual se caracterizaron las especies de microalgas usadas en la alimentación acuícola por medio de un aislamiento en medios de cultivo Zarrouck y Basal Bold el cual les permitiera el desarrollo de biomasa microalgal para poder realizar las diversas formulaciones y elaboraciones de dietas a partir de microalgas. Hasta el momento se han aislados diversas especies de microalgas como *Chlorella sp.*, *Scenedesmus acutus*, *Scenedesmus obliquus*, *Arthrospira platensis*, *Arthrospira maxima*.

PALABRAS CLAVES: Microalgas, Alimentación, Acuicultura, Cultivos, Fuente proteica.

ABSTRAC

Concentrated foods for aquatic organisms elaborated in Colombia; use predominantly fishmeal as protein raw material. The availability of fishmeal depends basically on the catches, and a significant percentage of the fish used for fishmeal production is currently destined for human consumption. Flours derived from microalgae can be a potential alternative to fishmeal, since they have a high protein content, are the source of natural food for many marine species, contain high levels of polyunsaturated fatty acids, amino acids, vitamins and minerals, and they are an excellent source of natural pigments (Spolaore et al., 2006); this is why this project seeks to evaluate and develop microalgae crops to produce food for Aquaculture species from the Agribusiness and Aquiculture center, which directly benefits 3120 apprentices, 152 instructors from the Guajira regional

in the programs of construction and planning of aquaculture culture infrastructures, fish farming, aquaculture production technician, and indirectly to aquaculture production technologies network programs, for this an experimental design was carried out in which the microalgae species used in aquaculture feeding were characterized by means of a Isolation in Zarrouck and Basal Bold culture media, which allowed them to develop microalgal biomass in order to make the different formulations and elaborations of diets from microalgae. So far, several species of microalgae have been isolated, such as *Chlorella sp*, *Scenedesmus acutus*, *Scenedesmus obliquus*, *Arthrospira platensis*, *Arthrospira maxima*.

KEYWORDS: Microalgae, Food, Aquaculture, Crops, Protein source.

INTRODUCCIÓN

El alto costo de la materia prima para elaborar alimento para peces, la reducción de la productividad, competitividad y sostenibilidad de la cadena acuícola en la Guajira debido a condiciones ambientales extremas, poca disponibilidad de agua para los sistemas de cultivos tradicionales de tilapia roja (*Oreochomis sp*), devaluación del peso frente al dólar para las importaciones de materia prima; ha ocasionado una disminución en la producción piscícola lo que ha llevado al incremento de los índices de inseguridad alimentaria en el departamento, mortalidad infantil y desnutrición con especial incidencia en las comunidades indígenas por el poco consumo de pescado en su alimentación; debido a los nutrientes que aportan este alimento que es necesario en la alimentación infantil.

La necesidad de contribuir con la seguridad alimentaria requiere que nuestros actuales sistemas pecuarios avancen en la implementación de nuevas estrategias productivas que permitan optimizar el uso de recursos. Uno de los principales enfoques en los procesos de investigación y desarrollo productivo debe encaminarse hacia la nutrición, ya que de esta se derivan diversos factores que impiden mayor productividad y por ende el ingreso de mayores beneficios económicos para los productores, entre estos: La fuente y calidad de los alimentos utilizados como materia prima, los cuales inciden sobre el desarrollo óptimo de la especie dado que al ser incluidos en las dieta en proporciones inadecuadas traen como consecuencia un alto grado de heterogeneidad en los pesos y longitudes finales, en particular durante la etapa de alevinaje.

La elaboración de alimentos para peces debe cumplir diferentes requisitos que aseguren su calidad, entre ellos los ingredientes utilizados, la formulación de las dietas y los métodos de procesamiento empleados, señalan que el tipo de ingrediente y su nivel influirán de gran manera sobre la composición nutricional del alimento, la formulación debe estar acorde con los requerimientos nutricionales de las especies a alimentar. Por último el procesamiento empleado podría afectar las características físicas y químicas del alimento, entre ellos estabilidad en el agua, forma y tamaño, palatabilidad y disponibilidad de nutrientes. (Landines & Rodríguez, 2011).

Existen muchos recursos nutricionales que pueden ser utilizados en la producción piscícola. Sin embargo, en algunos casos estos no generan los resultados esperados ya que no se cuenta con un sustento teórico para su uso, esto radica en el desconocimiento de muchos productores hacia los nuevos recursos tecnológicos y cómo deben ser manipulados para la obtención de mayores beneficios económicos. Dadas estas referencias, y partiendo de la idea de incluir nuevas fuentes de alimento, se planteó el uso de la Espirulina (*S. maxima*), dado su valor nutricional y fácil producción, pueden

convertirse en una herramienta capaz de mejorar los índices productivos de manera rentable y sostenible. Esta microalga verde-azul perteneciente al grupo de las cianobacterias, fue descubierta en aguas cálidas originarias de lagos volcánicos, es una fuente rica en proteína con un perfil de aminoácidos bastante aceptable, a su vez contiene vitaminas importantes como A1, B1, B2, B6, B12. Además es una fuente natural con altos niveles de vitaminas C y E, está catalogada por la FAO como el alimento ideal del mañana por sus funciones purificadora, restablecedora y fortalecedora (Strohmeyer 2011).

Teniendo en cuenta las bondades nutricionales de las microalgas, este proyecto busca evaluar y desarrollar cultivos de microalgas para producir alimento para especies Acuícolas del centro Agroempresarial y Acuícola, Sena Fonseca La Guajira, a través de la caracterización de especies de microalgas para la elaboración del alimento y obtención de aceites esenciales, obtención de biomasa y aceites esenciales de las microalgas, formulación y elaboración de dietas a partir de microalgas y la caracterización bromatológica y microbiológica del alimento a base de microalgas.

FUNDAMENTO TEÓRICO.

Las microalgas de agua dulce han sido estudiadas desde diferentes perspectivas. En términos ecológicos, estos microorganismos contribuyen con valores entre 40% al 50% del oxígeno en la atmósfera, así como también se consideran una fuente de carbono fósil y de gas natural. Es posible encontrarlas en una gran variedad de hábitats como: suelo, agua, charcos temporales y hasta ambientes extremos como aguas termales o sulfurosas. En ambientes marinos, las microalgas, se convierten en la fuente primaria de nutrientes, por lo que se les considera la base de la cadena alimenticia. Taxonómicamente y debido a la gran diversidad de formas que presentan las microalgas, su clasificación varía según el autor. En general, es posible encontrar los siguientes grupos: Chlorophyta (algas verdes), Phaeophyta (algas pardas y Rhodophyta (algas rojas). Un caso particular son las cianobacterias, que algunos autores clasifican como bacterias. Pese a ello, las características particulares de cada grupo de microalgas, sobre todo están relacionadas con la presencia de pigmentos y en menor medida, debido a su estructura.

Las microalgas son organismos que han despertado un gran interés científico en las últimas décadas, debido a su potencial biotecnológico y comercial, ya que son una fuente importante de una amplia gama de compuestos químicos, pigmentos, aceites, polisacáridos y a la vez, son útiles para el tratamiento de aguas residuales, entre otras aplicaciones (Martínez *et al.*, 2005). En la actualidad, la investigación referente a este grupo de organismos, está relacionada con la producción de biomasa para la extracción de metabolitos secundarios, pero también su uso se extiende hacia la producción de alimento para animales y biofertilizantes, en particular en cultivos de interés agronómico. Sumado a esto, en los últimos años, varias especies han sido estudiadas con mayor detenimiento con el fin de producir energía con emisiones bajas en dióxido de carbono. Los ecosistemas artificiales como los estanques de tilapia, representan sitios productivos estables, en donde es posible encontrar diferentes especies de microalgas debido a las características químicas del agua. La presencia de microalgas en estos sitios ha sido poco estudiada a pesar de la importancia que estos microorganismos tienen para el ambiente y la industria.

Dentro de las especies microalgales con gran relevancia en biotecnología se encuentra el género *Chlorella* (Chlorophyta: alga verde). Este género se caracteriza por ser

cosmopolita con células globulares (3 - 8 μm de diámetro), que toleran temperaturas entre los 15 a 40°C. Sumado a esto, se puede decir que esta especie cuenta con un futuro promisorio en la obtención de productos valiosos derivados de su biomasa. En especial *Chlorella vulgaris*, es utilizada en la producción de biomasa con aplicaciones en áreas como la producción de alimentos, fármacos y suplementos alimenticios. Otra alga verde investigada, se puede encontrar en lagos, pozas y ríos es del género *Scenedesmus*. Este se caracteriza por ser un género colonial que forma líneas de células paralelas, presenta células elipsoidales u ovoides y tiene un cloroplasto parietal con un pirenoide.

La *Spirulina maxima* es una cianobacteria considerada una microalga por su estructura multicelular y filamentosa de color verde- azul. Se considera como un tricoma helicoidal de forma cilíndrica e inmóvil, cuya reproducción se realiza por ruptura intracelular. Su talla oscila entre 13 y 25 micras, Esta materia prima ha conseguido gran popularidad en la industria de los alimentos reconocidos por sus inmejorables propiedades para la salud y la nutrición tanto humana como animal. La *Spirulina* se ha utilizado como ingrediente de dietas complementarias en la cría de peces, camarones, pollo de engorde, y en mayor medida como un suplemento proteico y vitamínico en concentrados para especies acuícolas. En China esta microalga es utilizada como un sustituto parcial de forraje importado para promover el crecimiento, la inmunidad y la viabilidad en la cría de camarón. También ha tenido una extensa investigación en su utilización en la acuicultura en Japón (Habib & Parvin, 2008). El efecto positivo del aditivo utilizado disminuyó el nivel de colesterol y grasa y también mejoró el metabolismo lípido de los peces. Se considera el alimento ideal del mañana dadas sus tres propiedades fundamentales: Purificadora: Por su acción estimulante en la limpieza del sistema cardiovascular. Restablecedora: Compensa las carencias nutricionales y mejora el sistema digestivo. Fortalecedora: Por su acción sobre el sistema inmune.

Todas estas propiedades conducen a plantear que este recurso alimenticio podría tener propiedades nutracéuticas para los animales. Por otro lado, esta potencial fuente de alimento contiene una gran variedad de minerales, 62% de aminoácidos y lo más importante, contiene todos los ácidos grasos esenciales y ocho aminoácidos necesarios para una nutrición completa (Strohmeyer, 2011), generando importantes resultados mediante su aplicación como parte de la dieta de diversas especies de interés zootécnico.

Se ha implementado fuentes alternativas de origen vegetal para reemplazar la harina de pescado como principal fuente de proteína. Hernandez & Hernandez (2012) evaluaron la sustitución completa de harina de pescado por la mezcla de *Spirulina* y soya, encontrando una respuesta favorable con inclusiones del 75 y 25% respectivamente, dado que el crecimiento no fue afectado en relación a la dieta comercial, incluso observaron una respuesta favorable con niveles inferiores de fósforo disuelto y en heces. Ahmadzade & Nazer (2011) determinaron que la inclusión de diferentes niveles de soya 20, 40, 60 y 80% mezclada con *Spirulina* como suplemento, incrementa de manera notoria la ganancia de peso, aumenta el consumo, y disminuye la conversión alimenticia en ejemplares de trucha arco iris. La inclusión de un 15% de harina de haba en reemplazo de harina de pescado, no genera una respuesta diferente a la dieta control en parámetros como ganancia de peso y tasa de crecimiento específico (Pokniak, 2007). Después de 90 días de ensayo, los indicadores productivos no fueron modificados ($p < 0,05$) por la presencia de la harina de *Spirulina* en las dietas, como tampoco lo fueron la mortalidad y el ácido úrico circulante.

METODOLOGÍA

Tipo de estudio: El estudio realizado es una investigación aplicada y se clasifica como experimental

Localización: Unidad Acuícola del centro Agroempresarial y Acuícola, Sena Regional Guajira ubicada en Fonseca La Guajira.

Muestra: Estanques de la Unidad Acuícola del centro Agroempresarial y Acuícola con cultivo de Tilapia.

Procedimiento: Para la identificación y aislamiento se utilizarán cepas de microalgas del Laboratorio de Control de Alimentos y se masificarán utilizando medios de cultivo de enriquecimiento Zarrouck para *Spirulina* y Basal Bold para *Chlorella sp* en un sistema abierto (receways con condiciones de cultivos controladas).

Tratamientos: para la formulación de las dietas se emplearán dos microalgas: la *Spirulina platensis* y *Chlorella vulgaris* cada uno de ellas se aplicarán por separado en concentraciones del 10%, 20% y 30% de la biomasa microalgal.

Caracterización Bromatológica del alimento: se realizarán análisis de materia seca utilizando el Método Gravimétrico IGAC, Sexta edición, 2006, análisis de lípidos totales y digestibles por el Método Soxleth NTC 3362/2005; análisis de proteína por el método Kjeldhal clásico o Kjeldhal modificado. Semi-Micro-Kjeldhal y Destilación - Volumétrico, SM 4500-NOrg C, 4500-NH3 B, C

Caracterización Microbiológica del alimento: se realizarán los análisis de Coliformes Totales y fecales por la NTC 4458/2007 Recuento en Placa, análisis de Aerobios mesófilos por la NTC 4519/ 2009 Recuento en Placa, análisis de *Staphylococcus aureus* por la NTC 4779/2007 Recuento en Placa, análisis de Mohos y Levadura por la NTC 4132/2006 Recuento en Placa.

RESULTADOS

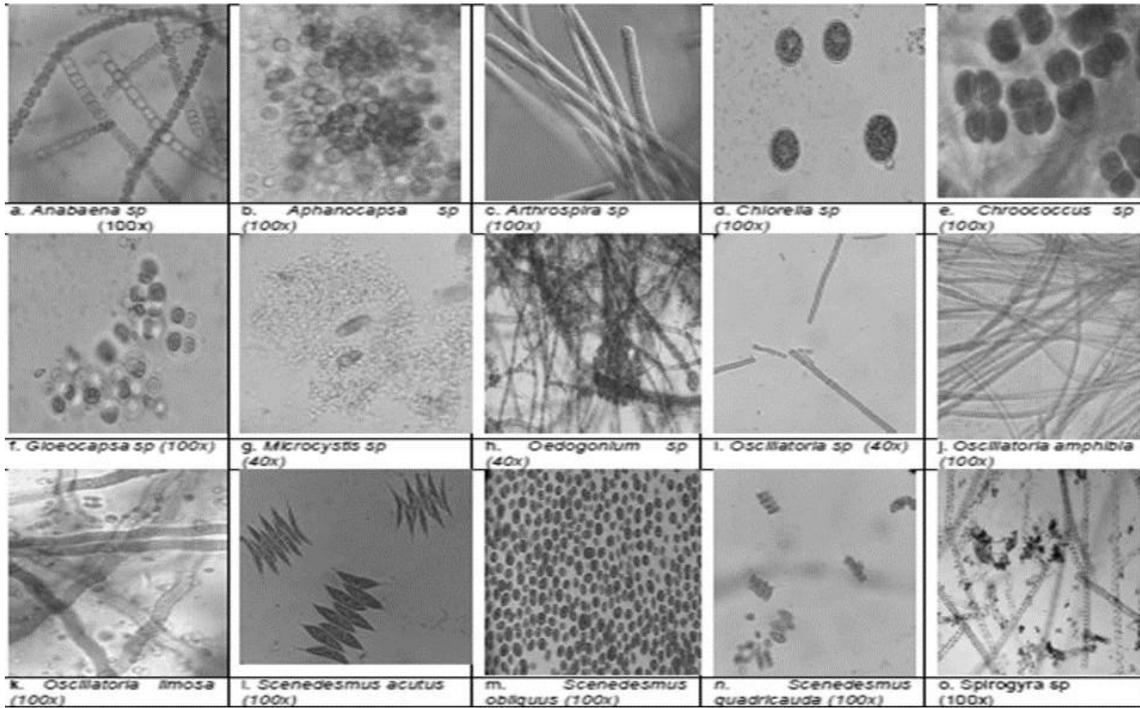


Figura. 1. Identificación de microalgas del cepario del Laboratorio de Control de Calidad de Alimentos.

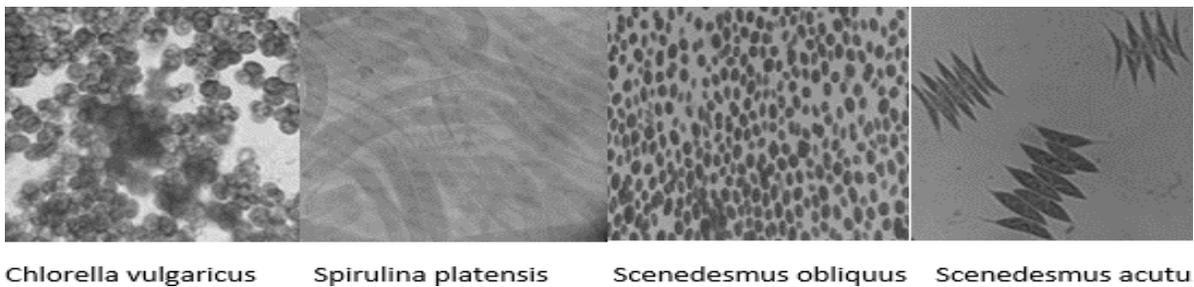


Figura 2. Especies de Microalgas usadas para alimentación acuícola

Tabla 3. Caracterización de Microalgas usadas para alimentación acuícola.

MORFOLOGIA	HÁBITAT	CONDICIONES DE CULTIVO	USOS
<i>Spirulina platensis</i>			
Cianobacteria filamentosa de forma espiral(tricomas) y una fina membrana externa mucilaginosa llamada vaina. El grosor del tricomas varían de 6 a 12 μm y está compuesta por células cilíndricas.	Lagos tropicales y subtropicales alcalinos ricos en carbonato y bicarbonato. algunas se encuentran presentes en cuerpos de agua dulce como ríos, manantiales y estanques	Medio de cultivo: Zarrouk Temperatura: 35-75°C pH: 8-11 Fotoperiodo : 12/12 Agitación 2-4 veces por día Aireación constante	Ayuda a luchar contra la Malnutrición, desnutrición y las deficiencias de proteínas, como la enfermedad Kwashiorkor: Es una fuente de hierro con altos niveles de absorción. Fuente de pigmentos naturales, vitaminas y ácidos grasos
<i>Chlorella vulgaricus</i>			
Células pequeñas, verdes, esféricas de 2-12 μm de diámetro, aisladas o formando colonias flojas con forma irregular. Las células de Chlorella se forma por división interna de la célula madre en 4 a 8 células hijas, que después se liberan	Suelo y agua dulce pero algunas especies, las más pequeñas se pueden encontrar formando parte del fitoplancton y como endosimbiontes en invertebrado, esponjas de agua dulce y ciliados	Medio cultivo: Bristol, BBM, Medio Guillard F/2 Temperatura: 25 – 30°C (Barsanti, 2006). PH: 7-7.5 Fotoperiodo: 12/12 Aeración constante: contenido de 0.33% de CO ₂ (Tratamiento de agua potable y residual Producción de lípidos Alimentación animal
<i>Scenedesmus obliquus</i>			
Es una pequeña alga verde colonial no móvil constituida por células alineadas en una placa plana. Las células ordinarias tienen 2-4/x de ancho, por 8-16/* de longitud. Las auto colonias tienen 4-6/a. de anchura	Agua dulce y suelos	Medio de cultivo: medio f/2 (Guillard, 1962) Temperatura: 26 \pm 1 °C pH: 6.8 Fotoperiodo: 14:10h intensidad de luz de 75 μmol fotón m-x s Aireación constante.	Industrias de alimentos balanceados para animales tratamiento de aguas residuales Producción de biodiesel Altos niveles de amonio en efluente de digestión anaerobia

Scenedesmus acutus

Células ovoides, fusiformes, rectas, alargadas y inclinadas en forma de S, curvadas terminadas en punta; 13.5 a 22.5 µm de longitud, 3.5 a 7.0 µm de diámetro; de manera solitaria	Agua dulce	Medio de cultivo: medio Bristol medio BBM Temperatura: 24 ± 2°C pH:6.7 Fotoperiodo: 16:8 h intensidad de luz de entre 13.22 y 44.09 µmol/m ² / s Aireación constante	Remoción de cromo en aguas de curtiembre Remoción de níquel en industrias Galvanizadas Fuente de alimento en la industria de piscicultura
--	------------	---	---

CONCLUSIONES

Hasta el momento solo se ha logrado caracterizar las especies de Microalgas usadas en la alimentación acuícola, siendo la *Spirulina platensis* y la *Chlorella vulgaris* las más usadas para la elaboración de alimentos para especies acuícolas gracias a su aporte proteico.

BIBLIOGRAFÍA

- AHMADZADE, Y., & NAZER, K. (2011). Effect of replacing different levels of Soybean meal with Spirulina on performance in Rainbow Trout. En: Annals of Biological Research (artículo en línea). (2011), vol 2 (3) pp 374-379. Recuperado el 12 de Noviembre de 2018, disponible en: <http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html>
- HABIB, M., & PARVIN, M. (2008). A review on culture, production and use of Spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish. En: FAO. Rome (2008), 33 pp.
- HERNANDEZ, G., & HERNANDEZ, L. (2012). Effects of total replacement of fishmeal with spirulina powder and soybean meal on juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). En: The Israeli Journal of Aquaculture (artículo en línea). (2012) pg 1-8. Consultado el 11 de Noviembre de 2018, disponible en: <http://www.aquaculturehub.org>.
- LANDINES, M., & RODRIGUEZ, L. (2011). Estrategias de alimentación para cachama y yamú a partir de prácticas de restricción alimenticia. 1 ed. Bogota: Acuioriente, 47 p.
- Martínez, V., A. Pellón, E. Pérez, O. Correa, R. Escobedo, Y. Madruga, A. Oña & Arencibia, R. (2005). Producción de biomasa de *Scenedesmus obliquus* en diferentes medios de cultivo. Rev. CENIC, Ciencias Biológicas. Vol. 36.Nº Especial: 1-7.
- POKNIAK, J. (2007). Incorporación de espirulina (*Spirulina maxima*) en dietas para alevines de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). En Avances en Ciencias Veterinarias (artículo en línea). (2007) vol 22, pp. 37-41. Consultado el 12 de Noviembre de 2018, disponible en: <http://www.avancesveterinaria.uchile.cl/index.php/ACV/article/viewFile/911/797>.

STROHMEYER, C. (2011). Spirulina algae; The aquatic health benefits for tropical, marine and goldfish. American aquarium. consultado el 10 de Noviembre de 2018, de <http://www.americanaquariumproducts.com/SpirulinaAlgae.html>

**Evaluación de Dietas para
Levante de Cachama Negra
(*Colossoma macropomum*)
(Cuvier, 1818)**



Yenifer Yuleidys Redondo Gómez

2. Evaluación de Dietas para Levante de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*) (Cuvier, 1818).

Evaluation of Diets for Levante of Cachama Negra (*Colossoma macropomum*) (Cuvier, 1818)

Yenifer Yuleidys Redondo Gómez, Universidad de La Guajira

RESUMEN

La presente investigación se refiere a la elaboración de un alimento como suplemento alimenticio alternativo de manera artesanal para la alimentación de cachama negra *Colossoma macropomum*, con la finalidad de que permita aprovechar algunos residuos orgánicos agroindustriales que sean propio de la región para formular una dieta balanceada en los peces y de la misma manera disminuya los costos de producción de estos animales. Puesto que el alimento comercial ha venido subiendo sus costos al pasar de los años a causa de la harina de pescado como insumo del ingrediente principal en el alimento, ya que en la industria acuícola depende mucho de esta y esto se debe a su alta concentración de proteína. Por lo que se ha buscado nueva fuente de proteína de origen vegetal utilizándose la harina de matarratón (*Gliricidia sepium*) y de origen animal la harina de sangre y como subproducto agroindustrial la melaza. En este sentido, el objetivo del estudio fue elaborar, evaluar y comparar el efecto de una dieta formulada a partir de harina de sangre, matarratón y melaza, con la dieta comercial y la dieta natural para el levante de cachama negra (*Colossoma macropomum*). El experimento se realizó por un lapso de 54 días, durante los cuales los peces fueron alimentados con las dietas elaboradas 4 veces al día en las primeras semanas y luego a 3 veces al día, teniendo en cuenta los datos obtenidos. De acuerdo a los análisis estadísticos demostraron que la comparación y efecto en el crecimiento por el promedio peso y talla de la Cachama Negra con respecto a las dietas, tuvo mejor resultado la dieta comercial con un peso de 69,484g y en talla 14,8 cm, seguido por la dieta alternativa con un peso promedio de 36,044 y en talla 12,8 cm y por último la dieta natural con un 18,97 g y en talla 10,5 cm. El análisis de costo entre la dieta comercial y el alternativo demostró que esta última ser más económica, valorando un bulto de 40 kg por \$ 30.000 a diferencia de la dieta comercial con un valor por bulto de 40 kg \$ 80.000.

PALABRAS CLAVES: *Colossoma macropomum*, alimento alternativo, *Gliricidia sepium*, harina de sangre, subproducto agroindustrial.

ABSTRAC

Research refers to the development of a food as a supplier of artisanal food services for the feeding of black cachama *Colossoma macropomum*, in order to obtain the benefits of the agro-industrial that are typical of the region to formulate a balanced diet in Fish and their life reduce the production costs of these animals. This information has become an important element in the feed, as well as in the aquaculture industry. The protein of the source of vegetable origin uses the flour of matarratón (*Gliricidia sepium*) and the animal origin the flour of blood and like byproduct agroindustrial the molasses. In this sense, the objective of the study was to elaborate, evaluate and compare the effect of a diet formulated from blood meal, matarratón and molasses, with the commercial diet and the natural diet for the black cachama levante (*Colossoma macropomum*). The experiment was carried out during a period of 54 days, during which the fish were fed the diets

prepared 4 times a day in the first weeks and then 3 times a day, taking into account the corresponding data. According to the statistical analysis. Demonstration of the comparison and the effect on the growth of the average weight and size of the Cachama. Continue with the alternative diet with an average weight of 36.044 and in size 12.8 cm and finally the natural diet with 18.97 g and size 10.5 cm. The analysis of cost between the commercial diet and the alternative one showed that the latter is more economical, evaluating one package of 40 kg for \$ 30,000 unlike the commercial diet with a value per package of 40 kg \$ 80,000.

KEYWORDS: *Colossoma macropomum*, alternative food, *Gliricidia sepium*, blood meal, agroindustrial byproduct.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura ha creado un impacto positivo en Colombia tanto en la costa norte como en el interior del país, debido a la gran diversidad de especies que nos ofrece este territorio, sus recursos y los ecosistemas que han permitido adelantar el cultivo de especies hidrobiológicas, estableciendo los cultivos en etapas como producción de alevinos, levante engorde y su debida comercialización (Parrado, 2012).

El desarrollo de las industrias acuícola se da a partir de los años 60 de ahí se ve reconocida como un medio de seguridad alimentaria a nivel mundial y se da la necesidad de requerir un aumento en su demanda y la generación de empleo (Parrado, 2012). Sin embargo, también se convierte en una oportunidad de supervivencia de las poblaciones debido a la falta de alternativas de alimento barato y de alta calidad. No hay duda alguna de que el rubro de la alimentación representa el mayor porcentaje de los costos variables de producción (Arbeláez, 2011).

A partir de estos inconvenientes inicia los estudios de los requerimientos nutricionales de las especies cultivables. Hoy día se han acumulado numerosas experiencias que se han venido mejorando la producción de los alimentos disponibles y de las técnicas de alimentación. Sin embargo, se debe tener en cuenta que las proteínas de origen animal son de mucho valor y que son todavía más valiosas las proteínas de los productos provenientes de la pesca, por lo que hace necesario identificar las oportunidades presentes en la acuicultura que posibiliten mitigar la pobreza, la inseguridad alimentaria y mejorar el suministro de productos pesqueros para la población de escasos recursos (Uzcátegui, 2014).

El trabajo de investigación tiene como propósito de evaluar la dieta para levante de Cachama Negra *Colossoma macropomum* conocer su desarrollo, cultivo, manejo y producción. Esta investigación se realizó en los estanques de la Unidad Acuícola de la Universidad de la Guajira, durante los cuales los peces fueron alimentados desde el principio hasta el final con dieta elaborada, ajustado a los datos obtenidos de la Tabla de alimentación.

Los insumos empleados para la elaboración de ese alimento fueron: harina de sangre, harina de matar ratón (*Gliricidia sepium*) y melaza, el producto obtenido se usaron como suplemento alimenticio alternativo conseguido en forma artesanal para la alimentación de la Cachama Negra; con este método se aprovechan algunos residuos orgánicos

agroindustriales propios de la región y se disminuyen los costos de producción en la etapa de levante en comparación al alimento comercial (complementario y/o concentrado).

FUNDAMENTO TEÓRICO

Biología de la Cachama Negra.

La cachama es un pez de comportamiento migratorio (reofílico) que se desplaza cantidades de kilómetros aguas arriba, en la época de verano en procura de mejores condiciones para su sobrevivencia, en condiciones naturales su madurez sexual lo alcanzan a partir de los 3 a 4 años edad y a la vez que se prepara para su reproducción de manera externa que se cumple cíclicamente cada año en la temporada de invierno, cuando baja con la crecida de los ríos en las épocas de lluvias van dejando sus huevos fertilizados en la margen de estos y en zonas recién inundadas, donde crecerán los alevines que permitirán mantener las poblaciones naturales o silvestres (Santamaría, 2014).

Hábito alimenticio de la Cachama Negra

Santamaría (2014) considera que este pez presenta un hábito alimenticio de tipo omnívoro y sus alimentos están conformados de frutas, flores y plancton, hierbas e insectos, presentando dientes adaptados para triturar frutos y semillas; encontrándose también en el contenido estomacal zooplancton e insectos acuáticos. Al igual que dietas artificiales y desperdicios de cocina (Pereyra, 2013), concentrado comercial, aunque también puede dársele en cultivo semillas, productos animales y entre otros desperdicios agroindustriales, como dieta suplementaria (Flores y Brown, 2010).

METODOLOGÍA

El presente trabajo es una investigación de tipo experimental donde los sujetos de estudio son individuos de la especie Cachama Negra, ubicados en números de estanques que presenta una dimensión de 300 m² cada uno tomando al azar 50 individuos de cada unidad experimental, donde se emplearon tres dietas: alimento alternativo, alimento natural y alimento comercial. Cada uno de los estanques recibió un tipo de alimento diferente distribuidos de la siguiente manera: estanque uno, alimento alternativo, estanque dos alimento comercial y el estanque tres alimento natural.

Se monitoreo los parámetros fisicoquímicos del agua y el crecimiento de los individuos tanto en peso y la longitud total y estándar. Con respecto a los datos biométricos obtenidos durante la experiencia, se compararon para determinar la existencia de diferencias con valor estadísticos significativos entre los tratamientos utilizando XLSTAT un software estadístico de Microsoft Excel.

Preparación y adecuación de los estanques.

Limpieza y desinfección.

Se debe eliminar el exceso de fango de la cosecha anterior. Sin embargo, en este proceso se realizó una jordana de limpieza en donde se recolectaron basuras dentro y fuera de los estanques donde se vaciaron los residuos de agua y se aplicó cal viva para su desinfección y regulación del pH del suelo, se dejaron secar al sol por lo menos tres días para eliminar organismos indeseados, lo que ayudó en la mineralización de la materia orgánica liberando más nutrientes, lo que acrecienta la productividad primaria para el siguiente ciclo.

Fertilización.

Una vez lleno los estanques se utilizó el fertilizante químico para aumentar la productividad primaria lo cual mejora las condiciones biológicas y suministra parte del alimento de los alevinos.



Figura 1. Los estanques de tierra de la Unidad Acuicola



Figura 2. Siembra de los alevinos

Siembra de los peces

La siembra consiste en colocar cierta cantidad de peces en un recinto de producción, la misma dependerá del tamaño de la laguna y el tipo de cultivo a realizar en esta (León, Estrada y Ramírez 2005). En el caso de este proyecto la siembra es un monocultivo de Cachama Negra, en tres estanques de 300 m² cada uno, aplicando la densidad de 5 a 1 individuo (Figuras 1 y 2).

Manejo nutricional.

Una vez ubicado los peces en sus respectivos estanques se inicia el proceso de alimentación, teniendo en cuenta la calidad del agua. En el primer estanque se les suministro a los peces alimento alternativo hecho con melaza, harinas de matar ratón y de sangre. Esta dieta fue formulada mediante el cuadrado de Pearson estableciendo un rango de proteína para los alevinos un 38% y para las especies de levante un 28% por lo que fueron evaluados a través del análisis bromatológico ya descrito para determinar su calidad; La dieta fue suministrada a los peces con una frecuencia de cuatro veces al día la cual varió con su crecimiento y peso. En el segundo estanque se suministró a los peces un alimento comercial en forma de harina y en forma de pellets, dicho alimento contiene un 32% de proteínas conformando así una dieta balanceada para esta especie. Los peces del tercer estanque se alimentaron de organismos acuáticos que se desarrollaban allí. Este proceso se hizo para comparar el comportamiento y desarrollo de los peces.

Calidad del agua.

Con el propósito de conocer la calidad del agua de los estanques se realizó monitoreo diario (entre las 8:00 am y las 12 pm) para medir la temperatura, el oxígeno disuelto (mg/l), el potencial de hidrógeno (pH), y la salinidad ppm. Se tomaron muestras del agua para llevarlas al Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad de La Guajira, para determinar los análisis químicos (nitrito, nitrato y amonio, Figura 3).

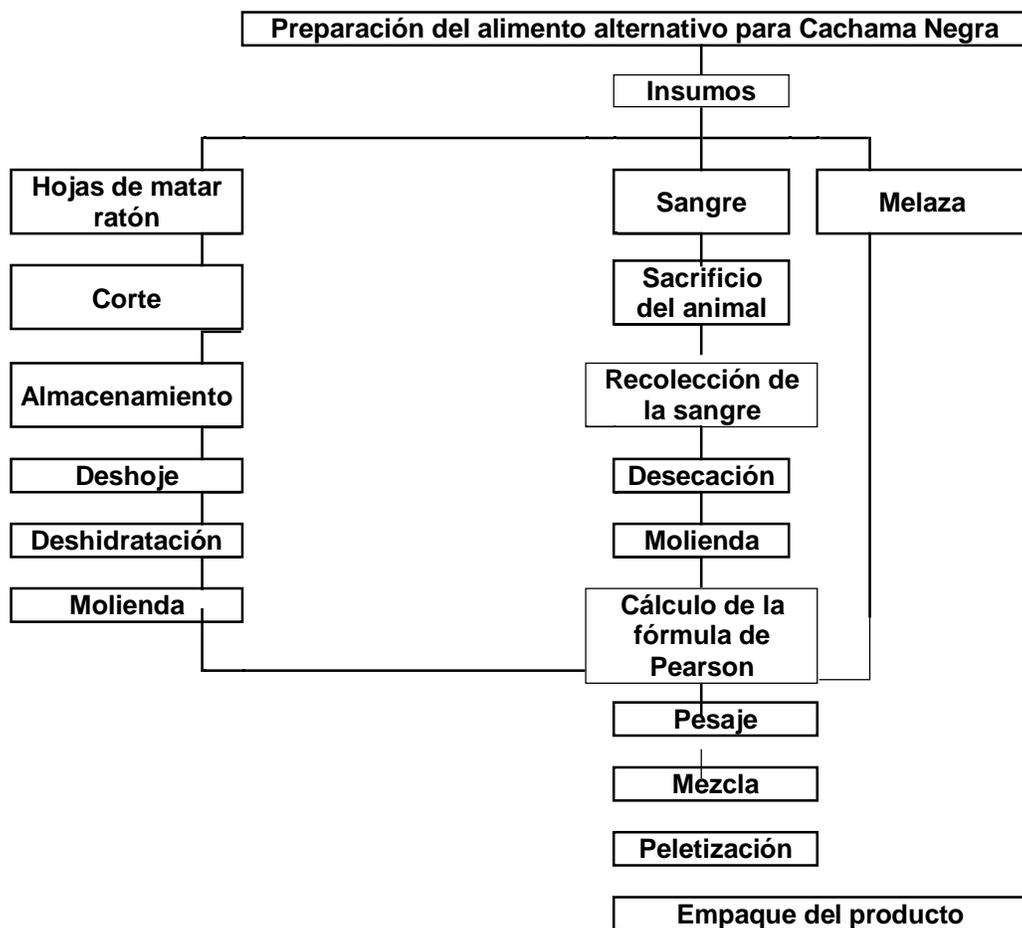


Figura 3. Toma de datos de los parámetros fisicoquímicos de los estanques de la Unidad Acuícola de la Universidad de La Guajira.

Pasos en la elaboración del alimento alternativo

Fórmula del cuadro de Pearson

Según las indicaciones de estos autores como Afolayan y Afolayan (2008) y Omidiora et al. (2013), el cuadrado de Pearson nos permite mezclar dos alimentos que tienen concentraciones nutricionales diferentes para obtener como resultado una mezcla que tiene la concentración deseada (proteína y energía). Un ejemplo simple es el balanceo de un nutriente, proteína o en una energía en particular, considerando dos ingredientes en el proceso. La funcionalidad de este método está sujeta a:



- El contenido nutricional de un alimento deberá ser mayor (Soya = 44% PC) al requerido (16%), y otro menor (Maíz = 7% PC).
- Las restas se realizan en forma cruzada y los resultados se expresan en valores absolutos no importa si los resultados son negativos, siempre se van aceptar como positivos.

Para esta investigación se utilizaron los siguientes insumos: harina de matar ratón, harina de sangre y melaza

Formula del cuadro de Pearson

A	C	$A-X=D$	↘	↙	X	↘	↙
B	D	$B-X=C$	↘	↙	X	↘	↙

Para esta fórmula se requieren dos ingredientes:

Donde A es el ingrediente 1, B es el ingrediente 2, y X es el porcentaje de la proteína que se desea elaborar. De esta misma manera fueron aplicados con los insumos y fue usado para la elaboración del alimento alternativo.

Costos de los insumos y alimentos utilizados en la cachama negra

Sobre la base de las consideraciones anteriores, se define los costos de los insumos utilizados en la preparación del alimento alternativo en kg (Tabla 1).

Tabla 1. Costo de los insumos del alimento alternativo por kg

Insumos	Precios por kg
Harina de matar ratón	\$ 500
Harina de sangre	\$ 1800
Melaza	\$ 3000

Sobre la comparación de costo de los alimentos utilizados durante el proceso de la investigación para alimentación de los peces (Tabla 2).

Tabla 2. Comparación de costos entre los alimentos alternativo y comercial

Cantidad de alimento	Precio por kg	Precio por bulto
1 bulto de 40kg de alimento alternativo	\$ 750	\$ 30.000
1 bulto de 40kg de alimento comercial	\$ 2000	\$ 80.000

RESULTADOS

Resultados en promedio de talla y peso de los peces experimentados en las tres dietas.

Las tablas 3, 4 y 5 presentan los resúmenes comparativos en la fecha indicada de peso (g) y talla (cm), en el alimento alternativo, alimento comercial y alimento natural. Seguido del resumen de las tablas se verán los análisis comparativos entre las tres dietas.

Tabla 3. Resumen comparativo en promedio en peso (g) y talla (cm) en consumo del alimento alternativo (Estanque No 1).

Fecha	No de Muestras	Peso (g)	Long. Total (cm)
04-nov-15	1	14,1	9,1
11-nov-15	2	15,4	9,8
18-nov-15	3	18,3	10,2
26-nov-15	4	22,7	10,8
03-dic-15	5	25,8	11,4
10-dic-15	6	29,3	11,8
17-dic-15	7	34,3	11,7
21-dic-15	8	34,9	12,2
06-ene-16	9	36,1	12,8

Se puede observar ciertas diferencias entre las tres dietas, donde se comprueba que el alimento comercial muestra el mejor resultado, cuyo promedio del peso final es 69,484 g, con respecto al alimento alternativo es 36,044 g de peso, seguido por el alimento natural 18,97 g siendo la diferencia entre el alimento comercial y el alimento alternativo de 33,44 g y el promedio en talla final del alimento comercial es 14,8 cm, el alimento alternativo 12,8 cm, seguido por el alimento natural 10,5 cm, en relación a estos se presenta una diferencia entre el alimento comercial y el alimento alternativo tan solo de 2 cm, lo que ratifica la poca diferencia significativa entre los dos alimentos. En comparación del alimento comercial con el alimento natural en tanto a talla promedio presenta una diferencia de 4,3 cm.

Tabla 4. Resumen comparativo en promedio en peso (g) y talla (cm) en consumo del alimento comercial (Estanque No 2)

Fecha	No. de Muestreos	Peso (g)	Long. Total (cm)
04-nov-15	1	15,6	9,5
11-nov-15	2	24,7	10,6
18-nov-15	3	31,1	11,4
26-nov-15	4	35,9	12,5
03-dic-15	5	44,2	12,9
10-dic-15	6	47,8	13,7
17-dic-15	7	65,8	14,3
21-dic-15	8	68,1	14,5
06-ene-16	9	69,5	14,8

Tabla 5. Resumen comparativo en promedio en peso (g) y talla (cm) en consumo del alimento natural Estanque No 3.

Fecha	No. de Muestreos	Peso (g)	Long. Total (cm)
04-nov-15	1	6,50	7,25
11-nov-15	2	7,60	8,17
18-nov-15	3	9,90	8,15
26-nov-15	4	11,25	8,91
03-dic-15	5	11,54	8,72
10-dic-15	6	14,04	9,29
17-dic-15	7	16,40	9,14
21-dic-15	8	17,66	9,96
06-ene-16	9	18,97	10,5

Índice zootécnico

De acuerdo a la TCE en la Figura 1 se muestra diferencias entre las tres dietas, presentando la siguiente tendencia: alimento comercial (estanque No.2) > alimento natural > (Estanque No.3) alimento alternativo (estanque No.1). En la Figura 2 se demuestra como se determinó el grado de asimilación efectiva de los alimentos.

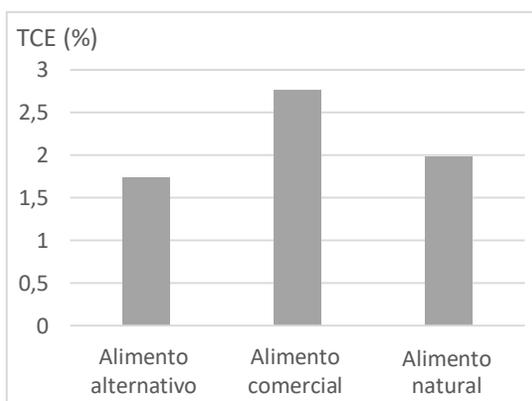


Figura 1 Tasa de crecimiento específico.

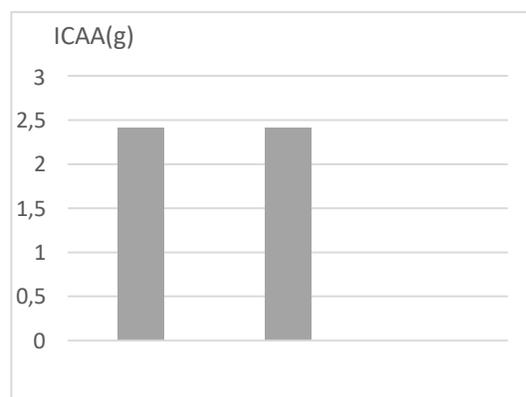


Figura 2. Tasa de conversión alimenticia aparente

El tratamiento en el que hubo mayor crecimiento en longitud total y longitud estándar fue en el estanque dos (A.C) con una longitud promedio entre 15,73 y 14,13 cm en comparación de los estanques uno y tres, quienes obtuvieron valores promedio inferiores, encontrando 12,9 y 11,5 cm. 12,6 y 10,6 cm de ese modo presenta diferencia significativa entre los tres alimentos (Figura 3).

Durante el proceso del cultivo se pudo observar que el estanque de cultivo con (AC), reporto mayor crecimiento, desarrollo y C.A con un peso promedio al final del experimento de 69,48g. En comparación de los estanques No.1 (A.A.) un peso promedio final de 36,044 y (A.N.) quienes tuvieron 18,97 g; respectivamente, encontrando diferencia significativa entre los tres alimentos (Figura 4).

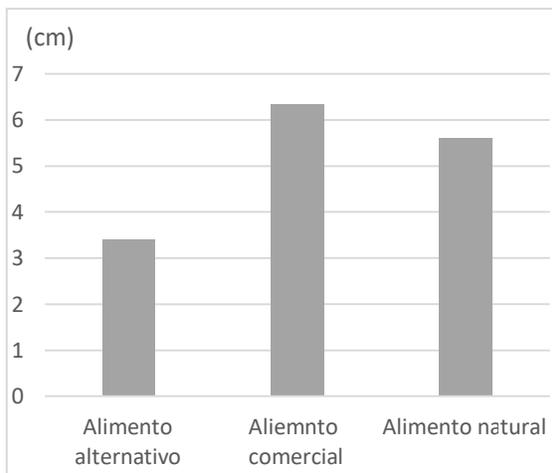


Figura 3. Ganancia de longitud o crecimiento

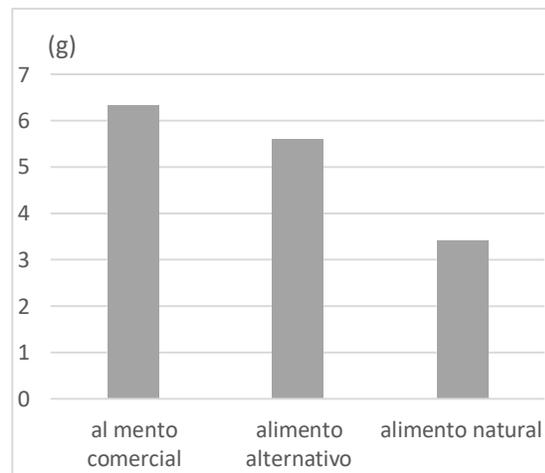


Figura 4. Ganancia de peso

CONCLUSIONES.

Elaboración del alimento alternativo

En términos generales el alimento alternativo se elaboró a base harina de sangre, harina de matar ratón y melaza de una manera artesanal y según los análisis bromatológicos considera que provee una alta concentración de proteína, tuvo una buena aceptación en los peces, por lo tanto, es apropiado para el uso de los pequeños y sustento familiar debido a su precio asequible.

Eficiencia de las tres dietas (Alimento comercial, alimento alternativo, alimento natural) sobre los parámetros productivos.

Se comparó las tres dietas y sus efectos en la eficiencia sobre los parámetros productivos en el desarrollo del cultivo de los peces y de acuerdo a los datos obtenidos nos indica que, si existen diferencias significativas entre los alimentos, siendo el que tuvo mayor eficiencia es el alimento comercial, seguido por el alimento alternativo y el alimento natural.

Comparación y efecto en el crecimiento por el promedio peso (g) y talla (cm) de la Cachama Negra en los alimentos que fueron expedientados.

Se pudo evidenciar a lo largo del proceso un constante crecimiento sustancial de ambos grupos de peces. Sin embargo, hubo mayor crecimiento en peso que en talla comprobando que algunas de las dietas no proporcionan una adecuada cantidad de aminoácidos, presentando una reducción en la tasa de crecimiento y una pérdida de peso, debido a que los animales movilizan proteínas de varios tejidos con el fin de mantener las funciones de los órganos vitales (Pond *et al.*, 2002).

BIBLIOGRAFÍA

- Afolayan M.O. & Afolayan M. 2008. Nigeria oriented poultry feed formulation software requirements. *Journal of Applied Science Research*. 4 (11). 1596.
- Arbeláez María Cristina (2011) El sector piscícola se destaca por su potencial exportador y desarrollo tecnológico. Secretaría Técnica Cadena Piscícola. Recuperado de: <http://huila.gov.co/documentos/agricultura/CADENAS%20PRODUCTIVAS/INFORME%20DE%20GESTION%20PISCICULTURA%202011.pdf>
- Flores Navas, Alejandro y Brown Alex .2010. *Colossoma macropomum* (Cachama Negra o Tambaqui) Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: Una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/014/i1773s/i1773s.pdf>
- León Acosta Yusellys María, Estrada Bolívar Jovamnys José, Ramírez Villarroel Betti Májela.2005. Módulo de aprendizaje. Siembra, cría, engorde, especies. Venezuela, República Bolivariana de Venezuela Ministerio para la economía popular INSTITUTO NACIONAL DE COOPERACIÓN EDUCATIVA. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/284010561/Siembra-Cria-Engorde-y-Cosecha-de-Especies>
- Omidiora E.O., Adegoke B.O. & Aderounmu G.A. 2013. Review of livestock formulation techniques. *Journal of Biology, Agriculture and Helathcare*. 3(4): 69
- Parrado, Sanabria (2012). Historia de la Acuicultura en Colombia. *Revista científica de la Sociedad Española de Acuicultura Revista AquaTIC*, nº 37 – 2012 60. ISSN 1578-4541 p60-77.
- Pereyra, Panduro Gustavo. 2013. Criterios para selección de peces a cultivar. Guía técnica de piscicultura, Iñapari- Tahuamanu. Recuperado de:<http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/037-a-piscicultura.pdf>
- Pond, W.; Church, D.; Pond, K. (2002). *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales* (2ª ed.). Editorial Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores. México, D.F
Recuperado de <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2697/1/23591903.pdf>
- Santamaría Merchán, Sandra Camila. 2014. Nutrición y alimentación en peces nativos Universidad Nacional Abierta y a Distancia “UNAD” ECAPMA Zootecnia Monografía.
- Uzcátegui Varela, Juan Pablo; Méndez, Xiulingy; Isea, Fernando; Parra, Ramón (2014). Evaluación de dietas con diferente contenido proteico sobre el desempeño productivo de alevines del híbrido Cachamay (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*) en condiciones de cautiverio *Revista Científica Universidad del Zulia*, vol. XXIV, núm. 5, pp. 458-465



**Producción de Forraje Verde
Acuapónico de Maíz (*Zea mays*) con
Solución Nutritiva del Sistema
Acuaponia del Centro
Agroempresarial y Acuícola, sede
Fonseca**

**Daldo Ricardo Araujo Vidal
Edwin Ricardo Garrido Weber**

3. Producción de Forraje Verde Acuapónico de Maíz (*Zea mays*) con Solución Nutritiva del Sistema Acuaponia del Centro Agroempresarial y Acuícola, sede Fonseca.

Production of Aquaponic Green Forage Maize (*Zea mays*) With Nutrient Solution of the Aquaponic System of the Agribusiness and Aquaculture Center, Fonseca Headquarters

Edwin Ricardo Garrido Weber, Centro Agroempresarial y Acuícola, SENA.

Daldo Ricardo Araujo Vidal, Centro Agroempresarial y Acuícola, SENA.

Email: daraujov@misena.edu.co, egarrido@misena.edu.co

RESUMEN

La producción de forraje verde hidropónico (FVH) consiste en la germinación de semillas de gramíneas o leguminosas y posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia de suelo. Es una alternativa para la alimentación de bovinos, ovinos, caprinos, equinos, porcinos, conejos y aves, brindando así solución a problemáticas de escases de alimento para el establecimiento de la ganadería a falta de disponibilidad de agua para riego y largas épocas de sequías, siendo una herramienta de desarrollo para productores y una fuente de generación de ingresos y rentabilidad integrada a otras actividades productivas. El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción de forraje verde acuapónico en las variedades de maíz Blanco y Amarillo, en sistema acuapónico bajo condiciones de invernadero ubicado en la Unidad Acuícola del Centro Agroempresarial y Acuícola del Sena Regional Guajira sede Fonseca. Se utilizó un experimento factorial de 6x6, donde se utilizaron 6 bandejas para cada variedad de maíz, aplicándole la solución nutritiva (agua cargada de nutrientes de la actividad acuícola) generada por el Sistema Acuaponía para un total de un (1) tratamiento para las 12 bandejas. Las variables evaluadas fueron altura de plantas y rendimiento de forraje verde. En cuanto a altura de plantas el maíz blanco obtuvo el mayor promedio (33 cm) en comparación con los resultados del maíz amarillo (27,3 cm) en 12 días de cultivo. En cuanto al rendimiento de forraje fresco, la interacción mostro diferencias significativas entre las dos variedades con la aplicación de un 1 litro de la solución nutritiva generada por el sistema acuícola Acuaponía cada 2 horas para cada bandeja; el rendimiento de biomasa con el maíz blanco fue de 20,5 kg de biomasa de forraje verde acuapónico (FVA), el maíz amarillo el segundo nivel de producción generando 19,74 kg de biomasa de forraje verde acuapónico (FVA) respectivamente, según los resultados se considera la factibilidad de producir forraje verde acuapónico (FVA), como alimento de alta sanidad y calidad nutricional para ovinos y caprinos en un periodo relativamente corto (de 10 a 14 días), lo que ayuda a contrarrestar los efectos del cambio climático y adaptarnos a este, en los sectores acuícola, agrícola y ganadero.

PALABRAS CLAVES: acuicultura, agricultura, forraje verde, hidroponía, invernadero.

ABSTRAC

The production of green hydroponic forage (FVH) consists in the germination of seeds of grasses and legumes and later in the controlled conditions (light, temperature and humidity) in the absence of soil. It is an alternative for feeding cattle, sheep, goats, horses, pigs, rabbits and birds, thus providing a solution of feeding problems for the establishment of livestock, the lack of availability of water for irrigation and long periods of droughts, This

is a development tool for producers and a source of income generation and profitability integrated to other productive activities. The objective of this work was to evaluate the production of aquaponic green forage in the White and Yellow maize varieties, in the aquaponic system under greenhouse conditions located in the Aquaculture Unit of the Agribusiness and Aquaculture Center of the Guajira Regional Seine Fonseca headquarters. A 6x6 factorial experiment was used, where 6 trays were used for each corn variety, applying the nutrient solution generated by the Aquaponics system for a total of one (1) treatment for the 12 trays. The variables evaluated partially were plant height and green forage yield. As for the height of the plants, white maize obtained the highest average (33 cm) compared to the results of yellow corn (27.3 cm) in 12 days of cultivation. Regarding the performance of fresh forage, the interaction shows the differences between the varieties with the application of 1 liter of the nutrient solution generated by the aquatic system Acuaponía every 2 hours for each tray; the yield of the biomass with white corn was 20.5 kg of the aquaponics green forage biomass (FVA), the yellow corn the second level of production, generating 19.74 kg of the aquaponics green forage biomass (FVA)) respectively, depending on the results, the feasibility of producing aquaponic green fodder (FVA) is considered, as high health food and nutritional quality for sheep and goats in a very short period (10 to 14 days), which helps and counteracts effects of the change Climate control and adaptation in the aquaculture, agricultural and livestock sector.

KEYWORDS: aquaculture, agriculture, green fodder, hydroponics, greenhouse.

INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, define la producción de forraje verde hidropónico (FVH) como un método, que consiste en la germinación de semillas de gramíneas o leguminosas y posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia de suelo. Su uso se destina para la alimentación de bovinos, ovinos, caprinos, equinos, porcinos, conejos y aves (Herrera, Deapablo, López, Benezrra, & Ríos, 2007). El forraje verde hidropónico (FVH) ofrece una serie de ventajas, como producción forrajera durante todo el año, desarrollo del cultivo en pequeñas áreas, aporte de complejos vitamínicos necesarios, no ocasionan trastornos digestivos y rápida recuperación de la inversión (Müller L. , *et al*, 2005). Este tipo de cultivo se emplea bajo sistemas acuapónico, el cual se define como la combinación de un sistema de acuicultura recirculante, con la hidroponía, definiendo acuicultura como el cultivo de animales acuáticos como peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas en ambientes controlados, e hidroponía como el cultivo de plantas colocando las raíces en soluciones de nutrientes (Malcolm, 2005). En términos generales, se trata de generar un sistema en el cual los desechos orgánicos producidos por algún organismo acuático (generalmente peces) son convertidos, a través de la acción bacteriana, en nitratos, que sirven como fuente de alimento para plantas. Estas a su vez al tomar estos nitratos, limpian el agua para los peces actuando como filtro biológico (Nelson, 2007). Todo el sistema parte de la premisa según la cual los desechos de los peces tienen gran similitud a los requerimientos de las plantas para crecer y desarrollarse (Ramírez, Sabogal, Jiménez, & Hurtado, 2008).

El Forraje Verde Hidropónico es un alimento (forraje vivo en pleno crecimiento) verde de alta adaptabilidad para cualquier animal y excelente valor nutritivo. Un gran número de experimentos y experiencias prácticas comerciales han demostrado que es posible sustituir de manera parcial la materia seca que aporta el forraje obtenido mediante métodos convencionales, así como también aquel proveniente de granos secos o

alimentos concentrados por su equivalente en Forraje Verde Hidropónico. No obstante, los sistemas de producción de forraje convencional han venido experimentando serias dificultades marcadas por la situación actual del sector agropecuario, el intenso crecimiento en la tasa de urbanización y el aumento en el valor de las tierras centrales se han encargado de desplazar las explotaciones pecuarias hacia sectores donde se reduce el potencial de producción forrajero (Vargas F. , 2008).

El crecimiento poblacional y la demanda de alimento que se deriva hoy día, han generado un aumento en la acuicultura a nivel mundial, intensificación de la agricultura y la producción ganadera. Por lo tanto, el uso del agua se ha incrementado, sumado a la escasez del recurso hídrico existente y la falta de terrenos fértiles para la producción de alimento para animales de granja y pastoreo, haciendo necesaria la búsqueda de alternativas para lograr la sostenibilidad de la práctica acuícola optimizando el uso del agua, ya sea a través de sistemas de recirculación acuícola RAS y sistemas acuapónicos que permitan la optimización de dicho recurso y la interacción con otras actividades productivas y que así mismo faciliten la producción de otros insumos que puedan aportar al desarrollo y rentabilidad al gremio productor.

En los contextos rurales encontramos que el sustento socio-económico de las familias del departamento de la Guajira se enmarca en la producción agrícola, desde la instauración y producción de cultivos, y la parte pecuaria desde la crianza de animales para el consumo familiar y su comercialización. Este contexto permite incursionar en herramientas innovadoras, y en técnicas de producción agrícola, pecuaria y acuícola que generen algún tipo de contribución al mejoramiento de la calidad de vida de las familias que desarrollan procesos productivos de auto consumo. Una de estas herramientas innovadoras es el Forraje Verde Acuapónico (FVA) de maíz (*Zea mays*), que se convierte en un insumo fácil de cultivar a bajos costos, como alternativa para la alimentación de especies ovinas y caprinas como fuente de alimentación y sustento, por la interacción de estas actividades agropecuarias en un mismo sistema productivo dándole un mejor uso y aprovechamiento al recurso hídrico.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, surge la necesidad de intensificar y mejorar la eficiencia en las prácticas de producción animal de una manera sostenible, teniendo como referencia el incremento en la demanda de productos alimenticios, la expansión de la frontera agrícola y ganadera, la erosión del suelo y la contaminación de las aguas, el crecimiento estacional de los pastos debido a la estacionalidad de las lluvias, son algunos de los factores que han dirigido la investigación hacia la búsqueda de métodos alternos de producción de alimentos (Mooney, 2005). De igual manera, todos los sistemas de producción de alimento se enfocan al aprovechamiento del recurso hídrico, donde en particular se implementan sistemas productivos como la acuaponía como una alternativa viable, que se puede integrar a los sistemas de circulación cerrados en la acuicultura y agricultura también como alternativa viable para la reducción de costos y, para la diversificación productiva de las unidades de acuicultura.

El objeto general de este proyecto es producir forraje verde acuapónico (FVA) de maíz. Con solución nutritiva del sistema Acuaponía del centro Agroempresarial y Acuícola sede Fonseca, para cumplir con esto, se consideran los siguientes objetivos específicos, determinar el crecimiento del forraje verde acuapónico (FVA) de maíz. Con solución nutritiva del sistema Acuaponía, determinar el peso fresco del forraje verde acuapónico (FVA) de maíz. Con solución nutritiva del sistema Acuaponía. Por último, analizar el

porcentaje nutricional del forraje verde acuapónico (FVA) de maíz con solución nutritiva del sistema Acuaponía del centro Agroempresarial y Acuícola sede Fonseca.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Acuicultura

El artículo 286 del Decreto 2811 de 1974 por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, define la acuicultura como el cultivo de organismos hidrobiológicos con técnicas apropiadas, en ambientes naturales o artificiales, y de manera controlada (Republica de Colombia, 1974) y ha sido definida por el Gobierno de Colombia como una actividad de alta prioridad razón por la cual se creó la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca - AUNAP que, en conjunto con la Dirección de Cadenas Pecuarias, Pesqueras y Acuícolas del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR, promueven el desarrollo sostenible de la actividad (Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca, 2014).

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, 2014).

El sector de la acuicultura, está creciendo muy rápido, lo que refleja las tendencias mundiales. Desde 2008, la acuicultura ha producido más que la pesca de captura, con cerca de 88.000 toneladas de productos pesqueros, casi el triple de mediados de los noventa. Es probable que el futuro crecimiento de la producción de pescado provenga de la acuicultura. Por ello, La Gobernanza de la Pesca y la Acuicultura en Colombia es una responsabilidad compartida entre las autoridades ambientales y agrícolas. El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) colaboran para diseñar y aprobar leyes y reglamentos que tengan efectos sobre los recursos hidrobiológicos y pesqueros. También cooperan para evaluar el posible impacto ambiental de las actividades acuícolas en las zonas costeras y las cuencas interiores y el diseño de estrategias de mitigación.

Al evidenciar la acuicultura un crecimiento acelerado, también se ha intensificado la problemática ambiental derivada de esta, por tanto en miras de articular el Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura sostenible, se llevan a cabo estrategias que compensan los aspectos ambientales generados en esta práctica, mediante el aprovechamiento de las aguas ricas en nutrientes, para la instalación de cultivos hidropónicos, y la producción de especies de forraje verde hidropónico, como alternativa en la alimentación de especies animales de campo como ovinos y caprinos. Así mismo, optimizar sus procesos, mejorando la rentabilidad de los sistemas empleados en acuicultura.

Agricultura

La agricultura juega un papel de suma importancia en el desarrollo económico del país, pues es la principal fuente de ingresos del área rural, hace un aporte significativo al avance económico, la mitigación de la pobreza, la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible de Colombia (Vargas, 2016).

Durante la historia, la agricultura ha sido la principal fuerza que impulsa el desarrollo y la transformación de los territorios rurales. Las dinámicas de diverso orden que allí se dan tienen su origen, en buena parte, en el devenir de la agricultura. La revaloración del papel de la agricultura y la importancia estratégica que ahora se le asigna al sector y a los recursos naturales, ha llevado, a su vez, a revisar y a plantear una nueva concepción del desarrollo rural (Perfetti & Cortés, 2013).

El desarrollo rural, en general hace referencia a las acciones propiciadas para mejorar la calidad de vida de los habitantes de las áreas rurales. Es un proceso de mejora del bienestar de la población rural y de la contribución que el área rural hace de forma al bienestar de la población, ya sea urbana o rural, basándose en sus recursos naturales (Ceña, 1993). Dentro del desarrollo rural es importante tener en cuenta sectores como el agropecuario, agrícola y pesquero, ya que estos aportan al crecimiento económico del sector rural y contribuyen a garantizar fuentes de empleo, desarrollo rural y mejora en la seguridad alimentaria del país.

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. 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 (Leibovich & Estrada, 2008). “Desde el punto de vista económico, la agricultura es un sector que ha mostrado una gran estabilidad y ha contribuido en no pocas ocasiones a amortiguar la volatilidad de las tasas de crecimiento global de la economía y los efectos de los shocks externos” (Sepúlveda, Rodríguez, Echeverri, & Portilla, 2003).

Forraje Verde.

El forraje verde hidropónico (FVH) es una metodología de producción de alimento para el ganado que resulta propicia para evadir las principales dificultades encontradas en zonas áridas y semiáridas para la producción convencional de forraje. Las zonas áridas han sido consideradas como terrenos marginales para el desarrollo del sector agropecuario, siendo las razones principales para esta consideración la escasez permanente de lluvia, alta evaporación, y suelos y aguas de riego de baja calidad (López, Murillo, & Rodríguez, 2009). No obstante, estas limitaciones, la creciente demanda de productos agropecuarios ha ocasionado que tanto la agricultura como la ganadería hayan sido introducidas en ecosistemas frágiles de zonas áridas y semiáridas, los cuales son susceptibles a la degradación y en donde es improbable sostener altos rendimientos de manera sostenible para intentar satisfacer las necesidades (Cassman, 1999).

En los últimos años, la actividad agropecuaria en estas zonas se ha incrementado de manera notable. Sin embargo, su expansión ha tenido lugar sin el debido control ecológico y las tecnologías comúnmente utilizadas no son las más apropiadas, provocando problemas de contaminación de suelos y mantos acuíferos (Endo, *et al*, 2000), agotamiento de agostaderos y la extinción de especies de flora nativa.

Un sistema de producción agropecuario sostenible debe mejorar o al menos mantener los recursos naturales sin devaluarlos, y no generar situaciones que disminuyen la actividad ganadera, por ejemplo la contaminación (Nardone, Zervas, & Ronchi, 2004). En consecuencia, la búsqueda de metodologías alternativas de producción de forraje en las cuales se considere el ahorro de agua, altos rendimientos por m² ocupado, calidad nutricional, flexibilidad en la transferencia y mínimos impactos negativos sobre el medio ambiente es de particular importancia (López, Murillo, & Rodríguez, 2009).

El cultivo de plantas con fines forrajeros (maíz, cebada, avena, sorgo y alfalfa), en medio hidropónico, puede resultar provechoso en la alimentación animal; permitiendo cultivar especies de niveles altos de producción en medios artificiales o substratos, en donde las raíces se desarrollan adecuadamente (Urias, 1997). En la práctica, el Forraje Verde Hidropónico (FVH) consiste en la germinación de semillas de gramíneas o leguminosas, y posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia del suelo. Su uso se destina para la alimentación de bovinos, ovinos, caprinos, equinos, porcinos, conejos y aves (Müller L. , *et al*, 2005).

Una de las plantas más utilizadas con fines forrajeros ha sido el maíz (*Zea mays* L.) por su elevado valor nutritivo y altos rendimientos (Elizondo & Boschini., 2002), lo cual permite que en diversos medios de producción hidropónicos, se generen elevados y constantes volúmenes de FVH de maíz, produciendo alimento a la mitad del costo convencional de forrajes cultivados a campo abierto. Suministrada a diferentes animales, representa una dieta completa que incluye carbohidratos, proteínas, minerales y vitaminas, cuando es suministrada en su totalidad (Müller L. , *et al*, 2005).

Hidroponía

Un cultivo hidropónico es un sistema aislado del suelo, utilizado para cultivar plantas cuyo crecimiento es posible gracias al suministro adecuado de los requerimientos hídrico-nutricionales, a través del agua y solución nutritiva. Con la técnica de cultivo sin suelo es posible obtener hortalizas de excelente calidad y sanidad, permitiendo un uso más eficiente del agua y los nutrientes. La hidroponía no es una metodología moderna para el cultivo de plantas, sino una técnica ancestral (Beltrano, 2015).

La Acuaponía constituye una integración entre un cultivo de peces y uno hidropónico de plantas. Estos se unen en un único sistema de recirculación, en el cual se juntan, el componente acuícola y el componente hidropónico, donde la combinación de la producción de especies acuícolas y los cultivos de hortalizas se unen en un sistema donde los desechos metabólicos generados por los peces y los restos de alimento usado en su producción son utilizados por las hortalizas para que estas crezcan en el menor tiempo posible y con mayor productividad. De esta forma, se genera un producto de valor a través de un subproducto desechable, con una ventaja, agua libre de nutrientes disponible para ser reutilizada. Gracias a esto, los sistemas acuapónicos trabajan sobre dos puntos de gran interés en producción, rentabilidad y tratamiento de desechos (Rakocy, 1999).

Este sistema ofrece una serie de ventajas sobre aquellos sistemas de recirculación en los que solo se producen peces. Los desechos metabólicos disueltos en el agua son absorbidos por las plantas, reduciendo así la tasa de recambio de agua diario y su descarte hacia el ambiente; mientras que en el sistema de recirculación tradicional se

trabaja con un recambio de agua del 5% al 10% diario para evitar la acumulación de desechos metabólicos. En el acuapónico, por el contrario, la mayoría trabaja solo con un 1,5% de recambio de agua diario o menos. Esto se traduce en menores costos operativos del sistema y sumado a ello, los sistemas acuapónicos tienen una segunda producción de plantas, aumentando así, la rentabilidad productiva.

METODOLOGÍA

Producción de Forraje Verde Acuapónico de Maíz (*Zea mays*) con Solución Nutritiva del Sistema Acuaponía del Centro Agroempresarial y Acuícola, Sede Fonseca: en esta Tabla se presentan el tipo de investigación, población, muestra, fases y actividades que se llevaran a cabo para el cumplimiento del objetivo del proyecto.

Tipo de investigación: Con un enfoque mixto, un alcance de investigación aplicada cuantitativa y un diseño experimental. A partir de una población de Unidad productiva acuícola del CAA como muestra un sistema de producción acuícola, sistema de cultivo hidropónico y una especie de maíz

Técnicas de recolección de datos: Técnicas de observación a partir de entrevistas, análisis documental, observación experimental, fotografías, listas de chequeo, técnicas de medición, formatos, análisis de laboratorio, datos de campo.

Procedimiento (Fases)

1. Determinación del crecimiento del Forraje Verde Acuapónico (FVA) de Maíz con Solución Nutritiva del Sistema Acuaponía del Centro Agroempresarial y Acuícola Sede Fonseca.
2. Determinación del peso fresco del Forraje Verde Acuapónico (FVA) de Maíz con Solución Nutritiva del Sistema Acuaponía del Centro Agroempresarial y Acuícola Sede Fonseca.
3. Análisis del porcentaje nutricional del Forraje Verde Acuapónico (FVA) de Maíz con Solución Nutritiva del Sistema Acuaponía del Centro Agroempresarial y Acuícola Sede Fonseca.
4. Diseño de un sistema productivo de Forraje Verde Acuapónico (FVA) de Maíz con Solución Nutritiva del Sistema Acuaponía del Centro Agroempresarial y Acuícola Sede Fonseca a grande escala.

Actividades:

- a. Localización del área donde se montará el invernadero para la producción del forraje verde hidropónico (FVH), unidad productiva acuícola del Centro Agroempresarial y Acuícola.
- b. Diseño experimental, se utilizó un experimento factorial de 6x6, donde un factor correspondió a las variedades Maíz Amarillo y Maíz Blanco.

- c. Preparación de la semilla maíz y acondicionamiento de las bandejas para siembra. (Para suspender la latencia de las semillas, éstas se sumergieron en agua con una solución con cal viva al 10%, durante 24 horas).
- d. Siembra (700 g maíz/bandeja): Cumplido el tiempo de inmersión se depositaron las semillas de manera homogénea en las bandejas ingresándola en una cámara oscura por un periodo de 5 días cuando se logró el 95% de germinación. Se retiraron las bandejas y se llevaron al invernadero quedando expuestas las semillas en condiciones de humedad y temperatura adecuada para favorecer el crecimiento y desarrollo de las plántulas de cada bandeja.
- e. Preparación de la Solución nutritiva (Agua de las camas Acuapónicas del Sistema Hidroponía del CAA cada 2 horas para cada bandeja.).
- f. Contenedores (estructuras recicladas), se instalaron dentro del invernadero 3 estantes, a 20 cm del piso, altura de 180 cm. Cada estante presenta 4 niveles separados a un espacio vertical de 40 cm y pendiente de 2%. Los módulos sirvieron de soporte para las bandejas donde se sembraron las semillas de maíz. Los contenedores correspondieron a bandejas plásticas, con dimensiones de 0,30 m de ancho por 0,44 m de largo y 1 cm de profundidad, en las cuales se depositaron las semillas sirviendo como cama para la misma y posterior producción del forraje.
- g. Riego a cultivo de Maíz (bomba de aspersion manual 1 Litro), se realizó con un pulverizador manual, con una aplicación de 0,20 m de distancia de las bandejas de cultivo.
- h. Evaluación del Material vegetal, en el ensayo se utilizó un total de 8.4 kg de semilla para las 12 bandejas. Por cada bandeja se sembraron 700 g de semilla maíz.
- i. Variables evaluadas: Altura de plantas, producción de forraje fresco. La altura y el rendimiento de forraje fresco fueron tomados cada 2 días y al momento de la cosecha (12 días después de germinación) en cada una de las unidades experimentales, teniendo en cuenta que este es el tiempo total de producción del cultivo para obtener el forraje verde Acuapónico.
- j. Análisis nutricional del forraje.
- k. Aceptación del forraje por animales. Instrumentos: análisis documental, formatos, encuestas, análisis de la evaluación producción de FVH, análisis de la medición de altura o crecimiento del FVH, análisis de laboratorio del valor nutricional del FVH.

RESULTADOS

Los principales productos obtenidos con la ejecución de este proyecto se resumen de la siguiente manera:

1. Informe de producción (Crecimiento) de forraje verde Acuapónico.
2. Informe de producción (Peso) de forraje verde Acuapónico.

3. Informe de parámetros físico químico de Solución Nutritiva.
4. Informe de Análisis Bromatológico.
5. Planos y construcción de la infraestructura

Esta investigación está en curso y hasta el momento el mayor rendimiento de biomasa se ha obtenido con el maíz blanco con 20,65 kg de biomasa de forraje verde acuapónico (FVA), el maíz amarillo el segundo nivel de producción generando 19,74 kg de biomasa de forraje verde acuapónico (FVA). La relación semilla: material producido para el maíz blanco fue de 1: 4,8 y para el arroz de 1: 4,7. De acuerdo con Tarrillo (2007) a partir de 1 kg de semilla se puede producir una masa forrajera de 6 a 8 kg consumible en su totalidad. Por su parte, Elizondo (2005) menciona que a partir de 1 kg de semilla se pueden obtener 9 kg de biomasa. Sin embargo, en el presente trabajo no se logró alcanzar esos rendimientos. No obstante, se indica que se puede considerar un buen rendimiento en forrajes bajo sistemas hidropónicos cuando la relación se mantiene en 1:5, además Valdivia (1997) menciona que obtener mayor volumen de material resulta complicado debido a la limitante, en este caso, de la calidad de la semilla disponible.

Así mismo se debe tener en cuenta que en esta investigación no se están aplicando ningún tipo de fertilizantes, debido a que se está suministrando una solución nutritiva a partir del ciclo productivo de la tilapia roja, para ello se determinaron algunos parámetros físico químicos del agua tal como se muestra en la siguiente Tabla:

A esta solución se le hicieron pruebas parciales de laboratorio los cuales arrojaron los siguientes datos.

Tabla 2. Parámetros Físico Químicos Del Agua En El Sistema Acuaponía. Sena Guajira. 2018

Tanque No.1		Tanque No.2	
Nitratos	2,6 mg/L	Nitratos	2,1 mg/L
Nitritos	0,94 mg/L	Nitritos	1,2 mg/L
Fluoruros	0,29 mg/L	Fluoruros	0,13mg /L
Fosfatos	2,7 mg/L	Fosfatos	2,6 mg/L
Alcalinidad	3,06 mg/L	Alcalinidad	4,71 mg/L
Cloruros	54,5 mg/L	Cloruros	55 mg /L
Cloro libre	0,045 mg/L	Cloro libre	0,08 mg/L
Sulfatos	110 mg/L	Sulfatos	110 mg/L

La importancia de los sistemas acuapónicos es que nos permiten aprovechar al máximo el recurso hídrico debido a que en un sistema donde los desechos metabólicos generados por los peces y los restos de alimento usado en su producción, son utilizados por las Hortalizas, y otras plantas; y en este caso para la producción de maíz forrajero para que estas crezcan en el menor tiempo posible y con mayor productividad. De esta forma se genera un producto de valor a través de un subproducto desechable, con la ventaja de que, el agua libre ya de nutrientes, queda disponible para ser reutilizada.

Cabe resaltar que es necesario determinar los porcentajes de nitrógeno que contiene esta solución, debido a que el contenido de nitrógeno en los materiales hidropónicos es mayor a edades tempranas (10 días). Lo anterior se debe a que en las plantas jóvenes el crecimiento está relacionado en un aumento en la superficie de las hojas que son los

órganos ricos en nitrógeno (Müller L. , *et al*, 2005). De igual forma, estos aspectos pueden estar ligados a la etapa de cultivo de los peces, por la gran cantidad de alimento consumido y los procesos metabólicos que generan de acuerdo a su talla y peso. En cuanto al rendimiento de talla se ha obtenido con el maíz blanco obtuvo el mayor promedio (33,3 cm) en comparación con los resultados del maíz amarillo (27,3 cm), garantizando gran cantidad de material vegetal como alimentación suplementaria para ovinos y caprinos. Ver Figura 1 y 2.

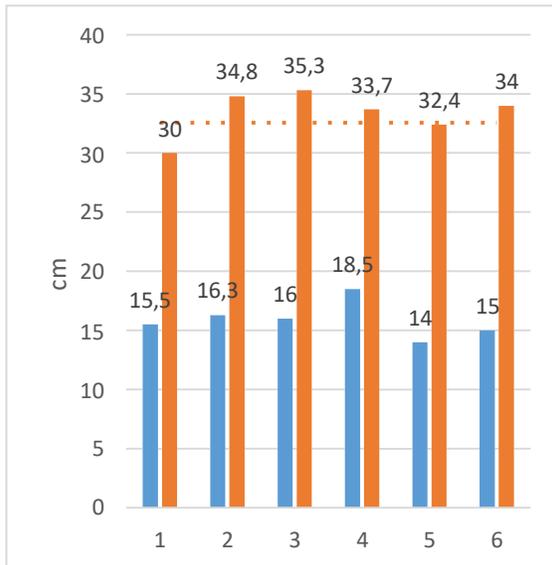


Figura 1. Comportamiento Del Desarrollo Productivo Del Forraje Verde Acuapónico (FVA) Maíz Blanco (33 cm Promedio). Azul 5 días, Naranja 12 días

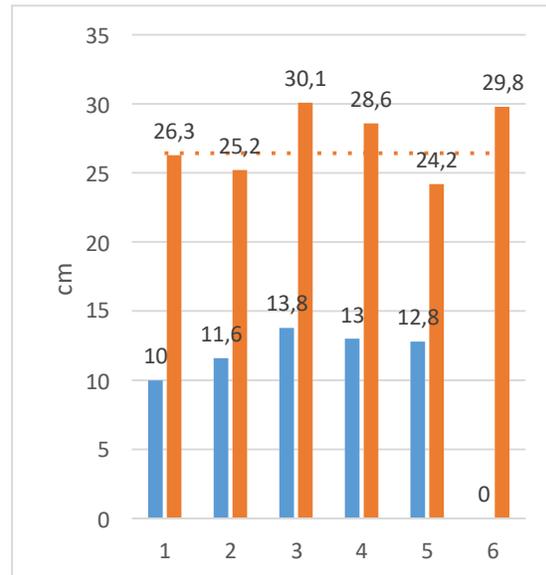


Figura 2. Comportamiento Del Desarrollo Productivo Del Forraje Verde Acuapónico (FVA) Maíz Amarillo (27,3 cm Promedio). Azul 5 días, Naranja 12 días

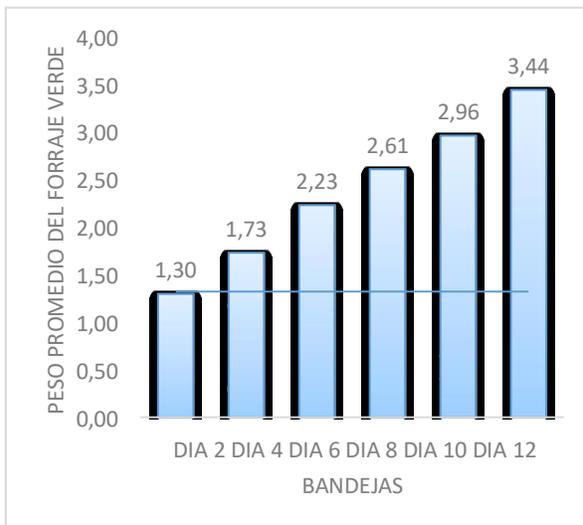


Figura 3. Comportamiento del desarrollo productivo del Forraje Verde Acuapónico (FVA) maíz blanco (kg). Relación: 1: 4,8

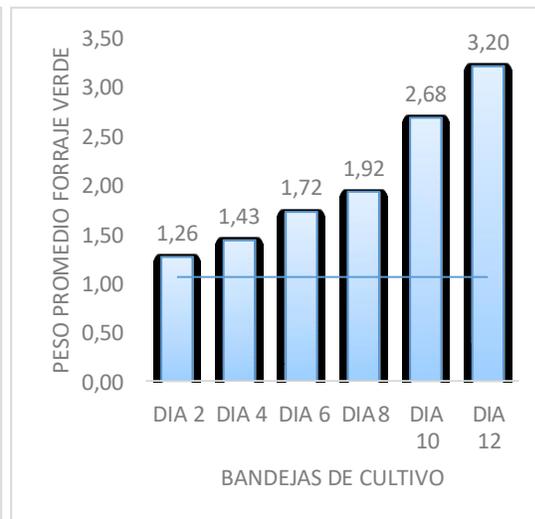


Figura 4. Comportamiento del desarrollo productivo del Forraje Verde Acuapónico (FVA) Maíz Amarillo (kg). Relación: 1: 4,5

A continuación, se evidencian los gráficos del desarrollo de biomasa en kilogramos del maíz blanco y maíz amarillo, evaluando el peso promedio del FVH respecto al tiempo. Una vez evaluados el crecimiento y comportamiento del desarrollo productivo del Forraje Verde Hidropónico, se realizó, la evaluación para determinar los porcentajes nutricionales del FVH, de la Unidad Acuícola, obteniéndose los resultados que se presentan en la Tabla número 3.

Tabla 3. Porcentajes nutricionales del forraje acuapónico (FVA)

PORCENTAJES NUTRICIONALES DEL FORRAJE VERDE ACUAPÓNICO (FVA) UNIDAD ACUÍCOLA, SEDE FONSECA			
Nutrientes	Maíz Blanco	Maíz Amarillo	Otros estudios
Proteína	14%	13,5%	18,80%
Digestibilidad	80%	81%	83%– 90%
Fosforo	0,46%	0,46%	0,48%

CONCLUSIONES

Es factible producir forraje verde acuapónico (FVA), como alimento de alta sanidad y calidad nutricional para ovinos y caprinos en un periodo corto (de 10 a 14 días), en cualquier zona donde se esté trabajando la acuicultura, en cualquier época del año y localidad geográfica, siempre y cuando se proporcionen las condiciones mínimas necesarias de temperatura, luminosidad y humedad relativa. La tecnología de producción de FVA es complementaria a los productos balanceados que se usan en la alimentación del ganado y no es competitiva con la producción convencional de forraje. La producción de FVA es útil durante períodos de sequía cuando el forraje verde es escaso, por lo que se considera una alternativa para complementar la alimentación del ganado y contrarrestar los efectos de cambio climático en los sectores acuícola, agrícola y ganadero.

Entre las ventajas que presenta el forraje hidropónico, se puede decir que: permite un suministro constante durante todo el año, estos se pueden emplear terrenos marginales, para reducir el desperdicio de agua, que se obtiene en una fuente alternativa de alto valor nutricional, esto es natural por lo que hay una menor incidencia de enfermedades, se puede dar un aumento en la fertilidad y la producción de leche. En general, todas las ventajas que los animales puedan obtener de una buena alimentación.

El aprovechamiento del recurso hídrico en las diferentes actividades agropecuarias debe enfocarse al realizar más trabajos en producción de forraje acuapónico e implementar más variedad de cultivos, dado que la mayoría de las investigaciones se centran sobre lechugas, tomate y pepinos y es importante brindarles más opciones a los productores.

BIBLIOGRAFÍA

- Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca. (2014). Plan Nacional para el Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia - plaNDAS. Bogotá D.C.
- Beltrano, J. (2015). *Cultivo en Hidroponia*. Argentina.
- Cassman, K. (1999). Ecological intensification of cereal production systems: yield potential, soil quality, and precision agriculture.

- Ceña, F. (1993). El desarrollo rural en sentido amplio. *Dirección General de Investigación, Tecnología y Formación Agroalimentaria y Pesquera, Consejería de Agricultura y Pesca*.
- Elizondo, J., & Boschini. (2002). Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido. *Agronomía Mesoamericana*, 13-17.
- Endo, T., Yamamoto, S., Honna, T., Takashima, M., Iimura, I., López, R., & Benson, M. (2000). Behaviour and distribution of salts under irrigated agriculture in the middle of Baja California, México. 18-26.
- Herrera, A., Deapablo, R., López, M., Benezrra, G., & Ríos, L. (2007). Degradabilidad y digestibilidad de la materia seca del forraje hidropónico de maíz (*Zea mays* L.), Respuesta animal en términos de consumo y ganancia de peso. *Revista Científica*, 372-379.
- Leibovich, J., & Estrada, L. (2008). Competitividad del sector agropecuario colombiano basado en el estudio: diagnóstico y recomendaciones de política para mejorar la competitividad del sector agropecuario colombiano. *Consejo Privado de*.
- López, R., Murillo, B., & Rodríguez, G. (2009). El forraje verde hidropónico (FVH): Una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. *SCIELO*.
- Malcolm, J. (2005). *Backyard aquaponics. A guide to building an aquaponic system*. Western Australia.
- Mooney, J. (2005). Growing cattle feed hydroponically. . *Scholarship Report*, 30.
- Müller, L., Manfron, O., Santos, S., Medeiros, V., Haut, D., Dourado, E., . . . Bandeira. (2005). Produção e composição bromatológica da forragem hidropônica de milho, *Zea mays* L., com diferentes densidades de semeadura e datas de colheita. *Zootecnia Trop*, 105-119.
- Müller, L., Manfron, V., Santos, S., Medeiros, V., Haut, D., Dourado, E., . . . Bandeira. (2005). Produção e composição bromatológica da forragem hidropônica de milho, *Zea mays* L., com diferentes densidades de semeadura e datas de colheita. . *Zootecnia Tropical*, 105-119.
- Nardone, A., Zervas, G., & Ronchi, B. (2004). Sustainability of small ruminant organic systems of production. *Livest. . Prod. Sci.*, 27-39.
- Nelson, R. (2007). *Acuaponía*. USA.
- Perfetti, J., & Cortés, S. (2013). La Agricultura y el Desarrollo de los Territorios Rurales. *SAC y Fedesarrollo*, 7.
- Rakocy, J. (1999). The status of aguaponics, part 1. *Aguaculture Magazine*.
- Ramírez, D., Sabogal, D., Jiménez, P., & Hurtado, H. (2008). La Acuaponía: una Alternativa Orientada al Desarrollo Sostenible. 32-51.
- Republica de Colombia. (1974). Decreto Ley 2811 Codigo Nacional de los Recursos Naturales Renovables.
- Sepúlveda, A., Rodríguez, A., Echeverri, R., & Portilla, M. (2003). El enfoque territorial del desarrollo rural. *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA*.
- Urias, E. (1997). Hidroponía. Como cultivar sin tierra. *Red de Hidroponía*. , 7.
- Vargas, F. (2008). Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. *agronomía mesoamericana*, 233-240.
- Vargas, K. (2016). La Agricultura Colombiana en el contexto de la globalización . *El Campesino.co*.

The background of the entire page is a dark, almost black, field filled with various microscopic organisms. There are several large, bright green, oval-shaped structures, some of which are clustered together in dense, spherical or conical arrangements. Interspersed among these are several elongated, rod-shaped organisms, some of which are yellowish or light brown. The lighting is dramatic, highlighting the textures and colors of the microorganisms against the dark background.

Evaluación del Tratamiento con Microorganismos Eficientes para la Producción de Compost, en el Centro Agroempresarial y Acuícola

**Sergio Gabriel Brito Brito
Daniel Mauricio Parodi López**

4. Evaluación del Tratamiento con Microorganismos Eficientes para la Producción de Compost, en el Centro Agroempresarial y Acuícola

Evaluation of the Treatment with Efficient Microorganisms for the Production of Compost, in the Agribusiness and Aquaculture Center

Sergio Gabriel Brito Brito, SENA del C.A.A.
Daniel Mauricio Parodi López, SENA del C.A.A.

RESUMEN

El establecimiento comercial de Megafruver de Fonseca-La Guajira, se caracteriza por la importación y comercialización de productos de origen orgánicos, entre los cuales se destacan frutas y verduras en grandes cantidades, generando cada mes hasta 15 toneladas de residuos sólidos orgánicos, su disposición final se divide en dos partes la primera parte termina en el relleno sanitario ubicado en la denominada zona de Almapoque y otra parte destinada para alimento de cerdos, por personas que lo solicitan. Gran parte de estos residuos orgánicos, en su proceso de descomposición producen gases de efecto invernadero, (N_2O y CH_4) plagas, lixiviados, olores ofensivos, entre otros. este proyecto se realizó con el propósito de realizar un aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en este establecimiento, mediante el método de compostaje, con la implementación de microorganismos eficientes, cumpliendo con el objetivo de obtener un compost maduro mejorado y rico en nutrientes para cualquier cultivo de hortaliza, con estándares de buena calidad en sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas, siendo comparado con un compost sin implementación de microorganismos eficientes y teniendo en cuenta lo establecido en la NTC 5167 del 2004 "Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelos".

PALABRAS CLAVES: Aprovechamiento, Compostaje, Microorganismos eficientes, Nutrientes, Residuos sólidos orgánicos.

ABSTRACT

The commercial establishment of Megafruver de Fonseca-La Guajira, is characterized by the importation and commercialization of products of organic origin, among which are fruits and vegetables in large quantities, generating monthly up to 15 tons of organic solid waste, its final disposal is divided into two parts the first part ends at the sanitary landfill located in the so-called ALMAPOQUE zone and another part destined for pig feed, by people who request it. Much of this organic waste, in its decomposition process produce greenhouse gases, (N_2O and CH_4) pests, leachates, offensive odors, among others, this project was carried out with the purpose of making use of the organic solid waste generated in this establishment, through the composting method, with the implementation of efficient microorganisms, fulfilling the objective of obtaining a potentially improved and nutrient-rich mature compost for any vegetable crop, with good quality standards in its physicochemical and microbiological properties, being compared with a compost without implementation of efficient microorganisms and taking into account what is established in the NTC 5167 of 2004 "Organic products used as fertilizers or fertilizers and soil amendments".

KEYWORDS: Composting, Efficient Microorganisms, Solid organic waste. Nutrients, Use,

INTRODUCCIÓN

Colombia es un país en el cual una de sus bases económicas es la producción de productos agronómicos, por lo tanto, se puede estimar que la mayor cantidad de residuos generados, es la materia orgánica (Jaramillo, G. & Zapata, L. 2008). En el municipio de Fonseca, La Guajira, según la administración del relleno sanitario, los residuos sólidos orgánicos o biodegradables representan una gran parte de los residuos que son depositados en ese lugar, en relación con los demás tipos de residuos generados en el municipio, estos son enviados para su disposición final, lo que representa un problema porque suelen ser una fuente de lixiviados y gases de efecto invernadero y como resultado generan severos impactos sanitarios y ambientales.

En relación con lo anterior, existen técnicas de aprovechamiento para este tipo de residuos, como es el caso del compostaje, que es un método económico y efectivo para tratar los residuos sólidos orgánicos que puede maximizarse utilizando Microorganismos Eficientes (EM) capaces de secretar sustancias benéficas tales como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales y antioxidantes que al estar en contacto con la materia orgánica, sintetizan y consumen las sustancias que causan la putrefacción, malos olores y enfermedades, eliminando la mayoría de microbios patógenos por medio de la exclusión competitiva (Correa, M. 2005).

Este proyecto de investigación abordó la implementación de un tratamiento de residuos sólidos orgánicos generados en el establecimiento comercial Megafruver de Fonseca, La Guajira, debido a que es uno de los focos más importantes de producción de este tipo de residuos en el municipio, aplicando el método de compostaje maximizado con EM, para obtener un compost mejorado y rico en nutrientes para cualquier hortaliza con estándares de buena calidad en sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas, comparado con uno obtenido sin ningún tipo de aditivo.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Durante las diversas actividades realizadas ya sean de tipo agrícola, industrial, doméstico, etc., son obtenidos grandes volúmenes de residuos, cuyo manejo actual se constituye una de las problemáticas fundamentales para el hombre debido a la relación entre población y generación de residuos. Los residuos sólidos orgánicos son el resultado de un producto de origen orgánico, que tiene la capacidad de ser descompuestos o transformados por la ayuda de microorganismos tales como bacterias, hongos *et al* agentes biológicos, entre los residuos orgánicos más comunes tenemos: residuos de comida, fruta, verduras, residuos de jardín, poda, heces, etc. (Contreras C., 2006).

El aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos. De acuerdo a la Política para la Gestión de Residuos, se entiende el aprovechamiento como el conjunto de fases sucesivas de un proceso, cuando la materia inicial es un residuo, entendiéndose que el procesamiento tiene el objetivo económico de valorizar el residuo u obtener un producto o subproducto utilizable; aprovechables son aquellos que pueden ser reutilizados o transformados en otro producto, reincorporándose al ciclo económico y con valor comercial (Jaramillo, G. & Zapata, L. 2008).

Factores que condicionan el proceso de compostaje. El proceso de compostaje está determinado por diversos factores como el tamaño de las partículas, influye en la

densidad, la fricción interna y las características del flujo y de la fuerza de arrastre de materiales; al disminuir el tamaño de las partículas aumenta la superficie donde pueden operar los microorganismos en el proceso de descomposición (Bejarano & Delgadillo 2007). Sin embargo, el exceso de partículas pequeñas puede llevar a la compactación de los materiales y favorecer la putrefacción, lo que no es ideal para obtener un buen compost fermentado.

Los Microorganismos Eficientes (EM) son una combinación de varios microorganismos benéficos, de origen natural, que no fueron modificados genéticamente o fisiológicamente compatibles unos con otros, presentes en ecosistemas naturales. Estos microorganismos coexisten en un medio líquido, desarrollados en Japón, son utilizados en diferentes aplicaciones en más de 110 países del mundo, brindando soluciones a diferentes problemas de la agricultura, el medio ambiente, la acuicultura, entre otras áreas.

Los EM son una combinación de varios microorganismos agrupados en 4 grandes géneros como, las bacterias fototróficas son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles como aminoácidos, ácidos nucleicos y azúcares, a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Igualmente, hallamos las bacterias ácido-lácticas que producen etc. Por bacterias fototróficas y levaduras; también aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa. Por último, se referencia las levaduras que sintetizan sustancias antimicrobiales y útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fototróficas, materia orgánica y raíces de las plantas. De la misma forma, los actinomicetos actúan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos.

Se indica que entre las ventajas de la adición microorganismos al compostaje están, la aceleración del incremento de las temperaturas, manteniéndose en la etapa termofílica el proceso, independiente de la aireación y las condiciones ambientales. Promueve la transformación aeróbica de compuestos orgánicos, evita la proliferación de insectos vectores, como moscas, ya que estas no encuentran un medio adecuado para su desarrollo. Incrementa la eficiencia de la materia orgánica como fertilizante, ya que durante el proceso de fermentación se liberan y sintetizan sustancias y compuestos como: aminoácidos, enzimas, vitaminas, sustancias bioactivas, hormonas y minerales solubles, que, al ser incorporados al suelo a través del abono orgánico, mejoran sus características físicas, químicas y microbiológicas.

METODOLOGÍA

Tipo de investigación

El proyecto es de tipo de investigación y aplicada, 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, J. 2004). También, esta investigación es de tipo cuantitativa 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 (Hernández, R., Fernandez, C., & Baptista, P. 2010).

Población

Este estudio se realizó en el municipio de Fonseca y el insumo para la realización del respectivo proyecto fue obtenido de la cadena de autoservicio Megafruver del municipio ubicada en la avenida principal.

Técnicas de recolección de información

Las fuentes de recolección primaria, lo constituyeron los datos obtenidos en el campo y mediante pruebas de laboratorio (temperatura, contenido de humedad, pH, relación C/N y microorganismos patógenos) que sirvieron para determinar la calidad del compost obtenido y determinación de la eficiencia del tratamiento aplicado con EM.

Los análisis de estas fuentes bibliográficas sirvieron para establecer la metodología utilizada para la realización del proceso de compostaje y por último se llevó a cabo la evaluación de las características obtenidas.

Procedimiento

Para la ejecución de este proyecto se siguió un procedimiento basado en etapas y actividades que permitieron dar cumplimiento cada uno de los objetivos específicos de dicho proyecto.

RESULTADOS

Generación de los residuos sólidos orgánicos

A los 45 días de haber instalado las composteras se da por terminado el proceso de compostaje con EM teniendo en cuenta los materiales que se utilizaron. Para corroborar se realizaron pruebas para conocer las características físicas y químicas de los cuatro compost que se obtuvieron y así se pudieron establecer las diferencias y la calidad de cada uno de estos.

Tabla 1. Resultados de pesaje

Día	Tipo de Residuo	D (m)	H (m)	V (m ³)	W (kg)	P (kg/m ³)
11/07/2018	Caneca Vacías	0,43	1,30	0,19	12	
	Frutas y Verduras	0,43	1,22	0,18	105	592,65
	Orgánicos No aptos*				3	
14/07/2018	Caneca Vacías	0,43	1,30	0,19	12	
	Frutas y Verduras	0,43	1,12	0,16	112	688,61
	Orgánicos No aptos*				5	
17/07/2018	Caneca Vacías	0,43	1,30	0,19	12	746,47
	Frutas y Verduras	0,43	1,19	0,17	129	
	Orgánicos No aptos*				9	

D: diámetro de la caneca para almacenamiento de residuos orgánicos

H: altura de la caneca para almacenamiento de residuos orgánicos

(*) Plátano, Naranja, hoja de tamal, el contenedor fue una bolsa plástica.

Algunos parámetros fisicoquímicos del compost obtenido se determinaron diariamente utilizando instrumentos disponibles *in situ* para llevar un control y seguimiento de la temperatura, humedad y pH. A partir de las mediciones realizadas, se generaron las Tablas 4 y 5.

En el establecimiento comercial de Megafruver de Fonseca - La Guajira, como puede observarse en las tablas 4 y 5 se presenta un promedio diario aproximado de 0,5 toneladas por día, es decir, alrededor de 15 toneladas al mes.

Tabla 2: Promedio de generación de residuos orgánicos por día.

Residuo	Día	Cantidad (Tanques)	Volumen (m ³)	Peso (kg)	Promedio V (m ³)	Promedio W (kg)
Frutas y Verduras	11/07/2018	4	0,177	105	0,709	420
	14/07/2018	4	0,163	112	0,651	448
	17/07/2018	4	0,173	129	0,864	645
Total		5	0,513	346	2,223	1513
Promedio			0,171	115	0,741	504

Seguimiento y monitoreo a los parámetros fisicoquímicos del proceso de compostaje.

El tiempo sugerido para el proceso de compostaje fue de 45 días, por lo que este fue el tiempo de elaboración del compost. Dividido en 7 semanas. En la Tabla 6 se observan las variables monitoreadas durante las 7 semanas establecidas para la duración del compost.

Tabla 3. Semanas de seguimiento y control de humedad, pH y Temperatura

Semanas	Fecha
1	12-18 Julio
2	19-25 Julio
3	26-02 Agosto
4	03-09 Agosto
5	10-16 Agosto
6	17-23 Agosto
7	24-26 Agosto

Humedad

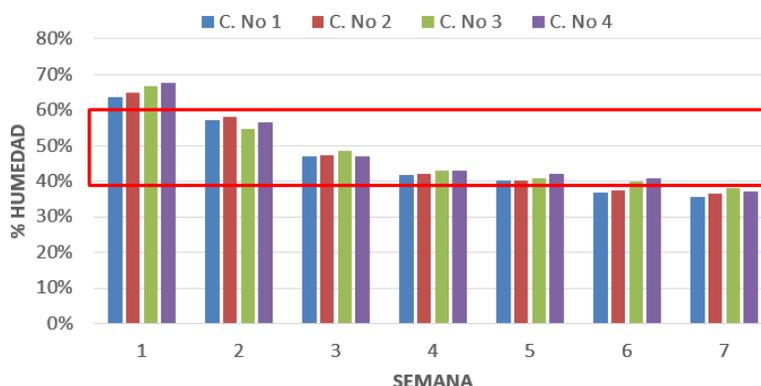


Figura 1. Porcentaje de humedad por semana

Todas las composteras iniciaron con una humedad superior al 70% y fue necesario la realización de volteos durante todos los días de la primera semana, como recomendación de (FAO, 1991) esto sirve para acelerar la deshumidificación y evitar condiciones que favorezcan la putrefacción; al inicio de la segunda semana hasta la cuarta semana se mantuvo en el rango óptimo de humedad para el proceso de degradación, es decir, entre el (40% - 60%), que fue el rango elegido para el proceso de compostaje como se muestra en la Figura 1.

Durante el último día de culminación del proyecto según la NTC 5167 de 2004, para fertilizantes o abonos orgánicos, el contenido de humedad para materiales de origen vegetal no debe ser superior al 35%, este requisito lo cumplieron las composteras No.1

con 34% y la compostera No. 2 con 35%; la compostera No.3 y No.4 no cumplieron con este parámetro con valores de 36% y 37%.

Medida pH

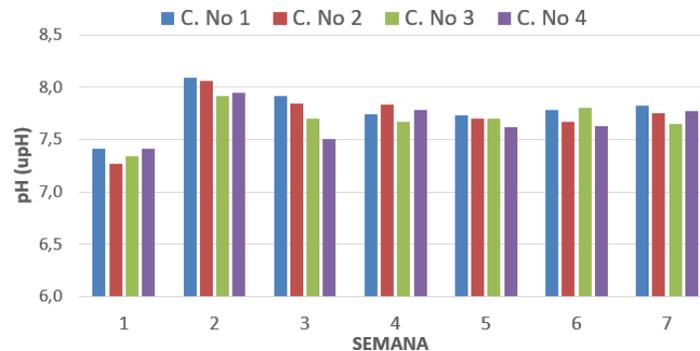


Figura 2. Evolución del pH

En la Figura 2 se observa que durante todo el proceso de descomposición el pH se mantuvo en los rangos de (6 - 9) tomando valores de 6, presentando un progreso del pH directamente proporcional a la temperatura, para temperaturas superiores entre (40°C - 65°C), el pH será entre (7 - 8). Durante los tres primeros días en la etapa termófila estuvo en aumento el pH, que según (Rueda, P. 2005) es a causa del consumo de los ácidos orgánicos por parte de los microorganismos, mientras que se da la producción de iones de potasio, magnesio y calcio.

Durante el proceso de compostaje los dos tratamientos y sus respectivas repeticiones, presentaron una similitud en la evolución del pH, presentándose el pico más bajo al inicio del proceso y este pico aumentó la semana siguiente del proceso hasta presentarse pH superiores a 8, desde la tercera semana desciende y se mantiene entre los rangos (7,1 - 8), la mayor parte del tiempo la compostera No.1 reporto los valores más altos apreciables en la Figura 2.

Temperatura

Durante la primera semana del proceso de degradación, se presentaron las temperaturas más altas en las composteras entre los 46°C - 63°C, es decir, presentó el tope máximo de temperatura en cada cajón antes de ser volteado el material; pasando de manera directa a la fase termófila del proceso, mientras que como indica la Figura 3 y 4 en la semana tres ya empezó a descender la temperatura; continuando este descenso notorio hasta la semana cuatro donde se presenta la fase Mesófila, con temperaturas que no superan los 40°C. Esto se debe en particular a la actividad de los microorganismos ya que estos son los que realizan la transformación del material orgánico, liberándose energía en forma de calor.

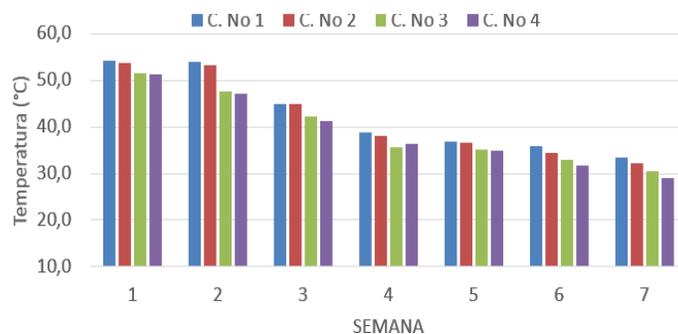


Figura 3. Temperatura presentada durante el proceso de compostaje



Figura 4. Fases presentadas durante el proceso de compostaje

Resultados del producto final obtenido del proceso de compostaje

Resultados fisicoquímicos.

Las composteras No 1 y No 2 cumplen con todo lo establecido en los parámetros fisicoquímicos establecidos para fertilizantes y abonos orgánicos de la NTC 5167 de 2004 como se puede observar en las tablas 13 y 14, las composteras que no fueron inoculadas con EM (composteras No 3 y No 4) cumplieron con solo el 60% de lo establecido en la NTC 5167 de 2004 como se pudo observar en la Tabla 7 y 8.

Tabla 4. Caracterización fisicoquímica del producto final vs valores establecidos por la NTC 5167 de 2004 (Compostera No 1 con inoculación de EM)

Parámetros	Unidades	Valor Obtenido	Valor Establecido (NTC 5167)	Cumple
Cenizas	%	49.34	máximo 60%	Si
Humedad	%	33.45	máximo 35%	Si
Carbono Orgánico	%	18.57	mínimo 15%	Si
Relación C/N	P:P	16.43	máximo 20	Si
CIC	Cmol (+)*	41.78	mínimo 30 cmol (+)*	Si
pH	-LogH+	8.20	4 – 9	Si
Densidad		0.55	máximo 0.6	Si
Nitrógeno Total (N)	%	1.13	mayor de 1%	Si
Potasio (K)	%	1.10	mayor de 1%	Si
Fosforo (P)	%	1.14	mayor de 1%	Si

Tabla 5. Caracterización fisicoquímica del producto final vs valores establecidos por la NTC 5167 de 2004 (Compostera No 2 con inoculación de EM)

Parámetros	Unidades	Valor Obtenido	Valor Establecido (NTC 5167)	Cumple
Cenizas	%	48.02	máximo 60%	Si
Humedad	%	34.83	máximo 35%	Si
Carbono Orgánico	%	18.12	mínimo 15%	Si
Relación C/N	P:P	9.43	máximo 20	Si
CIC	Cmol (+)*	39.29	mínimo 30 cmol (+)*	Si
PH	-LogH+	8.07	4 – 9	Si
Densidad		0.56	máximo 0.6	Si
Nitrógeno Total (N)	%	1.92	mayor de 1%	Si
Potasio (K)	%	1.44	mayor de 1%	Si
Fosforo (P)	%	1.14	mayor de 1%	Si

Tabla 6. Caracterización fisicoquímica del producto final vs valores establecidos por la NTC 5167 de 2004 (Compostera No 3 sin inoculación de EM)

Parámetros	Unidades	Valor Obtenido	Valor Establecido (NTC 5167)	Cumple
Cenizas	%	48.46	máximo 60%	Si
Humedad	%	36.19	máximo 35%	No
Carbono Orgánico	%	12.57	mínimo 15%	No
Relación C/N	P:P	14.61	máximo 20	Si
CIC	Cmol(+)*	37.15	mínimo 30 cmol (+)*	Si
PH	-Log H ⁺	7.89	4 - 9	Si
Densidad		0.65	máximo 0.6	Si
Nitrógeno Total (N)	%	0.86	mayor de 1%	No
Potasio (K)	%	0.65	mayor de 1%	No
Fosforo (P)	%	0.57	mayor de 1%	No

Tabla 7. Caracterización fisicoquímica del producto final vs valores establecidos por la NTC 5167 de 2004 (Compostera. No. 4 Sin inoculación de EM)

Parámetros	Unidades	Valor Obtenido	Valor Establecido (NTC 5167)	Cumple
Cenizas	%	50.45	máximo 60%	Si
Humedad	%	37.76	máximo 35%	No
Carbono Orgánico	%	11.29	mínimo 15%	No
Relación C/N	P:P	16.31	máximo 20	Si
CIC	Cmol(+)*	35.29	mínimo 30 cmol (+)*	Si
PH	-LogH+	8.02	4 – 9	Si
Densidad		0.56	máximo 0.6	Si
Nitrógeno Total (N)	%	0.69	mayor de 1%	No
Potasio (K)	%	0.49	mayor de 1%	No
Fosforo (P)	%	0.78	mayor de 1%	No

Resultados microbiológicos.

De acuerdo con los resultados obtenidos del compost por el laboratorio microbiológico, se pudo observar, que las composteras No. 1 y No. 2 cumplieron con los parámetros establecidos, en la NTC 5167 de 2004 para niveles máximos de patógenos, en la composteras No. 3 y No. 4 se presentó ausencia de *Salmonella sp*, con exceso del límite máximo de Enterobacterias totales. La Figura 3 muestra que para las composteras 1 y 2 inoculadas con EM se presentaron las temperaturas más elevadas durante la fase termófila incluso superando valores de 60 °C en el proceso de compostaje por lo que estas temperaturas favorecieron la destrucción de los patógenos.

Tabla 8. Caracterización microbiológica del producto final vs valores establecidos por NTC 5167 de 2004 (Compostera No.1 Con Inoculación de EM)

Parámetros a caracterizar	Unidades	Valor Obtenido	Valor establecido	Cumple
Enterobacterias totales	UFC/g	600	Menos de 1000 UFC/g de Producto final	Si
<i>Salmonella sp</i>	UFC/g	Ausente	Ausente en 25g de producto final	Si

Tabla 9. Caracterización microbiológica del producto final vs valores establecidos por NTC 5167 de 2004 (Compostera No 2 con Inoculación de EM)

Parámetros a caracterizar	Unidades	Valor Obtenido	Valor establecido	Cumple
Enterobacterias totales	UFC/g	400	Menos de 1000 UFC/g de Producto final	Si
<i>Salmonella sp</i>	UFC/g	Ausente	Ausente en 25g de producto final	Si

Tabla 10. Caracterización microbiológica del producto final vs valores establecidos por NTC 5167 de 2004 (Compostera No 3 sin Inoculación de EM)

Parámetros a caracterizar	Unidades	Valor Obtenido	Valor establecido	Cumple
Enterobacterias totales	UFC/g	1300	Menos de 1000 UFC/g de Producto final	No
<i>Salmonella sp</i>	UFC/g	Ausente	Ausente en 25g de producto final	Si

Tabla 11. Caracterización microbiológica del producto final vs valores establecidos por NTC 5167 de 2004 (compostera No.4 Inoculación de EM)

Parámetros a caracterizar	Unidades	Valor Obtenido	Valor establecido	Cumple
Enterobacterias totales	UFC/g	1700	Menos de 1000 UFC/g de Producto final	No
<i>Salmonella sp</i>	UFC/g	Ausente	Ausente en 25g de producto final	Si

CONCLUSIONES

Se elaboraron cuatro compostajes con los residuos orgánicos provenientes del establecimiento comercial Megafruver del municipio de Fonseca, en el cual las composteras No 1 y su réplica la No 2 presentaron inoculación de EM obteniendo un compost nutricional, rico en nutrientes para cualquier cultivo de hortaliza, con buenos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, demostrando el potencial de la implementación de esta práctica por ser un proceso de bajo costo y un remplazo de la utilización de fertilizantes químicos que solo causan el deterioro de los suelos, siendo una solución amigable para la recuperación de suelos, para la compostera No 3 y su réplica la No 4 sin inoculación de EM los resultados obtenidos no fueron tan favorables presentando bajos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

Para la elaboración del compost, se establecieron como factores determinante para una mejor eficiencia durante el proceso de compostaje una relación C/N de 30/1, humedad de (40 - 70)%, reducir el tamaño de los residuos entre 3 - 6 centímetros, seguimiento de la temperatura no permitiendo superar los 65°C, seguimiento al pH, la realización de un volteo diario durante la primera semana y un volteo semanal desde la segunda semana hasta la quinta semana, presentándose un óptimo proceso de compostaje siendo un ambiente apto para la actividad microbiana y al finalizar los 45 días se obtuviera un compost de buena calidad en la compostera No 1 con EM y su réplica la compostera No 2, todo esto gracias a las fuentes bibliográficas tenidas en cuenta la para realización de este proyecto.

Para la determinación de las magnitudes de las composteras, se estableció que la relación entre ancho y largo de composteras a gran escala era menor o igual a 1, y al hacer la escala al sistema piloto, se mantuvo una relación de 0,77 que fue el cociente que garantizó un buen dimensionamiento del sistema de compostaje, de acuerdo con los diseños referenciados por otros autores y que no alteraba los demás parámetros de construcción de las composteras, tales como, la altura de la capa, peso de cada componente y relación C/N de cada componente.

Para el diseño de las pilas de compostaje, se utilizaron medidas de prevención, mitigación y control, tales como el control de olores por medio del volteo semanal, el plástico protector de cada composteras evitó y controló vectores, el control de lixiviados por la frecuencia y cantidad de riego aplicado, los canales de lixiviación y el constante monitoreo, dando como resultado un buen funcionamiento del sistema y un desarrollo satisfactorio en las fases del proceso de compostaje, obteniendo los resultados esperados dentro de los rangos establecidos en la Tabla 4 (al iniciar el proceso) y al finalizar el proceso basados en la NTC 5167 de 2004.

En la parte física se pudo observar una óptima degradación del material orgánico en las cuatro composteras presentando al final del proceso la textura, consistencia y la coloración ideal. Durante el proceso de degradación de los residuos orgánicos no se presentaron malos olores, hubo presencia de vectores por un determinado tiempo favoreciendo a la degradación de los residuos, como puede constatarse en los resultados finales obtenidos en las composteras con inoculación de EM.

Las cuatro composteras presentaron una reducción del 49% de su volumen al terminar el proceso de compostaje con la diferencia que las que fueron inoculadas con EM (No.1 y

No.2) presentaron un compost maduro y las que no fueron inoculadas con EM (No.3 y No.4) presentaron un compost joven, se debe tener en cuenta esta característica para la aplicación de este tipo de compost al cultivo y la época del año en el que se utilizara.

Se aprecia que la presencia de enterobacterias en las composteras No 1 y No 2 es inferior a los límites establecidos por la norma mientras que las composteras No 3 y No 4 exceden dicho límite. Esto se puede explicar debido a las ventajas que ofrecen los EM debido a que aceleran el incremento de las temperaturas, manteniéndose en la etapa termófila del proceso, independiente de la aireación y las condiciones ambientales por lo que se alcanzan mayores temperaturas que sirven para erradicar la mayoría de microorganismo patógenos que no son termotolerantes.

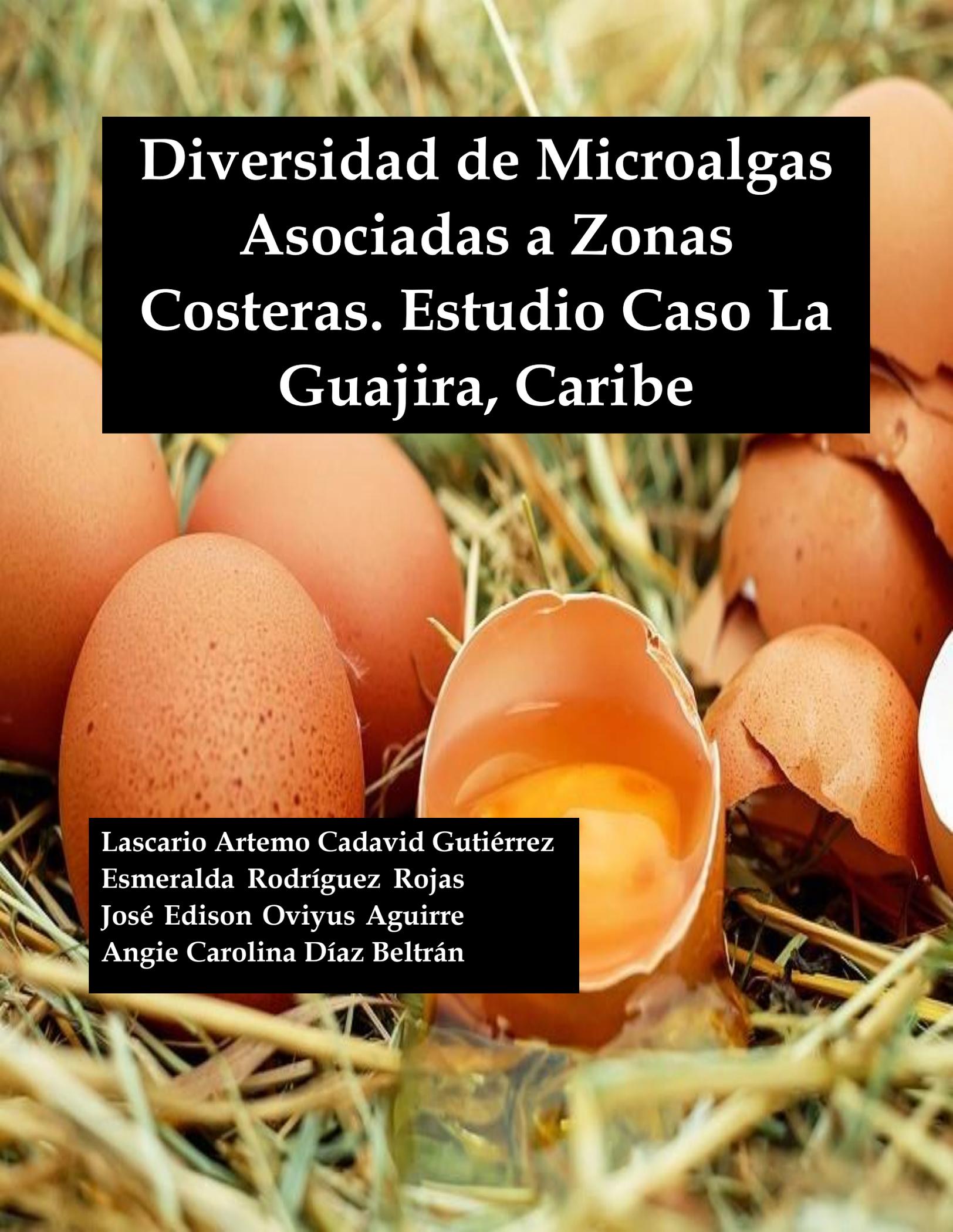
Realizando una comparación del proyecto **“EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO CON MICROORGANISMOS EFICIENTES PARA LA PRODUCCIÓN DE COMPOST EN EL CENTRO AGROEMPRESARIAL Y ACUICOLA”** con los resultados obtenidos en otros proyectos similares, es viable gracias a los resultados obtenidos en las composteras No 1 y No 2 con inoculación de EM, cumpliendo con los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, en los resultados finales del compost, en las composteras No 3 y No 4 los resultados no fueron los más favorables requiriéndose, un mayor tiempo para la obtención de un compost maduro, una pila con un mayor volumen, con un sistema que favorezca a la aireación, el aumento de temperatura, un control riguroso y seguimiento óptimo, durante el proceso de degradación de los residuos orgánicos, teniendo una mejor actividad de los microorganismos que son parte fundamental del proceso de compostaje y obtener mejores resultados en el compost resultante.

¿Qué beneficios adicionales presento la presente investigación? Como parte fundamental de la presente investigación se realizó una capacitación al personal que integran el establecimiento comercial Megafruver de Fonseca, con el objetivo de fortalecer el conocimiento de los residuos sólidos generados, optimizar el manejo que llevan acabo de los residuos sólidos orgánicos, dar a conocer los usos de los residuos orgánicos y los beneficios logrados con su reutilización para la obtención de compost, enseñar los beneficios de la implementación de los EM, que son, de donde provienen, aplicaciones, productos obtenidos, ventajas de esta tecnología EM y como se puede utilizar, con el fin de reducir los residuos sólidos que son aprovechables.

BIBLIOGRAFIA

- Bejarano, E., & Delgadillo, S. (2007). Evaluación de un tratamiento para la producción de compost a partir de residuos orgánicos provenientes del rancho de comidas del Establecimiento Carcelario de Bogotá “La Modelo” por medio de la utilización de microorganismos eficientes (EM). Bogota: Universidad de la Salle.
- Cegarra, J. (2004). *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Madrid: Díaz de Santos.
- Contreras C. (2006). *Manejo integral de aspectos ambientales-Residuos sólidos*. Bogota: Pontificia Universidad Javeriana.
- Correa, M. (2005). *¿Cuál es la tecnología de microorganismos eficaces? ¿Cómo nos puede ayudar?* Bogota: Publicado en Material del Curso Resistencia: lecciones de civilidad.
- FAO. (1991). *Manejo del suelo: Producción y uso del compost en ambientes tropicales y subtropicales Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la*

- Alimentación. Roma. 1991. 177 p. . Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.*
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico D.F.: McGraw-Hill.
- Jaramillo Henao, G., & Zapata Marquez, L. (2008). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia*. Universidad de Antioquia.
- Rueda Peña, P. A. (2005). *Compostaje con EM*. Bogotá: Fundación de Asesorías para el Sector Rural (FUNDASES).



Diversidad de Microalgas Asociadas a Zonas Costeras. Estudio Caso La Guajira, Caribe

**Lascario Artemo Cadavid Gutiérrez
Esmeralda Rodríguez Rojas
José Edison Oviyus Aguirre
Angie Carolina Díaz Beltrán**

5. El Color Azul de la Cáscara del Huevo en la Gallina Criolla Colombiana no es Debido a la Inserción EAV-HP en el Gen SLCO1B3.

The Blue Color of The Egg In The Colombian Creole Hen Is Not Due To The EAV-HP Insertion In The SLCO1B3 gene.

Lascario Artemo Cadavid Gutiérrez, SENA, Centro Latinoamericano de Especies menores CLEM Tuluá

Esmeralda Rodríguez Rojas, SENA, Centro Latinoamericano de Especies menores CLEM Tuluá

José Edison Oviyus Aguirre, SENA, Centro Latinoamericano de Especies menores CLEM Tuluá

Angie Carolina Díaz Beltrán, SENA, Centro Latinoamericano de Especies menores CLEM Tuluá

E-mail: lacadavid@sena.edu.co

RESUMEN:

La gallina criolla colombiana presenta un variado colorido y distribución de en su plumaje, algunas diferencias en el peso vivo adulto, el tamaño del huevo la talla del ave, pero una de las características fenotípicas que llama la atención, es el color de la cascara del huevo, que puede ir de un marrón pálido casi blanco al marrón oscuro, un verde oliva y el más atractivo el azul. En 300 aves del núcleo de conservación de la gallina criolla del Centro Latinoamericano de Especies Menores fue extraído el ADN mediante la técnica Salting-Out, cuantificación de ADN y amplificación del gen SLCO1B3 para determinar la presencia de la inserción EAV-HP (24pb) que codifica la expresión del color azul en la cascara del huevo. Se amplificó un fragmento de 109 pares de bases (pb) que corresponde a la ausencia de inserción, por tanto, la frecuencia del alelo de cascara de color azul en la gallina criolla fue de cero, sin embargo, la presencia de fenotipo Oocyan en las aves evaluadas, permite inferir que dicha inserción se encuentra en un sitio diferente tal como ocurre en las razas Araucana de Chile y la Dongxiang de China. Por último, se sugiere nuevos estudios encaminados a determinar el sitio de inserción en la gallina criolla colombiana.

PALABRAS CLAVES: huevo de cascara azul, biliverdina, transportador de sales, gallina criolla

ABSTRACT

The Colombian creole hen presents a varied color and distribution of its plumage, some differences in the adult live weight, the size of the egg the size of the bird, but one of the phenotypic characteristic that draws attention markedly is the color of the shell of the Egg, which can range from a very pale brown almost white to dark brown, an olive green and the most attractive blue. DNA was extracted using Salting-Out technique, DNA quantification and amplification of the SLCO1B3 gene to determine the presence of the EAV-HP (24pb) insertion in 300 birds of the conservation center of the hen from the Latin American Center for Smaller Species. Encodes the expression of the blue color in the egg shell. A fragment of 109 base pairs (pb) corresponding to the absence of insertion was amplified, therefore, the frequency of the blue shell allele in the creole hen was zero, however, the presence of Oocyan phenotype in the Evaluated birds, allows to infer that this insertion is in a different place as it happens in the races Araucana of Chile and the Dongxiang of China. Finally, we suggest new studies aimed at determining the insertion site in the Colombian Creole hen.

KEYWORDS: Blue shell egg, biliverdin, salt transporter, Creole hen.

INTRODUCCIÓN

El sector avícola en el departamento del Valle del Cauca ha tenido un importante crecimiento, comparado con la producción nacional. De acuerdo con la Federación Nacional de Avicultores de Colombia – FENAVI (FENAVI, 2016), durante el año 2016 el Valle del Cauca creció en un 10,15% en el sector del pollo, por encima de la tendencia nacional que fue del 4,8%. De igual manera pasa en el sector huevo, donde se registró un crecimiento del 21,0%, valor que está por encima de la tendencia nacional que fue del 5.3%.

Para el Centro Latinoamericano de Especies Menores CLEM, el sector avícola hace parte fundamental de los procesos de formación e investigación aplicada que se desarrollan. En este sentido, el SENA y el sector productivo están realizando una importante inversión en la actualización tecnológica de las unidades productivas para la producción avícola, con el objetivo de dar respuesta a los requerimientos del sector para el mejoramiento de la competitividad de los procesos (Suarez, 2017).

FUDAMENTO TEÓRICO

La gallina criolla colombiana es parte de la cultura rural, donde cumple una importante función en la seguridad alimentaria de las familias campesinas, por la provisión de huevos y carne. Evaluaciones realizadas en el CLEM demuestran que son más eficientes en el aprovechamiento de materias primas propias de la región disminuyendo su costo de mantenimiento y liberando presión a la lucha existente entre la alimentación humana y la alimentación animal (Rodríguez, 2016). Por ser un ave de alta rusticidad y adaptabilidad, sus requerimientos nutricionales son mínimos, dado que más del 60% lo adquieren por el consumo de insectos, nemátodos, larvas *et al* organismos que hacen parte de la biota natural de los cultivos y áreas rurales. Esta particularidad en su nutrición es complementada con los desperdicios de cocina y residuos de cosecha (Valencia LI, 2011).

Resultados de observaciones en campo realizadas determinaron que una dieta básica de maíz, mogolla, harina de yuca, y pre mezcla vitamínica y mineral para gallina ponedora, proporcionada en un 60% y como fuente de proteína, larva de mosca común criada en un sustrato de gallinaza, cosechada y suministrada al sexto día de la ovoposición de las moscas, aporta los requerimientos nutricionales básicos de estas aves (Rodríguez, 2016).

Existen aproximadamente ocho subespecies de gallina criolla en Colombia, entre ellas están la Santandereana, Barbada, Tapucha, Carioca, Chusca, Fina, Zamarrona y Copetona, y han sido clasificadas de acuerdo a la utilidad que se requiere, sea para la producción de carne o huevos (Valencia LI, 2011).

El núcleo de gallinas criollas existente en el Centro Latinoamericano de especies menores inicio su conformación desde el año 1990 con 50 ejemplares aproximadamente tiempo desde el cual no se les realiza plan vacunal periódico, situación que lo determina a la fecha como un núcleo que puede ser resistente a las enfermedades de control sanitario reportadas en el país, esta particularidad brinda garantías al productor rural por la fortaleza inmunológica alcanzada por estos individuos a través del tiempo y selección genética natural (Figura 1).



Figura 1: Ejemplares criollos del Centro Latinoamericano de Especies Menores

Dentro del grupo de gallinas criollas colombianas existen unas líneas que, por variación genética, dan una coloración azul en la cascara del huevo (Figura 2).



Figura 2. Huevos de cáscara azul – Centro Latinoamericano de Especies Menores

El CLEM cuenta con ejemplares de la subespecie, Zamarrona, Carioca, Tapuncha, Barbada, Copetona y Chusca seleccionadas en grupos productivos o familias de acuerdo a sus características fenotípicas, todas con presencia de machos reproductores para la producción de huevo fértil encaminados a la conservación y fomento de la gallina criolla.

El proceso de pigmentación en los huevos se presenta cuando entra al útero sin cascara y las células epiteliales, por medio de la glándula calcárea, comienzan a añadir carbonato de calcio, las próximas 15 horas aproximadamente para así formar un huevo completo. Una vez se ha terminado este proceso, las mismas células añaden la cutícula y los pigmentos a la cascara” (Van Krey, 1990). “Existen diferentes pigmentaciones en la cáscara del huevo (azul, marrón, verde y blanco), estos se presentan de acuerdo a una raza en particular o cruces de diferentes razas, donde se busca mejorar la genética y sacar un doble propósito de líneas mejoradas” (Sparks, 2011).

El color está determinado por los pigmentos que integran la cutícula que depositan las células epiteliales del útero, la cutícula es un revestimiento líquido, proteico y cargado de grasa que es agregado a la cascara minutos antes de la ovoposición (Van Krey, 1990) (Peebles ED, 1998). El color de la cáscara es un proceso que implica dos pigmentos que son la protoporfirina y la biliverdina, que se producen en la parte calcárea donde se forma la cáscara del huevo. Se han realizado estudios de la relación entre protoporfirina y biliverdina, y no se encontró diferencia significativa en los dos pigmentos (Wang, 2010).

El pigmento marrón conformado en su mayoría por protoporfirina –IX, es añadido en los 90 minutos antes de la postura del huevo (Butcher, 1995); la protoporfirina se forma de una proteína hem que conformaba un glóbulo rojo y sufre la transformación en la células epiteliales del útero, estos pigmentos se añaden a la superficie o el entramado de la cascara (Lang, 1987), cuando se añaden a la superficie con frotar la cascara se evidencia la fase blanca de carbonato de calcio, pero cuando se añade al entramado de la cascara toda tiene el mismo color (Punnett, 1920) (Steggerda, 1944).

Se dice que la estructura química presentada en el color de la biliverdina es la misma bilis (líquido producido por el hígado de la gallina) que está incorporada en la sangre, por tal razón se presenta este pigmento (Hsiu-Chou Liu, 2010). Se encontró biliverdina-IX, y quelatos de zinc en la cáscara del huevo azul, pero cuando se produce un huevo de pigmentación verde en la cáscara, es porque el ave debe llevar los genes para la cáscara de huevo de color marrón y cáscara de huevo azul (biliverdina y protoporfirina, Figura 3 (Butler MW, 2016). La profundidad del color verde en el huevo depende de la tonalidad de la cutícula de color marrón o cantidad de pigmento marrón que se añada a la hora de formarse la cutícula, ya que si se produce insuficiente pigmento marrón, el huevo será de color verdoso teñido de azul, mientras que las aves que producen una cutícula de color marrón oscuro presentaran un color verde oliva en el huevo (D.R. Ingram, 2008).



Figura 3: Huevos de cascara verde y marrón— Centro Latinoamericano de Especies Menores

Un estudio sobre la expresión del gen que codifica para la hemoxigenasa (HMOX1), enzima encargada de degradar el grupo hem de los eritrocitos a biliverdina en el bazo y el hígado, determino que el gen se expresa 1,58 veces en gallinas de huevo azul sobre gallinas de huevo marrón, por tanto la hemoxigenasa tiene un papel importante en la coloración del huevo (Wang ZP, 2011).

En América dos de las razas más importantes que ponen huevos de cascara azul son la Araucana y la Ameraucana, la variación en calidad es mínima siendo su mayor diferencia el color de la cascara, este se da por la presencia del pigmento biliverdina que es sintetizado en la glándula de la cascara ubicada en las paredes del útero, a medida que se agregan capas de carbonato de calcio para la formación de la cascara las células epiteliales van agregando el pigmento conformando el color desde la parte interna hasta la cutícula (Zhao, 2006) (Kennedy, 1973) (Punnett, 1920), caso diferente en los huevos marrón que el color solo es en la cutícula o capa externa de la cascara (Punnett, 1920) (Steggerda, 1944).

La característica del huevo azul, también es llamada Oocyan. Esta característica se hereda de forma autosómica dominante, con dos alelos (O^*LN y O^*LC) y tres fenotipos así: O^*LN/O^*LN de huevo marrón, O^*LN/O^*LC de huevo de color intermedio entre marrón y azul y O^*LC/O^*LC de huevo azul (Figura 4). Análisis de ligamiento genético asociaron el brazo corto del cromosoma 1 con la característica. Estudios de mapeo genético en el cromosoma 1 reportaron, que una inserción de 24 pares de bases (GTTTCCCTCGCTACGCATACAACA) en la región 5' del promotor del gen $SLCO1B3$ que codifica para un transportador de compuestos orgánicos ($OATP1B3$) es el responsable de la coloración azul del huevo. Dicha inserción ocasiona una sobre expresión del gen $SLCO1B3$ cambiando el color del huevo de marrón a azul (Wang Z, 2013).

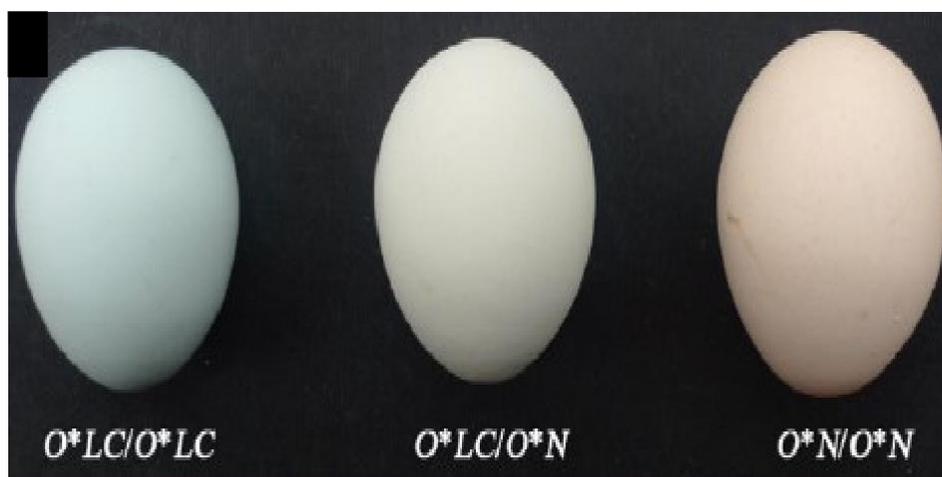


Figura 4. Diferentes coloraciones del huevo, según la característica Oocyan. Fuente: Adaptado Wang et al., 2013

El gen $SLCO1B3$ (transportador de aniones orgánicos) de la familia de polipéptidos transportadores de aniones orgánicos ($OATP$) actúa transportando compuestos orgánicos en la membrana incluyendo sales biliares, siendo responsable del color azul de la cascara del huevo (Wang Z, 2013).

En el Centro Latinoamericano de Especies Menores se desarrolló un proyecto en la línea de investigación aplicada del Sistema de Investigación Desarrollo Tecnológico e Innovación - SENNOVA, para la conservación de estas líneas de aves criollas seleccionadas mediante técnicas moleculares, identificando el gen que expresa la coloración azul de la cascara del huevo, para luego conformar 5 núcleos productivos e iniciar cruzamientos entre estas familias para la fijación del gen y conservación de dicha característica. Por tanto, el objetivo de esta investigación fue genotipar gallinas criollas para el gen de cáscara azul.

METODOLOGÍA

El trabajo se desarrolló en el Centro Latinoamericano de Especies Menores, ubicado en el kilómetro 2 variante Tuluá – Buga, del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA–Regional Valle. Se realizaron visitas a fincas campesinas con unidades de producción de gallina criolla en la zona de influencia del centro CLEM, en los municipios de Roldanillo, Trujillo, Dagua, Darién, Restrepo, Jamundí, Cali, Cartago, Zarzal, Palmira y departamentos aledaños, entre ellos Quindío, Risaralda, Huila, Caldas y Cauca. Se identificaron unidades productivas de cría de gallina criolla que presentan la característica del color azul en la cáscara del huevo.

En 300 aves del núcleo de conservación de la gallina criolla del CLEM fue extraído el ADN mediante la técnica Salting-Out, cuantificación de ADN y amplificación del gen SLCO1B3. Se amplificó un fragmento de 109 pares de bases (pb) cuando el individuo no tiene la inserción y uno de 133 pb cuando sí tiene la inserción. La reacción en cadena de la polimerasa se realizó en un volumen final de 50 μ l, que contenía 30,6 μ l de agua MilliQ, 1 μ l de ADN genómico 100 ng/ μ l (nanogramo/microlitro), 0,2 mM (milimolar) de dNTPs, 1X del tampón Taq, 0,006 μ M de los cebadores empleados SLCO1B3 F (5'-GTAAACCTAACATTTTTCTCAACA-3'), SLCO1B3 R (5'-TCCAATGCACTAATCTGCCATATTA 3-'), y 2U de DNA taq polimerasa. Las muestras se desnaturalizaron inicialmente a 94°C durante 4 minutos, un primer ciclo 95°C durante 45 segundos, seguido se hibridó a 50°C durante 1 minuto, la extensión final se fijó en 72°C por 7 minutos y todo el proceso se continuó durante 32 ciclos. La reacción se realizó usando un termociclador (PeqSTAR 2X Gradient Cycler). El producto amplificado se visualizó en un gel de agarosa al 2% en tampón TBE 0,5 X (tris-borato 0,045 M; EDTA 0,001M), a 100 V por 45 minutos. En cada uno de los pozos de agarosa se depositaron 3 μ l del producto de PCR por muestra, la visualización se realizó con un transiluminador de intensidad variable FISHER SCIENTIFIC (FBTIV-88) empleando como agente intercalante GelRed™ (4 μ l de GelRed/1500 μ l de azul de carga). El peso del fragmento obtenido se estimó por comparación con una escalera de 100 pb (Thermo Scientific™) (Figura 5).

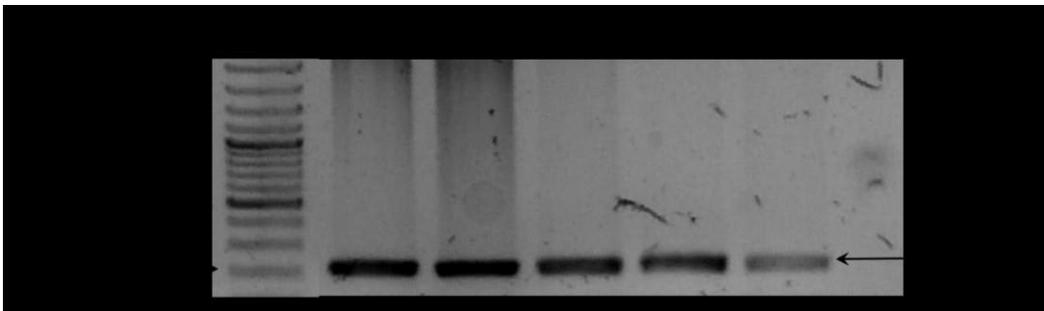


Figura 5. Amplificación por PCR del gen SLCO1B3. MP: marcador de peso molecular de 100 pares de bases, otros carriles, gallinas criollas con la banda de 109 pares de bases.

Se calcularon las frecuencias alélicas, genotípicas y fenotípicas y el equilibrio de Hardy-Weinberg para la población estudiada.

RESULTADOS

Los 300 individuos evaluados mostraron la presencia de una banda de 109 pares de bases, evidenciando la presencia y exitosa amplificación del gen SLCO1B3 que codifica para el color azul de la cascara del huevo; ninguna amplifico la banda de 133 pares de bases que es donde se evidencia la sobre expresión del gen SLCO1B3 por la inserción de 24 pares de bases en su región promotora de la gallina Dongxiang de China y las Araucanas de Chile.

En las 300 aves genotipadas se amplifico el gen SLCO1B3 exitosamente (Figura 1). Sin embargo, en ninguna se logró determinar la presencia de la inserción de los 24 pares de bases, aun cuando se habían identificado fenotípicamente gallinas con la característica del huevo azul. Por tanto, la frecuencia del alelo O*LC y genotípica (O*LC/O*LC) fue de 0%, además, los resultados mostraron que la población se encontraba en equilibrio de Hard-Weinberg, indicando que en la población evaluada hay ausencia de procesos de selección natural y/o artificial. La frecuencia del alelo de huevo de cascara azul (O*LC) se ha reportado en las razas de gallinas Dongxiang, Lushi y Araucanas con frecuencias de 0,92, 0,83 y 0,79 respectivamente (Wang Z, 2013).

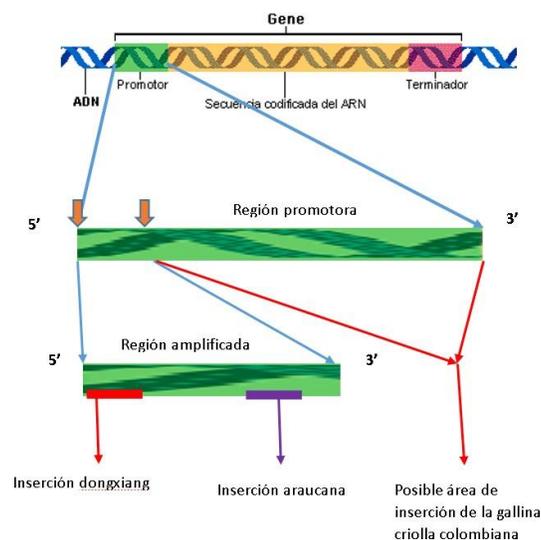


Figura 6: Esquema ilustrativo de la amplificación de un área de la región promotora del gen SLCO1B3 donde se encuentra la inserción de 24 pares de bases en la gallina dongxiang de china y araucana de chile y posible área donde se encontraría la inserción para la gallina criolla colombiana.

De otro lado, la observación de los fenotipos de las gallinas permitió identificar que el 7% de las gallinas presentes en el núcleo del CLEM presentan el fenotipo de interés (cascara azul - Oocyan), así la frecuencia del alelo O*LC que codifica para cáscara azul presentó una frecuencia del 25%. Sabiendo que el alelo de color azul domina al alelo de color marrón (O*LN), el mejoramiento genético a favor del alelo de interés sería de gran facilidad, y con solo la incubación de huevos azules, la frecuencia alélica después de una generación aumentaría hasta un 57%, y al cabo de 3 generación habríamos fijado la característica de huevo azul en el núcleo del CLEM.

La presencia de la característica fenotípica del color azul en la cascara del huevo y la ausencia de la inserción en la amplificación de la PCR, nos lleva a concluir que existe una posibilidad que el sitio de inserción de dicho fragmento es diferente en la gallina criolla Colombiana y está fuera de la región promotora del gen SLCO1B3 amplificada y que esta reportado en otras razas de gallinas que ponen huevos de cascara azul como la Dongxiang de China y las Araucanas de Chile, que incluso entre ellas tienen diferente sitio de inserción (Figura 6).

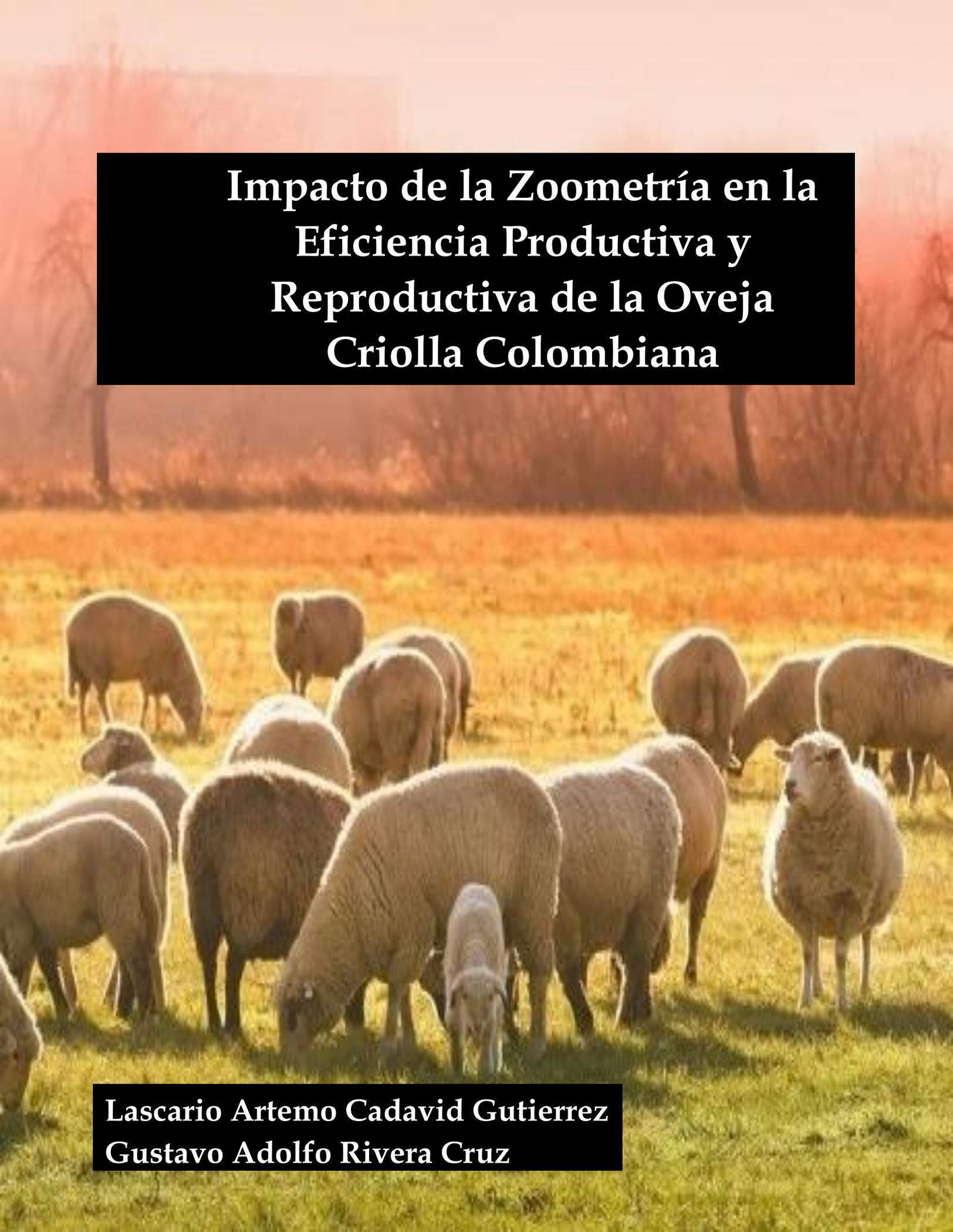
RECOMENDACIÓN

Sería interesante profundizar en el estudio de la secuenciación de dicho gen en las gallinas criollas, con el fin de determinar el sitio de inserción y así mejorar la precisión en el genotipado.

BIBLIOGRAFIA

- Butcher, G. D. (1995). Factors causing poor pigmentation of brown- shelled eggs. (Univ.Florida, Ed.) *Cooperative Extension Service Fact Sheet VM94. Institute. Food and Agriculture Science.*
- Butler MW, W. H. (2016). Eggshell biliverdin concentration does not sufficiently. *Avian Biology.*
- D.R. Ingram, L. H. (2008). A Study on the Relationship Between Eggshell Color and Eggshell Quality in Commercial Broiler Breeders. *International Journal of Poultry Science.*
- FENAVI. (16 de Enero de 2016). <http://www.fenavi.org>. Obtenido de <http://www.fenavi.org>: http://www.fenavi.org/index.php?option=com_content&view=article&id=3371:cali-sera-epicentro-del-14-encuentro-avicola-del-pacifico-&catid=454:comunicados-de-prensa&Itemid=1348
- Hsiu-Chou Liu, a. W.-K. (2010). Eggshell pigmentation: a review. *Journal Chine Society Animal Science*, 75-89.
- Kennedy, G. Y. (1973). Eggshell pigments of the Araucano fowl. *Compositium Biochemical Physiology*, 44B:11–35.
- Lang, M. R. (1987). A review of eggshell pigmentation. *World's Poultry Science*, J. 43:238–246.
- Peebles ED, P. T. (1998). Effects of dietary fat and eggshell cuticle removal on egg water loss and embryo growth in broiler hatching eggs. *Poultry Science*, 10:1522-30.
- Punnett, R. a. (1920). Genetic Studies in Poultry. II. Inheritance of Egg Colour and Broodiness. *Journal of Genetics*, 277-292.
- Rodriguez, R. E. (2016). I seminario internacional sobre utilizacion de fuentes alternativas de proteina para la alimentacion animal. *LARVA DE MOSCA COMUN COMO ALIMENTACION ALTERNATIVA COMO FUENTE DE PROTEINA* (págs. 10-15). tulua: centro latinoamericano de especies.
- Sparks, N. H. (2011). Eggshell pigments. *Avian Biology*, 101-117.
- Steggerda, M. a. (1944). Observations on certain shell variations of hen's eggs. *Poultry Sci*, 459-461.
- suarez, g. g. (5 de abril de 2017). prologo cartilla conformacion de un nucleo de gallina criolla para su conservacion en el centro latinoamericano de especies menores. (C. G. Lascario, Entrevistador)
- Valencia LI, N. (2011). La gallina criolla colombiana. *Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Valle. Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 61.

- Van Krey, H. (1990). Reproductive Biology in Relation to Breeding and Genetics .
Amsterdam:Elsevier, 77.
- Wang Z, Q. L. (2013). An EAV-HP Insertion in 5' Flanking Region of SLCO1B3 Causes Blue Eggshell in the Chicken. *PLoS Genet* 9(1): e1003183.
doi:10.1371/journal.pgen.1003183.
- Wang ZP, L. R. (2011). Expression and activity analysis reveal that heme oxygenase (decycling) is associated with blue egg formation. *poultry science*, 836-841.
- Wang, X. T. (2010). Comparison of the total amount of eggshell pigments in Dongxiang brownshelled. *Poult. Sci.*
- Zhao, R. X. (2006). A Study on Eggshell Pigmentation: Biliverdin in Blue-Shelled Chickens. *Poultry Science.*, 546-549.

A herd of sheep is grazing in a field during sunset. The sheep are of various breeds, including some with thick wool. The background shows a line of trees and a warm, orange glow from the setting sun.

Impacto de la Zoometría en la Eficiencia Productiva y Reproductiva de la Oveja Criolla Colombiana

**Lascario Artemo Cadavid Gutierrez
Gustavo Adolfo Rivera Cruz**

6 Impacto de la Zoometría en la Eficiencia Productiva y Reproductiva de la Oveja Criolla Colombiana.

Impact of Zoometry on the Productive and Reproductive Efficiency of the Colombian Creole Sheep

Lascario Artemo Cadavid Gutierrez, Centro latinoamericano de especies menores, SENA
Gustavo Adolfo Rivera Cruz, Centro latinoamericano de especies menores, SENA

RESUMEN

Con el propósito de estudiar la conformación corporal y su relación con la reproducción y producción en ovinos Criollos Colombianos, se tomó una muestra aleatoria de 398 hembras en rebaños de los departamentos de Quindío, Risaralda, Cauca, Valle del Cauca y Caldas. La zoometría y la reproducción fue la base del estudio y se evaluó con 5 medidas corporales (ancho de la grupa, largo de la grupa, largo del cuerpo, perímetro torácico, altura de la cruz), edad, peso al nacimiento y destete de las crías y número de partos. Se realizó análisis de correlación y regresión múltiple, en las hembras. Las medidas corporales tuvieron cambios significativos ($p \leq 0,01$) entre fincas. Las mediciones corporales se correlacionaron de manera considerable entre ellas ($p \leq 0,05$), principalmente el perímetro torácico con el ancho de la grupa y la longitud del cuerpo ($p \leq 0,01$), así mismo el ancho de la grupa con la longitud del cuerpo y la longitud de la grupa ($p \leq 0,01$); las variables peso al destete y peso al nacimiento se correlacionaron de manera positiva con las variables de medidas corporales, siendo más significativa ($p \leq 0,01$) la longitud del cuerpo con peso al nacimiento y al destete de la cría y la variable perímetro torácico con peso al nacimiento, ofreciendo una herramienta importante desarrollar programas de mejoramiento genético en campo.

PALABRAS CLAVES: oveja criolla colombiana, Zoometría, ovino de pelo.

ABSTRACT

With the purpose of studying body conformation and its relationship with reproduction and production in Colombian Creole sheep, a random sample of 398 females was taken from herds in the departments of Quindío, Risaralda, Cauca, Valle del Cauca and Caldas. Zoometry and reproduction was the basis of the study and was evaluated with 5 body measurements (rump width, rump length, body length, thoracic perimeter, height of the cross), age, weight at birth and weaning, offspring and number of births. Correlation and multiple regression analysis were performed on the females. The corporal measurements had significant changes ($p \leq 0,01$) between farms. The body measurements were significantly correlated among them ($p \leq 0,05$), mainly the thoracic perimeter with the width of the rump and the body length ($p \leq 0,01$), likewise the width of the rump with the length of the body, body and rump length ($p \leq 0,01$); the variables at weaning weight and birth weight were positively correlated with the variables of body measurements, being more significant ($p \leq 0,01$) the length of the body with weight at birth and at weaning of the offspring and the variable thoracic perimeter with weight at birth, offering an important tool to develop breeding programs in the field.

KEYWORDS: Colombian Creole sheep, Zoometrics, hair sheep.

INTRODUCCIÓN

En las razas criollas es importante, conocer el tamaño corporal, así como determinar su caracterización genética y fenotípica para establecer estrategias apropiadas para su conservación y aprovechamiento (Lastra, 1998). Las medidas corporales simples son de gran importancia para los productores dentro de sus rebaños. Alderson (1999) y Riva (2004) describen que los datos provenientes de animales que serán seleccionados junto a resultados de programas encaminados al mejoramiento genético se podrán evaluar sobre una base morfológica. Procesos como este se han utilizado mucho en caracterización racial (Peña Blanco, 1990) (Álvarez, 2000a); (Mernies, 2007); (Kunene, 2007); (Traoré, 2008), analizando cambios de tamaño y forma a lo largo del tiempo (Arthur, 1989); (Fasae, 2005), para determinar la relación entre las diferentes medidas corporales (Otoikhian, 2008); (Gusmão Filho, 2009), al igual que predecir el peso vivo en función de medidas corporales (Thys, 1991); (Afolayan, 2006); (Costa Júnior, 2006). Se han realizado múltiples estudios en razas foráneas como el Dorper, Katahdin, Pelibuey que han incursionado a grandes niveles en el país en la última década, pero pocos estudios en el ovino de pelo criollo colombiano.

La oveja de pelo colombiana, también conocida con nombres como: camuro, africana, pelona o criolla, está tipificada en tres líneas que son; abisinio, sudan y etíope, de acuerdo a la región del país; es originaria del continente africano región occidental, su llegada a Suramérica se da con los inmigrantes españoles y los esclavos africanos. Su adaptación al medio ambiente seco tropical le ha permitido mostrar su potencial de rusticidad, mansedumbre, prolificidad, resistentes a ecto y endoparásitos y un excelente comportamiento; definiéndose como una gran alternativa de seguridad alimentaria en las comunidades de escasos recursos (Vivas Ascue, 2013) (Delgado, 2009).

Los primeros ejemplares que llegaron, luego de adaptarse al trópico iniciaron su proceso de reproducción y con él, su cruzamiento; originando dos grupos de individuos con características morfológicas específicas. Los explotados en la región de la Costa Atlántica que lucen una capa de color amarillo con tonalidades pardo rojizas y son denominados tipo sudan (Figura 1) y los explotados en la zona Andina de color rojo, rojo cereza y rojo oscuro tirando a negro donde predominan los climas fríos y Páramos (Vivas Ascue, 2013).

En Colombia las ovejas existen desde la época de la Conquista cuando fueron traídas desde Europa. Las razas de lana se cruzaron entre ellas, luego vinieron las africanas de pelo, que se conocen como camuros, dando como resultado la oveja criolla colombiana (CC), entre otras razas. En Colombia se ha criado ovejas en todo el territorio siendo como principales departamentos de La Guajira, Magdalena, Cesar, Boyacá y Córdoba, lugares en que los ovinos son ampliamente aprovechados. Para el 2016 la población total en el país era 1'423.274 ejemplares distribuidos en los departamentos de La Guajira (46,69%), Boyacá (8,04%), Magdalena (7,71%), Córdoba (5,55%) y Cesar (5,41%) que agrupan el 73,39% de la población del país (ICA, 2017).

Conocer la relación entre las medidas corporales de una hembra con la eficiencia reproductiva y productiva de la misma, genera un campo de investigación que busca relacionar la conformación fenotípica con la producción y reproducción de la oveja criolla colombiana. El presente trabajo se realizó en 12 rebaños, distribuidas en los departamentos de Quindío, Risaralda, Cauca, Valle del Cauca y Caldas.

METODOLOGÍA

El trabajo se realizó en 12 rebaños ubicados en los departamentos de Quindío, Risaralda, Cauca, Valle del Cauca y Caldas. El muestreo aleatorio fue en 398 hembras adultas de ovino de pelo criollo colombiano, con registros diligenciados, las cuales se les tomó cinco medidas corporales (ancho de la grupa, largo de la grupa, largo del cuerpo, perímetro torácico, altura de la cruz), dos parámetros productivos (peso al nacimiento y peso al destete de las crías) un parámetro reproductivo (número partos) y la edad. Las mediciones de longitud del cuerpo, altura a la cruz y perímetro torácico se tomaron con una cinta métrica; el ancho y largo de la grupa con un micrómetro calibrador pie de rey; el número de partos, peso al destete de las crías, peso al nacimiento de las crías, número de crías en la vida productiva y la edad se tomó de los registros. La información se tabuló en un cuadro de Excel y se corrió en el paquete estadístico R, realizando un análisis de correlación de Pearson entre variables a las variables, perímetro torácico, ancho de la grupa, altura de la cruz, longitud de la grupa, longitud del cuerpo, edad, número de crías, número de partos, peso al nacimiento de la cría y peso al destete de la cría; de igual forma se ejecutó el análisis de regresión múltiple tomando como variables dependientes el peso al nacimiento, peso al destete y número de crías; y variables independientes perímetro torácico, ancho de la grupa, altura de la cruz, longitud de la grupa, longitud del cuerpo, edad.

Como un análisis de correlación. La comparación de medias se efectuó por medio de la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de 0,05 (Jonson, 2000).

RESULTADOS

	PT	AG	LG	LC	ED	NC	PA	PD	PN
AC	0.22	0.26	0.17	0.37	-0.046	-0.06	-0.01	0.212	0.26
	**	**	**	**	NS	NS	NS	**	**
PT		0.58	0.31	0.74	0.014	-0.13	-0.01	0.43	0.547
		**	**	**	**	NS	NS	**	**
AG			0.53	0.75	0.074	-0.11	0.009	0.457	0.492
			**	**	*	NS	*	**	**
LG				0.4	0.038	-0.06	-0.02	0.215	0.262
				**	*	NS	NS	**	**
LC					0.017	-0.13	0.006	0.546	0.589
					*	NS	*	**	**
ED						0.733	0.818	-0.07	-0.03
						**	**	NS	NS
NC							0.876	-0.11	-0.09
								NS	NS
PA								-0.07	0.004
								NS	*
PD									0.541
									**

AC: altura de la cruz; PT: perímetro torácico; AG: ancho de la grupa; LG: longitud de la cadera; LC: longitud del cuerpo; ED: edad; NC: número de crías; PA: número de partos; PD; peso al destete de la cría; PN: peso al nacimiento de la cría; “*” $p \leq 0,05$; “**” $p \leq 0,01$; “NS”: no significativo

En la Tabla se evidencia una alta afinidad de la variable Perímetro Torácico con Longitud del cuerpo (Tabla 1), sugiriendo una armonía en el crecimiento y dependencia entre sí ($p \leq 0,01$) así mismo hay correlación positiva en menor proporción con el Ancho de la Grupa y el peso al nacer; el Ancho de la Grupa con la longitud de la grupa y la longitud del cuerpo demuestran un comportamiento positivo en la correlación; lo que determina un desarrollo fisiológico de la hembra en su conjunto; en el caso de la edad con el número de partos y la misma con el número de crías, se presenta de manera lógica, puesto que a mayor edad del animal la posibilidad de haber tenido más partos y más crías es inminente (Castillo, 1974).

De importancia para este estudio encontramos que existe una correlación positiva significativa entre la longitud del cuerpo con el peso al nacimiento y peso al destete. De igual forma, el perímetro torácico se correlaciona de manera significativa con el peso del nacimiento ($p \leq 0,01$). Coincidente con lo reportado por Delgado (2009), quien encontró correlaciones entre el perímetro torácico y el peso al nacimiento de 0,58, así mismo otros estudios revelan cercanía de las correlaciones entre longitud del cuerpo con peso al nacimiento y peso al destete, donde se encontró 0,53 y 0,55 respectivamente (Vivas Ascue, 2013), esto le brindaría una herramienta poderosa a los productores ovinos quienes podrán escoger las hembras de sus rebaños teniendo en cuenta estas variables morfológicas, para incrementar su producción obteniendo corderos de mayor peso al nacimiento y al destete.

Modelo 1: $\text{modelo1} = \text{lm}(y1 \sim x1 + x2 + x3 + x4 + x5 + x6)$

	Estimado	Sd. Error	Valor de t	Pr(> t)	
(Intercepto)	-14.07988	4.31747	-3.261	0.00121	**
x1	0.01508	0.04912	0.307	0.75904	
x2	0.03563	0.03947	0.903	0.36726	
x3	0.37323	0.18619	2.004	0.04571	*
x4	0.33866	0.06508	5.203	3.16E-07	***
x5	-0.03519	0.01835	-1.918	0.05583	.
x6	-0.13536	0.16862	-0.803	0.42262	

Significado de códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

y1=peso al destete; x1=altura cruz; x2=perímetro torácico; x3=ancho de grupa; x4=longitud del cuerpo; x5=edad; x6=longitud de grupa.

En el modelo de regresión múltiple (Modelo 1) el ancho de la grupa tiene baja relación con el peso al destete ($p \leq 0,05$), sugiriendo que animales más anchos de grupa destetaran corderos de mayor peso vivo, caso contrario para la variable longitud del cuerpo ($p \leq 0,01$) donde la relación es mucho mayor, permitiendo asegurar con un nivel de confianza bastante importante que animales de mayor longitud corporal destetaran corderos más pesados (Castillo, 1974).

Modelo2=lm(y2~x1+x2+x3+x4+x5+x6)

	Estimado	Std. Error	Valor de t	Pr(> t)	
(Intercepto)	-14.07988	4.31747	-3.261	0.00121	**
x1	0.01508	0.04912	0.307	0.75904	
x2	0.03563	0.03947	0.903	0.36726	
x3	0.37323	0.18619	2.004	0.04571	*
x4	0.33866	0.06508	5.203	3.16E-07	***
x5	-0.03519	0.01835	-1.918	0.05583	.
x6	-0.13536	0.16862	-0.803	0.42262	

Significado de códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '' 1

Y2=peso al nacimiento; x1=altura cruz; x2=perímetro torácico; x3=ancho de grupa; x4=longitud del cuerpo; x5=edad; x6=longitud de grupa.

El modelo de regresión múltiple (Modelo 2) demuestra significancia en la prueba de Tukey para la variable independiente longitud del cuerpo, que afecta la variable dependiente del peso al nacer, por tal motivo al seleccionar animales de mayor longitud corporal permitirá al ovino cultor obtener crías de mayor peso al nacimiento (Meraz, 1997).

En el modelo 3 se determina que la edad ($p \leq 0,01$) es determinante para el número de crías, siguiendo una proyección lógica en una hembra ovina, donde a mayor edad mayor número de crías esperado, este parámetro productivo no presenta ningún aporte importante en la producción de un rebaño (Pavon, 1986).

Modelo3=lm(y3~x1+x2+x3+x4+x5+x6)

	Estimado	Std. Error	Valor de t	Pr(> t)	
(Intercepto)	2.654199	1.326439	2.001	0.0461	*
x1	0.00903	0.01509	0.598	0.5499	
x2	-0.015613	0.012126	-1.288	0.1986	
x3	-0.124204	0.057204	-2.171	0.0305	*
x4	-0.003253	0.019995	-0.163	0.8708	
x5	0.125332	0.005637	22.235	<2e-16	***
x6	-0.011058	0.051805	-0.213	0.8311	

Significado de códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '' 1

Y3=número de crías; x1=altura cruz; x2=perímetro torácico; x3=ancho de grupa; x4=longitud del cuerpo; x5=edad; x6=longitud de grupa.

CONCLUSIONES

Existe variabilidad en las medidas corporales de hembras ovinas de pelo colombiano, de los departamentos del Quindío, Risaralda, Cauca, Valle del Cauca y Caldas, en Colombia, la cual puede ser un insumo importante para procesos de selección genética en terreno.

El peso al nacimiento y el peso al destete de la cría es mejor cuando la hembra tiene mayor longitud corporal; esto permite a productores rurales tener una herramienta de selección genética mediante el uso de medidas corporales de las hembras del rebaño.

Por otra parte, las altas y significativas ($p \leq 0,01$) correlaciones pueden permitir un programa de mejoramiento genético con base en respuestas correlacionadas.

Las medidas corporales presentaron correlación positiva con las variables peso al nacer y peso al destete, permitiendo inferir que hembras de mayor tamaño corporal tendrán crías con mejores pesos al nacimiento y el destete.

BIBLIOGRAFÍA

- Afolayan, R. A. (2006). The estimation of live weight from body measurements in Yankasa sheep. *Czech. J. Anim. Sci* vol 51, 343-348.
- Alderson, G. (1999). The development of a system of linear measurements to provide an assessment of type and function of beef cattle. *AGRI*, , 25: 45-55.
- Álvarez, S. F. (2000). Estudio para la caracterización de la raza ovina Canaria. *archivos de zootecnia* vol 49, 209-215.
- Arthur, P. a. (1989). Changes in size and shape with time of crossbred West African hair sheep raised under tree-crop plantations. *Livestock Production Science*, 235-249.
- Castillo, H. R. (1974). Características de crecimiento del borrego Tabasco. I. Efecto de la edad y peso al destete y su influencia sobre la fertilidad de la madre. *madre. Téc. Pec. Méx.* , 27, 28-32.
- Costa Júnior, G. d. (2006). Morphometric characterization of Santa Inês sheep raised in the regions of Teresina and Campo Maior. *Piauí. Revista Brasileira de Zootecnia.*, vol 35, 2260-2267.
- Delgado, J., Leon, J., Gomez, M., Nogales, S., & Camacho, M. (2009). Las razas ovinas ibéricas y su participación en la colonización de Iberoamérica. En *Biodiversidad ovina iberoamericana caracterización y uso sustentable* (págs. 18-40). Córdoba España.
- Fasae, O. C. (2005). Relationship between some physical parameters of grazing Yankasa ewes in the humid zone of Nigeria. *Archivos de Zootecnia* vol 54, 639-642.
- Gusmão Filho, J. T. (2009). Análise fatorial de medidas morfológicas em ovinos tipo Santa Inês. *Archivos de Zootecnia* vol 58, 289-292.
- ICA. (20 de Noviembre de 2017). <https://www.ica.gov.co/getdoc/8232c0e5-be97-42bd-b07b-9cdbfb07fcac/Censos-2012.aspx>. Obtenido de MINAGRICULTURA: <https://www.ica.gov.co/getdoc/8232c0e5-be97-42bd-b07b-9cdbfb07fcac/Censos-2012.aspx>
- Jonson, D. (2000). Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. *International Thomson editores*, 323-384.
- Kunene, N. N. (2007). Characterisation of Zulu (Nguni) sheep using linear body measurements and some environmental factors affecting these measurements. *Journal Animal Science Sud Africa* vol 37, 11-20.
- Lastra, M. (1998). La importancia de un programa nacional de recursos genéticos pecuarios . *Memoria del Tercer Foro de Análisis de los Recursos Genéticos: Ganadería, ovina, caprina, porcina, avícola, apícola, equina y de lidia SAGAR*, 1-4.
- Meraz, d. R. (1997). Influencia de los efectos genético-ambientales sobre características de crecimiento de diez genotipos ovinos. *Memoria IX Congreso Nacional de Producción Ovina*, 20-22.
- Mernies, B. M. (2007). Índices zoométricos en una muestra de ovejas Criollas Uruguayas. *Archivos de Zootecnia* vol 56, 473-478.
- Otoikhian, C. O. (2008). Correlation of body weight and some body measurement parameters in Ouda sheep under extensive management system. . *Africa journal genetics anda agriculture* , 129-133.
- Pavon, M. L. (1986). Medidas corporales de hembras ovinas. . *Rev. Cubana Reprod. Anim.*, 12, 7-19.

- Peña Blanco, F. G. (1990). Estudio biométrico en la raza ovina Segureña. *Archivos de Zootecnia* vol 39 , 249-261.
- Riva, J. R. (2004). Body measurements in Bergamasca sheep. . *Small Ruminant Res*, 55: 221-227.
- Thys, E. a. (1991). *Prediction of sheep body weight in markets in the far north Cameroon*. Obtenido de . <http://www.lrrd.org/lrrd3/1/thys31.htm> 21/11/2017.
- Traoré, A. T. (2008). Multivariate characterization of morphological traits in Burkina Faso sheep. *Small Ruminant res. vol 80*, 62-67.
- Vivas Ascue, N. J. (2013). *Diversidad genética de ovinos criollos colombianos*. Palmira: universidad nacional de colombia.

Obtención de Nanopartículas de Hierro Zero Valente para Remediación de Vertimientos de Procesos Industriales

Leidy Camila Sánchez Prieto
William Ricardo Pineda Bolívar

7 Obtención de Nanopartículas de Hierro Zero Valente para Remediación de Vertimientos de Procesos Industriales.

Obtaining of Zero Iron Nanoparticles for Remediation of Wastewater of Industrial Processes

Leidy Camila Sánchez Prieto, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
William Ricardo Pineda Bolívar, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

RESUMEN

El agua es usada como recurso hídrico por las industrias y sus procesos generan aguas residuales que se convierten en vertimientos a fuentes superficiales y alcantarillados que tienen como destino ser vertidas en las principales cuencas hídricas de Colombia, el uso de nanopartículas es de gran ayuda para la remediación de estas aguas industriales, la síntesis de nanopartículas requieren la verificación de diferentes variables, para este fin se diseñó un análisis de experimentos factorial tipo (Experimentos= 2^{K+r}). Para la síntesis se usó extracto etanólico concentrado de hoja de aguacate "*Persea americana Mill*" con variación desde 20%v/v hasta el 80%v/v, se utiliza como precursor metálico solución acuosa de $FeCl_3$, con concentraciones (0,1-1) mM, velocidad de agitación en la síntesis a 450 rpm, pH de extracto rango básico (9-10), se llevó a una solución final de 100 mL y tiempo de reacción de 30 minutos, el producto final se almacenó en tubos ependorf de 100 mL en refrigeración a 4°C para posterior análisis por espectrofotometría UV-Vis (plasmon de resonancia) donde las muestras que presentan NHZ muestran un pico de absorción en un rango de longitud de onda de 360-370 nm; posterior a esto se realiza un análisis el ancho total a media altura, abreviada FWHM (del inglés Full Width at Half Maximum), obteniendo un rango de dispersión de tamaño de partícula estimado entre 120 nm-280 nm, por último se caracteriza la solución por microscopía de fuerza atómica (AFM), en modo de no contacto (NCRL), observando partículas de diversos diámetros que pueden ir desde 60 nm hasta 9 μm ; la forma de las partículas que se espera encontrar es esférica. Las NPS obtenidas se están aplicando en una muestra de un vertimiento de agua residual de un proceso minero, donde primero se caracterizó sus parámetros físicos y químicos (pH, Acidez, OD, DQO, DBO, % Hg, % As, % Cr y % Pb) para evaluar los porcentajes de remoción de mercurio, Arsénico y Cromo por Colorimetría y absorción atómica.

PALABRAS CLAVES: Nanopartículas, Agua residuales, Metales pesados, síntesis verde

ABSTRAC

Water is used as a water resource by industries and its processes generate wastewater that turns into discharges to surface and sewage sources that are finally going to be discharged into the main water basins of Colombia, the use of nanoparticles is of great help for the remediation of these industrial waters, the synthesis of nanoparticles requires the verification of different variables, for this purpose an analysis of factorial type experiments (Experiments = 2^{K+r}) was designed where K = number of variables, r = Repetitions and N = Variation of the factors, yielding a total of 18 tests with three variables (temperature, concentration of iron salt and concentration of natural extract) and four responses (peak width, average width peak, average particle size and concentration of

nanoparticles in the solution). For the synthesis of use concentrated ethanol extract of avocado leaf "*Persea americana Mill*" with variation from 20% v/v to 80% v/v, is used as a metallic precursor solution Aqueous FeCl_3 , with concentrations (0.1-1) mM, agitation speed in the synthesis at 450 rpm, pH range close to the basic (9-10) using a phosphate buffer solution, a final solution of 100 mL and reaction time of 30 minutes was taken, the final product was stored in 100 mL ependorf tubes in refrigeration for further analysis by spectrophotometry UV-Vis (resonance plasmon) where samples showing NHZ show an absorption peak in a wavelength range of 360-370nm; finally an analysis is made the total width at half height, abbreviated FWHM (from English Full Width at Half Maximum), obtaining a dispersion range of estimated particle size between 120 nm-280 nm, then the solution is characterized by atomic force microscopy (AFM), in non-contact mode (NCRL), observing particles of various diameters that can range from 60 nm to 9 μm ; the shape of the particles expected to be found is spherical. These NPS obtained are being applied in a sample of a discharge (Quintero, HDO, 2015) of residual water from a mining process, where previously its physical and chemical parameters were characterized (pH, Acidity, OD, COD, BOD,% Hg, % As,% Cr and% Pb) to evaluate the percentages of removal of mercury, arsenic and chromium by colorimetry and atomic absorption.

KEYWORDS: Nanoparticles, Wastewater, Heavy Metal, Greentech

INTRODUCCIÓN

La Nanotecnología en la actualidad es un área emergente que ofrece soluciones innovadoras debido a su gran versatilidad de aplicaciones en distintos campos como: medicina, biotecnología, farmacia, medio ambiente, electrónica, etc. Es por ello que la síntesis de nanopartículas que se sintetizan mediante sales metálicas como lo menciona (Landi,) estas pueden dar soluciones en distintos sectores gracias a diversas propiedades como potentes absorbentes, adherentes y catalizadores, estos fenómenos dependen de los métodos de síntesis usados.

Las investigaciones en Nanociencia y Nanotecnología han avanzado desde hace una década (Moraes & de Moraes), por ejemplo en el ámbito ambiental se puede realizar la síntesis de nanopartículas (**NPS**) para remediación de metales pesados (Mercurio, Cadmio, Arsénico, Cromo y Plomo) de aguas residuales por el fenómeno de absorción, sin embargo estos métodos tradicionales de obtención de NPS usan reductores químicos como el borohidruro de sodio (NaBH_4) que según Starbird-Pérez & Montero-Campos (2015) permite a las sales de Hierro (Fe^{3+} y Fe^{2+}) pasar a Fe^0 (Hierro Zero Valente) **HZV**, esta reacción química se caracteriza por tener altos niveles de contaminantes, ya que genera subproductos no amigables con los ecosistemas, No obstante, según Santos, dos Santos, de Azevedo Xavier Thode, Yokoyama, & da Fonseca (2018) se puede solucionar este aspecto por medio de la "síntesis verde" (del inglés Green Chemistry) dónde se usan diferentes partes de plantas con alto contenido de antioxidantes (Flavonoides, Antraquinonas y Taninos) para reemplazar agentes reductores convencionales.

La siguiente investigación busca realizar la síntesis verde **HZV** a partir de extracto de hojas de aguacate "*Persea americana Mill*" por medio de la reducción de los iones Fe^{3+} y Fe^{2+} en una suspensión coloidal, además también se evalúa la relación del impacto ambiental (Miranda & Marlybell, 2018), el costo de la producción y rentabilidad.

FUNDAMENTO TEÓRICO

La nanotecnología es el estudio y aplicación de partículas de tamaño nanométrico, el primero en interesarse por el tema de las nanopartículas fueron un grupo de investigadores dirigidos por Neumann (Miranda & Marlybell, 2018; Zaytseva & Neumann, 2018) quien investigaba la posibilidad de sintetizar sistemas que se auto reprodujeran. Para comenzar Richard Feynman fue quien en su famosa conferencia “There plenty of room at the bottom” (Feynman, 1992) mencionó que existía muchas posibilidades de trabajar en espacios reducidos, sin embargo el primero en mencionar el término “nano” fue norio taniguchi (Taniguchi & Yamamoto, 2014), que más adelante fue transformado por Eric drexler (Drexler & Eric Drexler, 1996) quien se involucró en los términos de Nanobot y Nanomaquinas.

Desde el año de 1986 se han adelantado investigaciones alrededor de la nanotecnología en muchas áreas por ejemplo en área medioambiental se usan nanopartículas puesto que su relación Masa-Volumen hacen que tengan 1'000.000 de veces mayor de área superficial, también pueden ser transportadas con gran facilidad por el flujo del agua, además pueden permanecer en suspensión por largos periodos de tiempo permitiendo que este tipo de tratamientos en aguas se puedan realizar in situ (Jiang, Huang, & Zhang, 2013).

Debido al crecimiento del uso de nanopartículas para la remediación de aguas y suelos contaminados y/o resultantes de procesos productivos nace la necesidad de crear métodos no convencionales de síntesis con el uso de extractos de hojas, tallos y otras partes de plantas que con su alto contenido de compuestos fenólicos, taninos y terpenos puedan actuar como reductores en la obtención de nanopartículas metálicas, este método de síntesis no solo es beneficioso para el medio ambiente sino que también resulta económico debido al fácil acceso a la materia prima como lo menciona (Hebbalalu, Lalley, Nadagouda, & Varma, 2013).

Cabe resaltar que estas tecnologías ya han sido aplicadas en diferentes condiciones como se muestra a continuación:

“La aplicación de HZV a suelos contaminados por metales pesados y metaloides ha sido propuestos para su inmovilización en suelos. Basado en el uso de nanopartículas de hierro en aguas y efluentes contaminados por metales pesados y metaloides para luego separar las partículas mediante imanes, se está empezando a ensayar la utilización de esta técnica en suelos” (Suarez-Parra et al., 2012)

METODOLOGÍA

Para el desarrollo de esta investigación se llevó a cabo en tres fases, la primera se realizó la caracterización de la hoja de aguacate “*Persea americana Mill*” de presencia de flavonoides, taninos y antraquinonas (compuestos polifenólicos) por medio de una marcha fitoquímica y método de *folin ciocalteu*. Después se realizó la estandarización de la preparación del extracto vegetal (5%) de material seco y triturado hasta un tamaño de 5mm y una proporción de etanol/agua 80/20% v/v (Fonseca, de Sinalização Celular e Nanobiotecnologia, & Resende, 2013), por último este extracto se pasó por carbón activado pulverizado 8 veces para eliminar la mayor cantidad de clorofila posible con un ajuste de (9 - 10) pH.

En la segunda fase se determinó el uso de cloruro de hierro (III) marca panreac como precursor metálico a un rango de concentraciones de 0,1 a 1 mM, concentraciones de extracto en un intervalo (20-80)% y una agitación constante a 450 rpm, para esta etapa se realizó un diseño de experimentos factorial tipo (Experimentos= 2^{K+r}) donde **K**= número de variables, **r** = Repeticiones y **N** = Variación de los factores, arrojando un total de 27 ensayos con tres variables (temperatura, concentración de sal de hierro y concentración de extracto natural) y cuatro respuestas (potencial, pico de anchura medio, tamaño promedio de partícula y concentración de nanopartículas en la solución).

Teniendo en cuenta lo anterior se llevaron 50 mL de cloruro de hierro a un balón de tres bocas, se taparon las 3 entradas de aire y le eliminó el oxígeno presente en el como se muestra en la Figura 1, se inició agitación y se agregó extracto gota a gota, al terminar la adición de este se mantiene en contacto durante 30 minutos, al terminar se permite a este llegar a temperatura ambiente y se almacena a 4°C en tubos ependorf para su posterior lectura espectrofotométrica.



Figura 1. Montaje Experimental de síntesis de HVZ

En definitiva estas soluciones coloidales obtenidas fueron analizadas por espectrofotometría Uv-Vis para determinar su λ máximo de absorción y de esta manera poder cuantificar su pico de anchura media, para este análisis se usó un equipo Thermo Scientific Genesys 10 s, en cuanto a la medición de potencial que es otro de los factores de respuesta se usó un multiparámetro Hach 40D y una sonda de pH Hach pHc301 arrojando resultados en milivoltios (mV).

RESULTADOS

A continuación se muestra los resultados de la presente investigación aplicada de la fase inicial se tiene que la hoja de aguacate en la cualificación de los componentes de interés como flavonoides, antraquinonas y taninos arrojó resultados positivos de presencia para los tres compuestos como se muestra en la Figura 2, la coloración roja positivo para quinonas, coloración amarilla positivo para flavonoides y precipitado blanco positivo para taninos

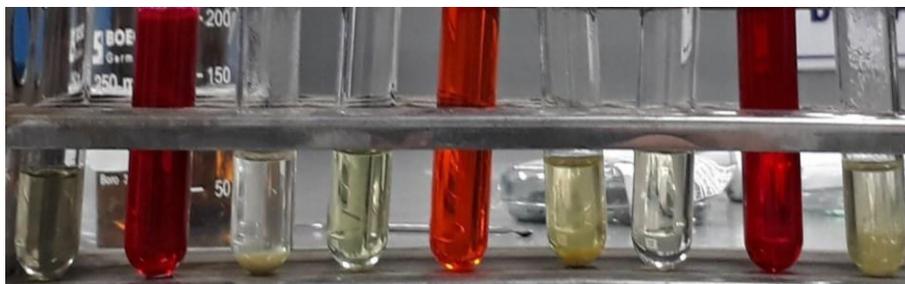


Figura 2. Resultado marcha fitoquímica.

Por otro lado en la caracterización analítica de fenoles por el método de folinciocalteu se realizó una curva de calibración con ácido gálico de 10 a 100 mg AG/L la muestra se diluyó 100 veces para poder realizar la interpolación teniendo como resultado final una concentración promedio de 1714 mg AG/L, todo esto indica que el extracto de la hoja de aguacate puede suplir a los reductores convencionales usados para la síntesis de nanopartículas.

Tabla 1. Diseño experimental para la obtención de HZV

Nº	Extracto de Aguacate	de	Concentración sal de Hierro	Temperatura	Potencial de reducción	de
	%V/V		mM	°C	mV	
1	20		0.1	25	11.2	
2	80		0.1	25	-1.7	
3	20		1	25	159.8	
4	80		1	25	103.7	
5	20		0.1	45	66.6	
6	80		0.1	45	14.9	
7	20		1	45	205.3	
8	80		1	45	109.9	
9	50		0.55	35	108	
10	20		0.1	25	95.8	
11	80		0.1	25	42.9	
12	20		1	25	212.9	
13	80		1	25	6	
14	20		0.1	45	97.1	
15	80		0.1	45	-8.6	
16	20		1	45	107.4	
17	80		1	45	-3.2	
18	50		0.55	35	102	
19	20		0.1	25	54.7	
20	80		0.1	25	-20.8	
21	20		1	25	114.9	
22	80		1	25	-8.5	
23	20		0.1	45	34.7	
24	80		0.1	45	-56.1	
25	20		1	45	105.8	
26	80		1	45	-3.6	
27	50		0.55	35	1.5	

Por medio del diseño experimental se lograron determinar las soluciones con mayor potencial para la aplicación de las nanopartículas en aguas producto de procesos industriales, los resultados de estos 27 análisis se ven reflejados en la Tabla 1, junto con

su valor de potencial, cabe aclarar que el potencial inicial de la solución de cloruro de hierro III era aproximadamente 240 mV.

Las muestras con mejores resultados visibles son aquellas que están subrayadas dentro de la Tabla 1, debido a que cada una de estas se realizó por triplicado, se obtuvieron dos soluciones que un gran potencial para la aplicación en aguas, estas muestras tienen la misma concentración de sal y extracto, su única variación es la temperatura a la cual se realizó la síntesis, que puede influir en la precipitación del hierro en la solución coloidal de **NPS**.

Cada una de estas soluciones obtenidas fue analizada por espectrofotometría UV-VIS donde se usó un equipo thermo scientific Genesys 10 s, para este análisis se determinó la lambda máxima (λ_{max}) de absorción como lo muestra la Figura 3 para cada una de las soluciones usando como blanco cloruro de hierro 1 mM.

Para su posterior cálculo de pico de anchura media ($\lambda_{1/2}$), en este caso la solución que arrojó mejores resultados fue la muestra número 12 cuyo espectro se halla en la imagen 3 y su lambda máxima de absorción se encuentra a los 390 nm.

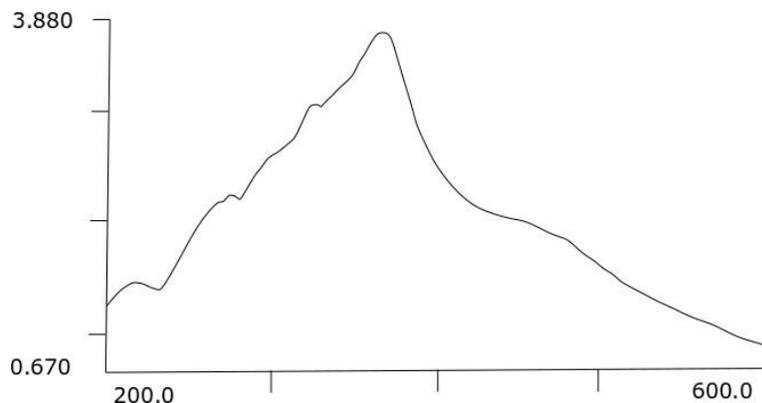


Figura 3. Espectro Uv-Vis síntesis HZV Muestra 12.

CONCLUSIONES

Se puede concluir que mediante el uso de extracto de hoja de aguacate se logró la síntesis de nanopartículas de hierro cero valente **HZV**, por ende puede ser usado para sustituir el uso de reductores como el borohidruro de sodio NaBH_4 resultando ser un método amigable con el medio ambiente comparado con los usados en la síntesis convencionales, menos tóxico y económico.

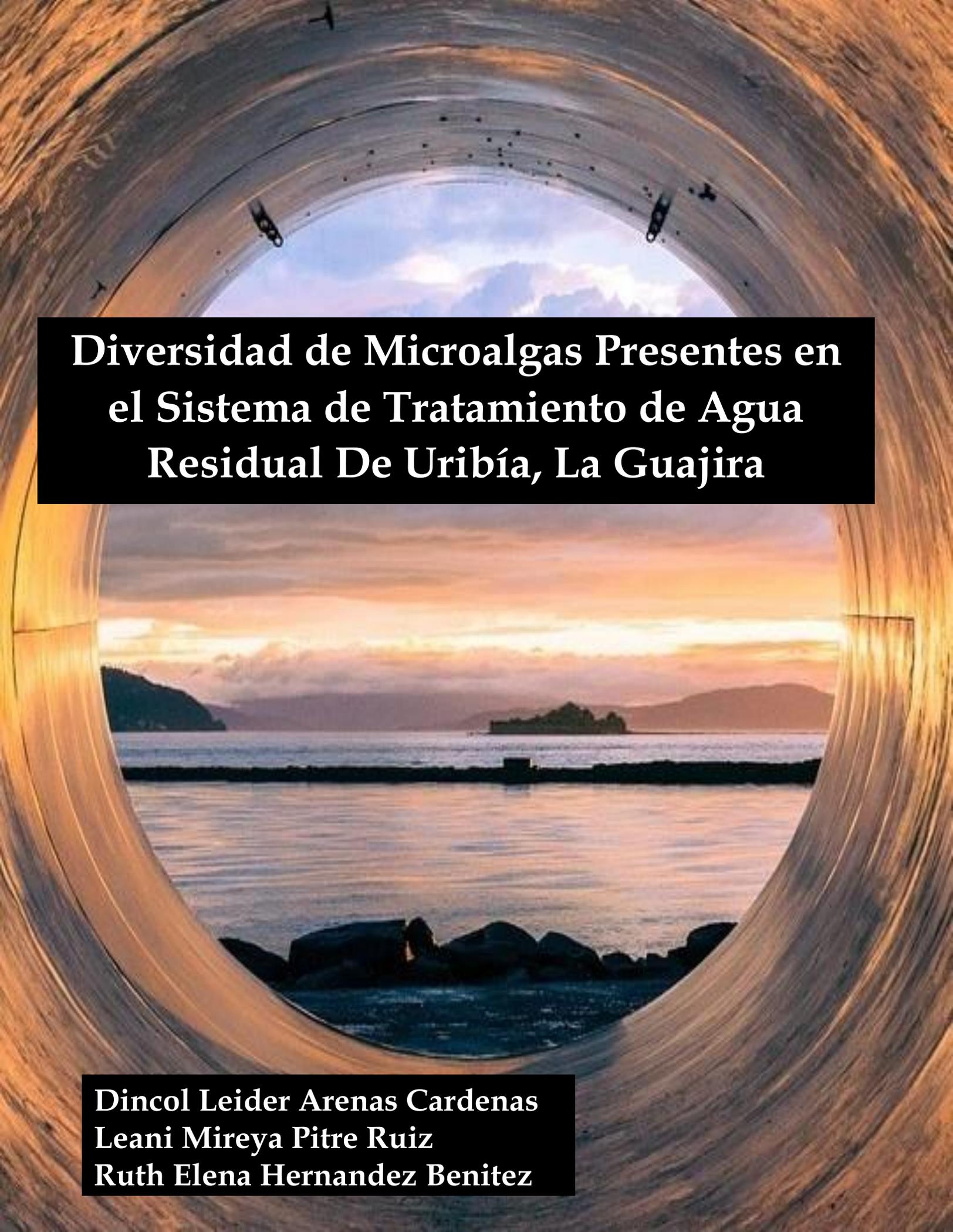
Por medio de la caracterización por diferencia de potencial (mV) y cambios del pico de plasmón de resonancia dado por Uv-Vis se puede demostrar la existencia de nanopartículas de hierro cero valentes, evidenciando respecto al potencial inicial que fue de 240 mV una variación que indica cambios en la solución y mostrando rangos de absorbancia de 370 a 390 nm con cambios después de la síntesis.

En conclusión que las concentraciones ideales de la sal de hierro (FeCl_3) usada como precursor metálico para la síntesis de nanopartículas es de 1mM para el análisis desarrollado, en cuanto a la concentración usada de extracto vegetal se evidencio que se

obtenían mejores resultados utilizando extracto al 20%, la variación de temperatura no influye de una manera drástica en la síntesis para estas dos concentraciones usadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Drexler, K. E., & Eric Drexler, K. (1996). Molecular Manufacturing: A Future Technology for Cleaner Production. In *Clean Production* (pp. 783–798).
- Feynman, R. P. (1992). There's plenty of room at the bottom [data storage]. *Journal of Microelectromechanical Systems: A Joint IEEE and ASME Publication on Microstructures, Microactuators, Microsensors, and Microsystems*, 1(1), 60–66.
- Fonseca, E. A., de Sinalização Celular e Nanobiotecnologia, L., & Resende, R. R. (2013). NANOPARTÍCULAS PODEM SUPERAR RESISTÊNCIA ÀS DROGAS EM CÉLULAS DE CÂNCER DE MAMA. *Nanocell News*, 1(3). <https://doi.org/10.15729/nanocellnews.2013.11.21.002>
- Hebbalalu, D., Lalley, J., Nadagouda, M. N., & Varma, R. S. (2013). Greener Techniques for the Synthesis of Silver Nanoparticles Using Plant Extracts, Enzymes, Bacteria, Biodegradable Polymers, and Microwaves. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 1(7), 703–712.
- Jiang, X., Huang, W., & Zhang, S. (2013). Flexoelectric nano-generator: Materials, structures and devices. *Nano Energy*, 2(6), 1079–1092.
- Miranda, O., & Marlybell. (2018). *Gestión integral de residuos: Análisis normativo y herramientas para su implementación. Segunda edición*. Editorial Universidad del Rosario.
- Moraes, D. A. de, & de Moraes, D. A. (n.d.). Nanopartículas magnéticas decoradas com nanopartículas metálicas visando aplicações em biomedicina. <https://doi.org/10.11606/d.75.2012.tde-23102012-152300>
- Santos, F. S. dos, dos Santos, F. S., de Azevedo Xavier Thode, B., Yokoyama, L., & da Fonseca, F. V. (2018). SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE FERRO DE VALÊNCIA ZERO. In *ABM Proceedings*. <https://doi.org/10.5151/1516-392x-26158>
- Starbird-Pérez, R., & Montero-Campos, V. (2015). Síntesis de nanopartículas magnéticas de óxido de hierro para la remoción de arsénico del agua de consumo humano. *Revista Tecnología En Marcha*, 28(3), 45.
- Suarez-Parra, R., Hernandez-Perez, I., Montiel-Palacios, E., Perez-Orozco, J. P., Sampieri, A., Vazquez-Avella, D., ... Guardian-Tapia, R. (2012). Photodegradation of Phenol, 2-Chlorophenol and o-Cresol by Iron Oxide Nanoparticles. *Nanoscience & Nanotechnology-Asia*, 1(1), 31–40.
- Taniguchi, M., & Yamamoto, N. (2014). Inner Ear Stem Cells. In *Regenerative Medicine for the Inner Ear* (pp. 281–286).
- Zaytseva, O., & Neumann, G. (2018). Penetration and Accumulation of Carbon-Based Nanoparticles in Plants. In *Phytotoxicity of Nanoparticles* (pp. 103–118).



**Diversidad de Microalgas Presentes en
el Sistema de Tratamiento de Agua
Residual De Uribía, La Guajira**

**Dincol Leider Arenas Cardenas
Leani Mireya Pitre Ruiz
Ruth Elena Hernandez Benitez**

8 Diversidad de Microalgas Presentes en el Sistema de Tratamiento de Agua Residual De Uribía, La Guajira

Diversity of Microalgae Present in the Residual Water Treatment System of Uribía, La Guajira

Dincol Leider Arenas Cardenas darenasc@hotmail.es
 Leani Mireya Pitre Ruiz lpitre@uniguajira.edu.co
 Ruth Elena Hernandez Benitez ruthelenahb@misena.edu.co

RESUMEN

El propósito de la investigación es caracterizar y determinar la densidad de las comunidades microalgales presente en el sistema de tratamiento de las aguas residuales del municipio de Uribía, compuesto por cuatro lagunas (facultativa grande LFG, facultativa pequeña LFP, maduración LM y estabilización LE). Las microalgas son utilizadas como sistema alternativo para el tratamiento de aguas residuales, constituyen un proceso de alta eficiencia en la remoción de agentes patógenos y de materia orgánica. El cual permite obtener agua de calidad permitiendo realizar vertimientos en cualquier cuerpo de agua o darle otra utilidad, según (Mejia, 2005). Se implementó la técnica de muestras compuestas, las cuales se depositaron en botellas de 400 ml, fijadas con solución de TRANSEAU en una relación 1:1. En los puntos de muestreos fueron determinados parámetros fisicoquímicos, pH, Temperatura, Oxígeno disuelto, y conductividad. Los efectos de la identificación a nivel de género de las comunidades microalgales, se utilizaron claves taxonómicas establecidas. El manejo de las muestras biológicas in vitro se realizó bajo los criterios de Utermoë (1958), 1 ml de muestra fue colocado en la cámara Sedwic-Rafter para observación y conteo en microscopio invertido y Óptico. Las variables fisicoquímicas pH y temperatura, se mantuvieron estables en todas las lagunas, el oxígeno fue mayor en la LM ($10,5 \pm 0,6$) y menor en la LFG ($3,53 \pm 2,08$); la conductividad permaneció constante en las lagunas a excepción de la LE ($66 \pm 3,3$). En cuanto a la caracterización se observó una variedad de comunidades microalgales, de género: *Spirulina*, *Scenedesmus*, *Microcystis*, *Ulva*. Con abundancia del género *Chlorella* en las lagunas LFP Y LM; a diferencia DE LFG Y LE donde se encontró una abundancia del género *Merismopedia* y *Microcystis* respectivamente. Hasta el momento son resultados obtenidos del primer ensayo que hacen parte de la monografía del autor principal.

PALABRAS CLAVES: Microalgas, Lagunas de estabilización, Parámetros, *Chlorella*, Materia orgánica.

ABSTRACT

The purpose of the research is to characterize the microalgal communities in the system of waste water treatment in the municipality of Uribia, consisting of four gaps (large optional LFG, optional small LFP, maturation and stabilization LE LM). Microalgae are used as an alternative system for treating wastewater, is a process of high efficiency in removing pathogens and organic matter. Which allows to obtain water quality allowing to make discharges into any body of water or give another utility, according to (Mejia, 2005). 1: methodologically characterization technique composite samples, which were placed in 400 ml bottles, fixed with solution in a 1 TRANSEAU implemented. In the sampling points they were determined physicochemical parameters, pH, temperature, dissolved oxygen, and conductivity. the effects of gender-level identification of microalgal communities, taxonomic keys established by Standard Methods (2005) were used. The handling of biological

samples in vitro was performed under the criteria Utermoè (1958), 1 ml sample was placed in the Sedwic-Rafter chamber for observation and count and inverted optical microscope. The physicochemical variables pH and temperature were stable in all the gaps, oxygen was higher in the LM (10.5 ± 0.6) and lowest in the LFG (3.53 ± 2.08); Spirulina, Scenedesmus, Microcystis, Ulva: the conductivity remained constant in the gaps except the LE (66 ± 3.3). As a variety of characterization microalgal communities, gender was observed. With abundance of the genus Chlorella in the LFP and LM gaps; Unlike LFG and LE where an abundance of genus respectively Merismopedia and Microcystis was found. So far there are results obtained from the first test that are part of the essay the main author.

KEYWORDS: Microalgae, stabilization ponds, Parameters, Chlorella, Organic matter.

INTRODUCCION

La implementación de lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales constituye un proceso de alta eficiencia, de bajos costos de operación y mantenimiento para el tratamiento de aguas residuales, remoción de agentes patógenos, exceso de sustancias eutroficadoras, nutrientes y metales (Romero, 1999). Esta alternativa permite obtener agua de calidad para realizar vertimientos en cualquier cuerpo de agua (Mejia, 2005). En estos sistemas de tratamientos; sean lagunas facultativas, maduración y estabilización, se desarrollan poblaciones microbianas integradas por bacterias heterótrofas, bacterias autotróficas, microalgas, cianobacterias y protozoarios que participan en el proceso de remoción de materia orgánica e inorgánica (Romero, Jairo Alberto, 2005).

Las lagunas anaerobias y facultativas, son diseñadas para la remoción de microorganismos patógenos y materia orgánica remanente. (Mendoza, 2000). Estas últimas, se conocen con este nombre debido a las condiciones aeróbicas mantenidas en la superficie, liberando oxígeno y a las condiciones anaeróbicas mantenidas en la parte inferior donde la materia orgánica es sedimentada. En este sistema los procesos de oxidación bacteriana transforman el material orgánico en dióxido de carbono, amonio y fosfatos. La existencia de nutrientes (NH_4^+ y PO_4^{3-}) proporciona un ambiente favorable para que se desarrollen las poblaciones microalgales (Koning, 2000).

En el caso de las lagunas de maduración se presenta una disminución de la carga orgánica que con la interacción sinérgica de factores fisicoquímicos como la luz, nutrientes, minerales, pH, CO_2 , sales orgánicas, entre otros, crean condiciones favorables para el desarrollo de microorganismos fotosintéticos como las microalgas, que influyen en los mecanismos de mejoramiento de la calidad del agua tratada junto con los microorganismos heterótrofos aerobios (Borowitzka, 2005). Es por esto que las microalgas han sido propuestas como componente biológico alternativo en la remoción de nutrientes en aguas con alta carga orgánica.

En este sentido, es de gran interés en el campo de la biología realizar estudios que propendan por elucidar el papel de las microalgas en los mecanismos de remoción de nutrientes, así como la búsqueda de nuevas alternativas de tratamiento de las aguas residuales utilizando este tipo de microorganismo.

En el departamento de La Guajira, específicamente en el municipio de Uribí; se ha venido implementando un conjunto de baterías de lagunas de estabilización como alternativa tecnológica para el tratamiento biológico (aeróbico y anaeróbico) de aguas residuales domésticas municipales; esta al final es tratada, el efluente es vertido al arroyo Chemarrain. (Contraloría general del departamento de la Guajira (CDG), 2010).

Este estudio tiene como objetivo principal determinar la composición y dinámica de las comunidades microalgales presente en el sistema de tratamiento de las aguas residuales del municipio de Uribí, La Guajira; así como explicar aquellos factores físicos y químicos que intervienen en el desarrollo de estas comunidades microalgales presentes el sistema.

El trabajo de campo se realizó en la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en el municipio de Uribí, en las siguientes coordenadas 11°43'32,4" N, 72°16'25,5" W, 19 msnm. La laguna de estabilización del municipio de Uribí cuenta con un sistema efluente ubicado en la esquina noroccidental, mediante un ducto visible de 10" de diámetro por el cual se vierte el agua al arroyo kutanamana este fue establecido como punto de muestreo para la alimentación del sistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio



Figura 1. Vista aérea planta de tratamiento de agua residual Uribí, La Guajira. Fuente: <http://www.bing.com/maps/>

Fase de campo

Muestreo

Se tomaron muestras por cada laguna: facultativas, maduración y de estabilización. En cada modelo de laguna se fijó cinco puntos de muestreo en el interior de cada laguna; en cada punto se tomaron muestras homogéneas con el fin de evaluar la estructura fitoplanctónica de estas. Dentro de cada laguna se colectara cinco submuestras para la obtención de la muestra compuesta (Confederación hidrográfica del Ebro, 2005). Para almacenar se utilizó recipientes plásticos de 400 ml luego se procesó mediante cuantificación e identificación algal por cada laguna.

Preservación de muestras.

Se colectaron muestras de 400 ml para fitoplancton, se fijaron con el 25% de solución TRANSEAU (Agua, etanol al 90% y formol al 40%) en proporciones 6:3:1 respectivamente a un volumen de 1:1 de solución y 20 ml de agua destilada para cada muestra como agente de preservación (Pinilla G, 1999). Las muestras se conservaron en neveras a 4°C para su debido transporte y posterior procesamiento.

Fase de laboratorio

Identificación taxonómica

La identificación taxonómica se realizó de acuerdo a las claves taxonómicas de (STANDARD METHODS , 2005) para la fijación y observación de las algas se siguieron los criterios de Utermoè, (1958), citado por Ceron, (2011). Un mililitro de muestra de agua colocándola en la cámara Sedwick- Rafter para observación en microscopio invertido y óptico. La representatividad cuantitativa de la diversidad algal se establece aplicando el criterio de Lobo, (1986).

Análisis cuantitativo

El análisis cuantitativo se realizó a partir de las muestras obtenidas en los tipos de lagunas presentes en la zona de muestreo (Utermoè., 1958) (Venrick, 1995). El conteo de las células se llevó a cabo en la cámara Sedwid-Rafter de 1 ml de capacidad donde se determinara la densidad algal. Observándose en cinco campos en el objetivo 10X (Ceron., 2011).

RESULTADOS

Entre las divisiones encontradas tenemos la *Cyanophyta*, *Bacilliarophyta*, *Euglenophyta* y *Chlorophyta*.; en donde la mayor abundancia la tuvo la división *Cyanophyta* con 37,5%, presentando 3 órdenes y 6 géneros los cuales tenemos; *Oscillatoria sp*, *Merismopedia sp*, *Aphanocapsa sp*, *Chroococcus sp*, *Spirulina sp* y *Microcystis sp*, seguido por los *Chlorophyta* con 25%, con 1 orden y 4 géneros como *Chlorella sp*, *Scenedesmus sp*, *Schroederia sp* y *Kirchneriella sp*, *Bacilliarophyta* en un 18,75% con 3 órdenes y 3 géneros como *Actinocyclus sp*, *Navícula sp* y *Chaetocerus sp* y por último la división *Euglenophyta* con el 18,75% presentando 1 orden y 3 géneros como *Euglena sp*, *Phacus sp* y *Trachelomonas sp* (Figura 2).

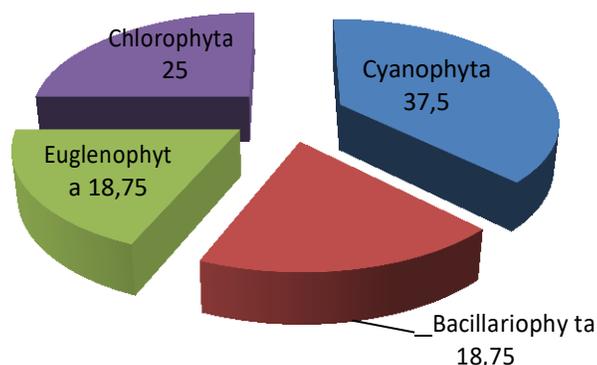


Figura 2. Porcentaje % de morfoespecies encontrados en las lagunas del sistema de tratamiento de agua residual

Se encontraron 16 géneros en las cuatro lagunas del sistema de tratamiento del municipio de Uribí-La Guajira, agrupados en 4 divisiones, 8 órdenes y 16 géneros.

Tabla 1. Géneros encontrados en las diferentes lagunas del sistema de tratamiento

División	Orden	Géneros	LFG	LFP	LM	LE
Cyanophyta	<i>Oscillatorales</i>	<i>Oscillatoria sp</i>	656	199	346	373
	<i>Synechococcales</i>	<i>Merismopedias</i>	427	348	320	108
		<i>Aphanocapsa sp</i>	75	111	44	78
		<i>Chroococcus sp</i>	1170	1061	1253	738
	<i>Chroococcales</i>	<i>Spirulina sp</i>	136	11	130	13
		<i>Microcystis sp</i>	74	166	122	374
		<i>Coscinodiscales</i>	<i>Actinocyclus sp</i>	580	622	981
Bacillariophyta	<i>Naviculales</i>	<i>Navicula sp</i>	278	205	229	139
	<i>Chaetocerotales</i>	<i>Chaetocerus sp</i>	12	0	0	0
Euglenophyta	<i>Euglenales</i>	<i>Euglena sp</i>	21	5	4	3
		<i>Phacus sp</i>	18	11	4	3
		<i>Trachelomonas sp</i>	45	42	32	26
Chlorophyta	<i>Chloococcales</i>	<i>Chlorella sp</i>	269	198	198	105
		<i>Scenedesmus sp</i>	886	873	837	751
		<i>Schroederia sp</i>	0	0	47	0
		<i>Kirchneriella sp</i>	0	0	27	0

LFG: laguna facultativa grande, LFP: laguna facultativa pequeña, LM: laguna de maduración, LE: laguna de estabilización.

Las diferentes taxas de microalgas encontradas en el sistema de tratamiento de aguas residuales del municipio de Uribía (lagunas facultativas, laguna de maduración y laguna de estabilización), obedecen a que son organismos cosmopolitas y que son comunes en aguas eutrofizadas (Arauzo M., 2000). Bersanti, (2006) identificó microalgas de la laguna facultativa de la estación de tratamiento de aguas de Ginebra, Valle del Cauca encontrando algunos géneros comunes que se encuentran en este sistema lagunar, considerando estos dos ambientes similares, entre los cuales se encuentra algunos géneros como *Euglena*, *Scenedesmus*, *Navicula*, *Chroomococcus* y *Chroococcus* entre otros.

El primer intento importante de identificar las comunidades microalgales asociadas a este tipo de ecosistemas lo realizó Palmer, (1969), el cual caracterizó un grupo de morfotipos distribuidos entre géneros y especies de algas tolerantes a la contaminación orgánica y ambientes eutrofizados, demostró que los géneros como *Oscillatoria*, *Euglena*, *Scenedesmus*, *Chlamydomonas* y *Navicula*, son los géneros que se encuentran en aguas contaminadas orgánicamente (Jafari, 2006). Así mismo, las *Cianophyceas*, que son un grupo de cianobacterias presentan un amplio rango de distribución y son típicas de ambientes eutrofizados (Curtis, 2002), como los son las aguas residuales del sistema de tratamiento lagunar del municipio de Uribía (Tabla 4), algunos géneros como *Merismopedia*, *Oscillatoria*, *Aphanocapsa* y *Chroococcus*, son comunes en este tipo de agua. En este tipo de ambiente es importante encontrar *Cianophyceas*, debido a que las cianobacterias forman parte del proceso de degradación biológica de la materia orgánica del agua, porque como son organismos fotosintéticos les proporciona oxígeno a los otros microorganismos capaces de degradar dicha materia, permitiendo su decantamiento y favoreciendo su eliminación.

Densidad Microalgal

En la Figura 3, se observa la densidad total de especies por grupos taxonómicos en cada laguna del sistema de tratamiento. Se observa que los picos de mayor densidad se reportaron en la laguna de maduración- LM y laguna facultativa grande-LFG, obteniendo la mayor densidad las divisiones *Cianophyta*, Bacillariophyta y Chlorophyta. Entre las *Cianophytas* más abundante se encontró el género *Chroococcus*. En la división Bacillariophyta la de mayor densidad la obtuvo el género *Actinocyclus* y en la división Chlorophyta fue el género *Scenedesmus* el que se presentó en mayor proporción.

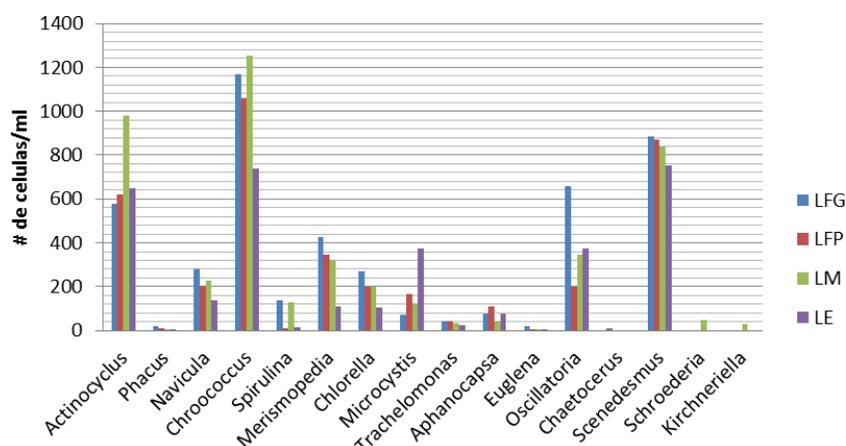


Figura 3. Número de células/ml por géneros encontrados en las lagunas del sistema de tratamiento de agua residual

Mara, (2004) expresa que las algas que tienden a predominar en las aguas turbias de lagunas facultativas, pertenecen a los géneros móviles (tales como *Chlamydomonas* y *Euglena*) ya que estos pueden optimizar su posición vertical en la columna de agua del estanque en relación con la intensidad de la luz incidente con más facilidad que las formas no-móviles. En este estudio en particular en la lagunas facultativas muestreadas no se encontraron en mayor proporción los órdenes reportados por (Mara, 2004). El mayor número de algas encontradas se obtuvo en la laguna de maduración y laguna facultativa, encontrando en mayor proporción las formas no-móviles correspondientes a las divisiones de Cyanophyta y Bacillariophyta y formas móviles como las *Chlorophyta* (Tabla 1). Por su parte Masseret, (1998) reporta varios de los géneros de diatomeas encontradas en las lagunas de estabilización en tratamiento de aguas residuales, entre los cuales se encuentra el género *Navicula* sp y *Nitzschia* sp., siendo el primero de estos identificado en las cuatro lagunas del sistema de tratamiento.

Abundancia

En cuanto a la medición de abundancia, en este estudio el mayor número de individuos se presentó en la división Cyanophyta con 50,7% en la cual se observaron 8.333 individuos, seguido de la división Chlorophyta con 25,5% que correspondió a 4.191 individuos, la división Bacillariophyta con el 22,5% con 3.697 individuos, para finalizar la división Euglenophyta con la menor abundancia de 1,3% presentado en 214 individuos. Como finalidad tener un total de 16.435 individuos encontrados en el sistema de tratamiento de agua residual (Figura 4). Es importante precisar que el género *Chroococcus* sp fue el más abundante debido a que este género es el que mayor número de individuos se encuentran en lagos eutrofizados (Rawson, 1956), su comportamiento depende de las condiciones ecológicas del lugar, pero por lo general las lagunas eutrofizadas típicas presentan al menos cinco veces más plancton en comparación a los lagos oligotróficos o aguas con poca carga orgánica en relación a la abundancia. Las Chroococcales pueden ser plancton, perifiton, metafiton, neuston o bentos; muchas de ellas pueden crecer en forma masiva y constituir unos de los componentes principales en la producción de biomasa formando la denominada coloración de aguas (Comas, 1996) llevando a un esa excesiva abundancia proporcionándole el color verde (Mara, 2004) que se denota en las cuatro lagunas del sistema.

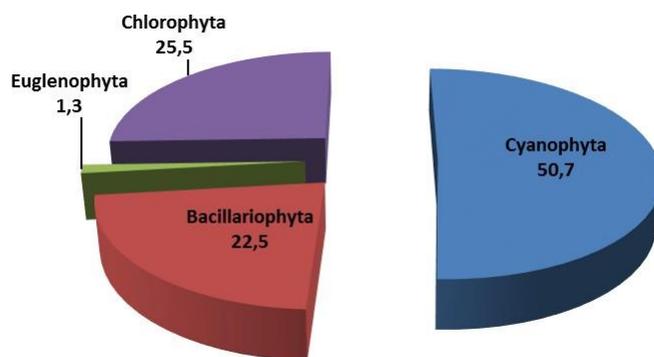


Figura 4. Porcentaje de Abundancia encontrados en las lagunas del sistema de tratamiento de agua residual

CONCLUSION

En este sistema se encontraron cuatro grupo de divisiones taxonómicas y 16 géneros Cyanophyta (*Oscillatoria*, *Merismopedia*, *Aphanocapsa*, *Chroococcus*, *Spirulina* y *Microcystis*), Bacillarophyta (*Actinocyclus*, *Navicula* y *Chaetocerus*), Euglenophyta (*Euglena*, *Phacus* y *Trachelomonas*) y Chlorophyta (*Chlorella*, *Scenedesmus*, *Schroederia* y *Kirchneriella*) presentando más variedad la división Cyanophyta y en menor proporción la Euglenophyta y Bacillarophyta.

La densidad microalgal se presentó incrementada en las LM y LFG con el género *Chroococcus*, seguido de *Actinocyclus* y *Scenedesmus*.

Este estudio contribuyó a entender mejor la dinámica y variabilidad en cuanto a la composición y diversidad de las diferentes comunidades de microalgas asociadas al sistema de tratamiento de agua residual de tipo lagunar del municipio de Uribía.

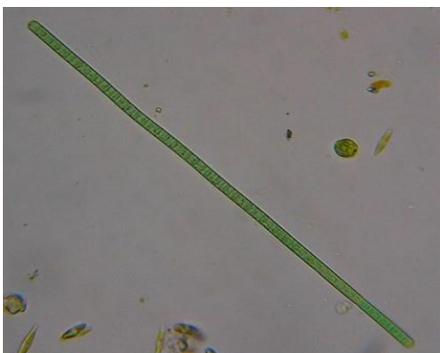
BIBLIOGRAFÍA

- Arauzo M., C. F. (2000). El papel de las algas en las aguas residuales a deep estanque de auto-regeneración. *Wst Res*, 3666 - 3674.
- Bersanti, G. (2006). *Algae: anatomy, biochemistry, and biotechnology*. Taylor and Francis Group, 320.
- Borowitzka, M. A. (2005). Capítulo 14. Culturing microalgas en estanques al aire libre. las tecnicas de cultivo de algas (pág. 589). Elsevier Academic Press.
- Ceron., V. (2011). Estructura y dinamica de comunidades micoalgales asociadas a lagunas facultativas secundarias en la estacion de investigacion y transferencia de tecnologia en aguas residuales y reusó. Valle del cauca: Tesis de grado. Universidad del Valle.
- Comas, A. (1996). Las Chlorococcales dulciacuicolas de Cuba. Biblioteca Phycologica J. CRAMER, 192.
- Confederacion hidrografica del Ebro. (2005). Metodologia para el establecimiento el estado ecologico segun la directiva MARCO del Agua. España: Ministerio del medio ambiente.
- Contraloria general del departamento de la Guajira (CDG). (2010). Gestion ambiental territorial. Capítulo 2. <http://contraloriaguajira.gov.co> visto 27 marzo 2014.
- Curtis, A. S. (2002). *Cyanophages and Their Role in the Ecology of Cyanobacteria*. KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, 736.
- Jafari, N. G. (2006). Hydrobiological Study of Algae of an Urban Freshwater River. *Appl. Sci. Environ*, 153-158.
- Koning, A. (2000). Sistemas de lagunas de establiacion. como utilizar las aguas reiduales tratadas en sistema de Redagio. En S. Rolim, *Biologia de las lagunas de estabilizacion* (págs. 44-67). Santa fe de Bogota: McGraw-Hill Interamericana.
- Lobo, e. a. (1986). Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de ríos y esteros de la zona central de chile. *Biologia marina*, 22(1):1-29.
- Mara, D. (2004). *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*. Earthscan Publications.
- Masseret, E. A. (1998). Changes in the structure and metabolic activites periphyt communities in a stream eceiving treated sewage from a waste stabilization pond. *Wat. Res.*, 8, 229-2314.

- Mejia, M. y. (2005). Monitoreo de las condiciones medioambientales de los rios Guatapurí y Cesar influenciados por los STAR de valledupar y Cesar y la paz. Corporación Autónoma Regional del Cesar "CORPOCESAR".
- Mendoça, S. R. (2000). Sistema de Lagunas de Estabilización. Santa Fe de Bogotá: Editorial Mc Graw Hill.
- Palmer, C. M. (1969). A composite rating of algae tolerating organic pollution. *Phyco*, 15:78-82.
- Pinilla G, G. G. (1999). Patrones de distribución del fitoplancton en reservorios de aguas lluvias en un altiplano de los Andes colombianos. *Geotropica*, 4: 39-47.
- Rawson, D. S. (1956). Algal indicators of trophic lake types. *Limnol & Oceanogr*, 1: 18-25.
- Romero. (2005). Lagunas de estabilización de aguas residuales. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- Romero, J. A. (1999). Tratamiento de aguas residuales y lagunas de estabilización. Alfa omega.
- STANDARD METHODS . (2005). THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. APHA-AWWA-WEF. 21 st.
- Utermoë., H. (1958). zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik. *mitt. int. verein. theor. angew. limnol.*, 9, 38.

ANEXO.

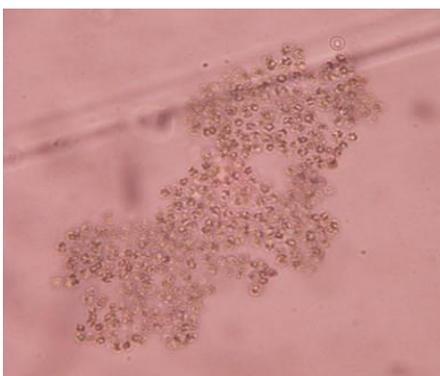
Registro fotográfico de los géneros encontrados en el sistema de tratamiento de agua residual. Fotos tomadas por Dincol L. Arenas Cárdenas.



Oscillatoria



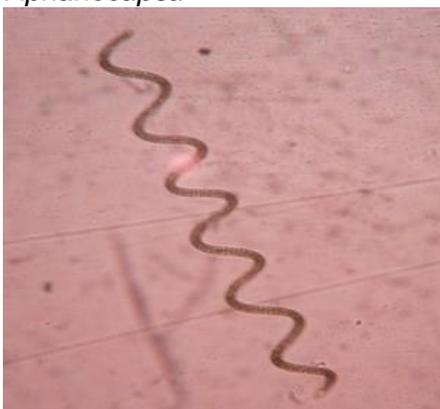
Merismopedia



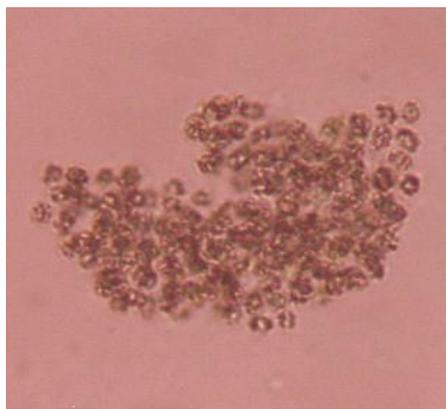
Aphanocapsa



Chroococcus



Spirulina



Microcystis



Navicula



Chaetocerus



Actinocyclus



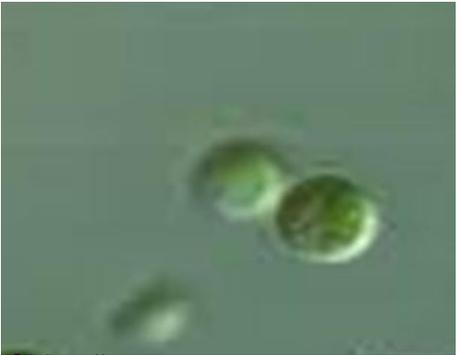
Euglena



Phacus



Trachelomonas



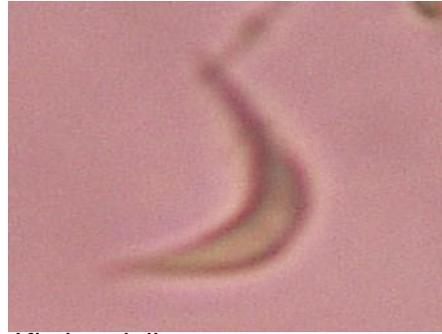
Chlorella



Scenedesmus



Schroederia



Kirchneriella

Materias Primas Ancestrales Wayüü, Una Alternativa para el Desarrollo de Una Bebida con Identidad Cultural

Daldo Araujo Vidal
Yoisman Carvajalino Parodi
Delkin Baleta Perez



9 Materias Primas Ancestrales Wayüü, Una Alternativa para el Desarrollo de Una Bebida con Identidad Cultural

Wayüü Ancestral Raw Materials, an Alternative To Boost Gastronomic Tourism In La Guajira

Daldo Araujo Vidal, Centro Agroempresarial y Acuícola, SENA
Yoisman Carvajalino Parodi, Centro Agroempresarial y Acuícola, SENA
Delkin Baleta Perez, Centro Agroempresarial y Acuícola SENA
Email: daraujov@misena.edu.co

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es desarrollar y estandarizar diferentes bebidas tipo coctel empleando licores y materias primas ancestrales WAYUU para incursionar en las rutas del turismo gastronómico del Departamento de la Guajira. Los materiales empleados se encuentran el chirrinchi, churro, pela, yogurt y leche de cabra, limón, hielo, yacon, toronjil, chicha de corozo etc. Metodológicamente las materias primas se caracterizaron mediante los métodos establecidos por la AOAC para acidez, pH, sólidos totales, grados brix. Las formulaciones empleadas en las diferentes bebidas se determinaron mediante análisis sensorial (escala hedónica de 9 puntos) con 100 catadores no entrenados. Para la determinación de la vida útil de los productos se empleó un DCA teniendo como variables el tiempo de almacenamiento (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 26, 30 días) y el tipo de envase (PET o vidrio); en los tiempos establecidos se realizaron evaluaciones sensoriales, pruebas fisicoquímicas y microbiológicas de los productos. El desarrollo y estandarización de una fórmula láctea con licor artesanal Guajiro tipo "Coctel" presentó una vida útil de 20 días envasados en PET o vidrio; conservando en este tiempo el sabor, olor, apariencia e inocuidad con gran potencial para ser incluidas en las cartas de licores de restaurantes, hostales, hoteles y bares ubicados en las rutas turísticas y gastronómicas del Departamento de la Guajira.

PALABRAS CLAVE: Guajira colombiana, Rutas turística gastronómicas, Sabores ancestrales, palomino, cabo de la vela.

ABSTRACT

The objective of the present research is to develop and standardize different cocktail drinks using WAYUU ancestral raw materials and spirits to venture into gastronomic tourism routes of the Department of La Guajira. The materials used are chirrinchi, churro, pela, yogurt and goat's milk, lemon, ice, yacon, lemon balm, chicha de corozo etc. Methodologically the raw materials were characterized by the methods established by the AOAC for acidity, pH, total solids, brix degrees. The formulations used in the different beverages were determined by sensory analysis (hedonic scale of 9 points) with 100 untrained tasters. For the determination of the useful life of the products, a DCA was used having as variables the storage time (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 26, 30 days) and the type of container (PET or glass); In the established times, sensory evaluations, physicochemical and microbiological tests of the products were carried out. The development and standardization of a dairy formula with Guajiro type "Cocktail" liqueur presented a shelf life of 20 days packed in PET or glass; keeping in this time the taste, smell, appearance and innocuousness with great potential to be included in the liquor

menus of restaurants, hostels, hotels and bars located in the tourist and gastronomic routes of the Department of La Guajira

KEYWORDS: Colombian Guajira, gastronomic routes, ancestral flavors, palomino, cape of the candle.

INTRODUCCIÓN

La gastronomía es un fenómeno universal presente en la cultura de todos los pueblos del mundo desde sus inicios hasta nuestros días. Forma parte importante del patrimonio intangible de una comunidad por las redes simbólicas que se tejen y que expresan los acontecimientos fundamentales de la vida de los individuos en el ambiro privado y público. Olaya, S. (2012) Álvarez, M. (2002). La gastronomía Guajira tiene gran importancia ya que recoge todo el patrimonio culinario de una región tan singular como la Guajira, con una fuerte tradición indígena, de cocina prehispánica y pos hispánica, una gran influencia de la cocina española, el caribe insular, Jamaica, los cayos franceses, la antilla holandesa, la conexión directa con Venezuela, aportaciones africanas de distintas vertientes; lo que han permitido que el departamento no tenga un plato o bebida típica si no una vajilla típica de preparaciones, lo que permite una variabilidad en su cocina.

En general, los saberes culinarios y los licores tradicionales en La Guajira, constituye la expresión de un referente identitario con un pasado ancestral y de resistencia cultural frente a una vida más urbana; también éstos, se han constituido como elementos fundamentales para el desarrollo de nuevas estrategias de obtención de ingresos familiares, logrando integrarse y permanecer en la economía local, a pesar de la diversificación de la oferta alimentaria comercial que han propiciado el acelerado proceso de urbanización y el desarrollo tecnológico que ha caracterizado a la globalización. De tal suerte que la permanencia de estos saberes y prácticas culinarias se han ido constituyendo como elementos dinámicos y compatibles o adaptables a los cambios. En este sentido, la tradición como señala Giménez (2000), es una noción dinámica compatible con el cambio, la modernización y el desarrollo. Nunca es repetición del pasado en el presente, si no filtro, redefinición, reelaboración, innovación del pasado en función de las necesidades y desafíos del presente. Bajo el contexto anterior la presente investigación busca desarrollar y estandarizar diferentes bebidas con identidad cultural tipo coctel empleando licores y materias primas ancestrales WAYUU para incursionar el turismo gastronómico en el Departamento de la Guajira.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La Organización Mundial del Turismo ha podido determinar que el ecoturismo en asocio con el turismo de aventura, el agroturismo, el turismo de cruceros y el turismo cultural demandará la mayor atención de los consumidores de este tipo de servicios. El ecoturismo, en consecuencia, con este comportamiento, ha adquirido gran preponderancia en el contexto internacional en los últimos 40 años. Algunos países de diversos continentes y, en especial, de América se han posicionado como destinos ecoturísticos.

En el marco de los escenarios globalizados, tópicos como los ambientales y el turismo han logrado especial relevancia, ya que a través de estos se puede velar por la conservación de las diferentes especies, incluida la especie humana. El turismo ha consolidado su definición y la ha hecho mucho más trascendental, ya que representa una

de las actividades más crecientes, por cuanto aglutina un número cada vez mayor de personas. Por esta razón es perentoria la implementación y formulación de ciertos insumos de la política, aclaración de conceptos, con el objetivo de poder establecer que tan fructífero pueden ser estos dos sectores, y a través de ellos, como se puede llegar a desarrollar una unidad de negocios mediante la conjunción de estos criterios antes antagónicos.

Rodríguez (2000) establece que nuestro país está considerado como uno de los países más ricos en materia de biodiversidad, considerando a Colombia como uno de los 13 países como mega diversidad, esto sin tener en cuenta la invaluable diversidad cultural. Todo esto nos abre un gran campo de acción para llegar a diversas formas de uso de los recursos, en especial el turismo practicándolo de una forma sostenible y responsable, mediante la especialización que ha traído consigo una creciente demanda de todo lo que está ligado a la naturaleza. En Colombia se ha fortalecido la oferta de servicios turísticos en escenarios naturales, que se han ido apalancando tanto en áreas con protección de carácter nacional, a través de restricciones especiales, en otras áreas protegidas con carácter regional o municipal y en áreas de reserva de sociedad civil bajo el control, inspección y vigilancia de entidades u organizaciones gubernamentales o no gubernamentales.

METODOLOGÍA

La presente investigación se está adelantando en el taller de lácteos, laboratorio de control de calidad de alimentos y el Laboratorio de Análisis Sensorial del Centro Agroempresarial y Acuícola, Servicio Nacional de Aprendizaje “SENA” Municipio de Fonseca, Departamento de la Guajira, Colombia.

Materia prima: La leche fresca de cabra que se utilizó en la investigación fue obtenida del programa Ovinocaprino del Centro Agroempresarial y Acuícola, una vez recepcionada la materia prima se sometió a las operaciones de filtración y refrigeración hasta una temperatura de 4°C. Luego se realizaron análisis fisicoquímicos por triplicados utilizando el BIOLAC 60, METODO FIL – IDF 141 B (Federación Internacional de Lechería, 1996). Obteniéndose los porcentajes (p/v) de: materia grasa, densidad, lactosa, sólidos no grasos, proteínas, agua adicionada, temperatura, punto crioscópico y sales.

El churro Wayuu obtenido del resguardo indígena del municipio de Barrancas, la uvita playera y el jengibre se caracterizaron mediante los métodos establecidos por la AOAC para acidez, pH, sólidos totales, grados brix.

Elaboración del Yogurt de leche de Cabra: Se elaboró el yogur a base de leche de cabra con el procedimiento estandarizado y reportado en el Manual de Productos Lácteos (ICTA, 1994); los análisis fisicoquímicos (% Materia grasa, % Sólidos lácteos no grasas, % Acidez como ácido láctico) y microbiológicos (NMP Coliformes totales/g, NMP Coliformes fecales/g, Hongos y levaduras/g) se realizaron según lo establecido por el Ministerio de salud en la resolución 02310/1986 para lácteos fermentados.

Desarrollo de las formulaciones: Caracterizado el churro, la uvita playera, el jengibre y el yogurt de cabra, se procedieron a desarrollar 12 formulaciones intencionales, combinando entre si las materias primas caracterizadas, hielo y el yogurt de cabra; empleando un panel de 12 catadores semientrenados (Aprendices del programa control

de calidad de alimentos) mediante una escala hedónica de 9 puntos se preseleccionaron 3 formulaciones con mayor aceptación.

Selección de la mejor formulación: Las tres formulaciones preseleccionadas se sometieron análisis sensorial (escala hedónica de 9 puntos) con 100 catadores no entrenados consumidores de yogurt. Los cuales seleccionaron la formulación con mayor aceptación.

Vida útil del producto: Se empleó un diseño aleatorio (DCA) teniendo como variables el tiempo de almacenamiento (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 26, 30 días) y el tipo de envase (PET y vidrio); en los tiempos establecidos se realizaron evaluaciones sensoriales, pruebas fisicoquímicas y microbiológicas del producto por triplicado.

RESULTADOS

Análisis fisicoquímicos de la leche de cabra

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas de la leche de cabra

Propiedad analizada	Valor encontrado	Decreto 616 del 2006
Proteínas % (m/m)	3.53%	Min. 2.9%
Materia grasa % (m/m)	3.47%	Min. 3.0%
Densidad a 15°C (g/mL)	1.034	1.030 – 1.033 (g/mL)
Sólidos totales% (m/m)	12.42%	Min. 11.3%
Sólidos no grasos % (m/m)	8.95%	Min. 8.3%
Crioscopia (T°C)	-0.544 °C	-0.530 a – 0.550 °C
Agua adicionada (%)	0%	0%
Sales % (m/m)	0.61%	

Al comparar las concentraciones de los principales componentes de la leche de cabra estudiada (Tabla 1) con los parámetros establecidos (Para leche de vaca) por el Decreto 616 /2006 emitido por el Ministerio de Protección Social de Colombia, se observa, que los valores promedios encontrados están por encima de los valores mínimos de referencia. Esto se debe a que en el programa de ovino caprino del Centro Agroempresarial y Acuícola está realizando cruces genéticos con razas europeas especializadas; lo que ha llevado a obtener una mayor concentración de sólidos en la leche (Calderón et al, 2012, Ganacor, 2011; Vega & Martínez, 2012).

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del yogurt de leche de cabra.

En la Tabla 2. Se observa la composición promedio para las propiedades fisicoquímicas y las concentraciones microbiológicas del yogurt de cabra.

Tabla 2. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del yogurt de cabra

Análisis realizado	Valor encontrado	Valores según Res: 02310/1986
Materia grasa % (m/m)	3.02%	Min. 2.5%
Sólidos No grasos% (m/m)	7.31%	Min. 7%
Acidez como ácido láctico % m/m	1.1%	0.70-1.50%
NMP Coliformes totales/g,	35	20 – 93
NMP Coliformes fecales/g	-	< 3
Hongos y levaduras/g	276	200 – 500

Los análisis realizados al yogurt producido con leche de cabra, evidencia que cumple con los parámetros establecidos por la resolución 02310/1986, convirtiéndolo en un producto intermedio nutritivo e inocuo para el desarrollo de las formulaciones ya desarrolladas.

Desarrollo de las formulaciones

Tabla 3. Formulaciones preseleccionadas por los catadores semientrenados

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
7	5	7	5	5	5	5	5	5	5	5	7
7	2	1	2	6	4	4	6	1	1	4	2
6	4	5	5	6	5	5	9	5	6	7	3
6	6	8	5	9	4	6	9	4	3	4	6
5	3	6	5	6	7	7	8	5	6	8	5
5	3	3	4	6	2	3	4	6	7	7	5
7	1	1	1	9	2	2	6	2	1	7	2
3	2	3	3	5	1	3	4	2	5	3	5
4	5	7	3	5	1	5	6	6	7	8	5
6	5	4	2	4	2	5	6	3	9	4	1
8	5	5	3	7	2	7	8	2	3	5	5
5	7	6	4	5	7	6	7	5	6	5	4
69	48	56	42	73	42	58	78	46	59	67	50

En la Tabla 3 se muestran los juicios emitidos por los 12 aprendices del programa de control de calidad del Centro Agroempresarial y Acuícola semientrenados para la técnica utilizada. El juicio de los catadores semientrenados preseleccionó las formulaciones A, E y H como las de mayor aceptación.

Selección de la mejor formulación

En la Tabla 4 se presenta la sumatoria de la puntuación emitida por los 100 catadores consumidores conformados por aprendices, instructores y administrativos del Centro Agroempresarial y Acuícola para cada una de las 3 formulaciones preseleccionadas (Figura 1), al igual que los resultados del test de Friedman al 5% de significancia.

Tabla 4. Totales de puntuación por muestra de la formulación preseleccionada

No. CATADORES	FORMULACIONES		
	A	E	H
1	9	8	9
2	7	9	6
3	9	9	7
4	7	8	8
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
100	5	8	5
TOTAL	805 a	799 a	863 b

Letras diferentes en la misma fila, indican diferencia estadística significativa (Valor $p \leq 0,05$).

El test de Friedman mostró que para el total de los catadores no existen diferencias significativas con relación a la preferencia entre la formulación A Y E; La formulación con mayor preferencia fue la H, la cual se utilizó en la siguiente fase de investigación (Vida útil) y será sometida a la validación de la formulación desarrollada en las principales rutas turísticas de la Guajira.



Figura 1. Presentación de las formulaciones preseleccionadas.

Análisis fisicoquímico y microbiológico del “ALGURT” (producto)

En la Tabla 5. Se observa la composición de las propiedades fisicoquímicas y las concentraciones microbiológicas del “ALGURT”.

Tabla 5. Análisis fisicoquímico y microbiológico del “ALGURT”

Análisis realizado	Valor encontrado	Valores de Res: 02310/ 1986, NTC 4132
NMP Coliformes totales/g,	35	10 – 100
NMP Coliformes fecales/g	-	Ausencia
Hongos y levaduras/g	210	200 – 500
	Valor encontrado	
Materia grasa % (m/m)	4.6%	2.5%
Grados Brix%	12% °Bx	
Sólidos No grasos% (m/m)	15.9%	7%
Grados alcoholímetros	3.5GL	

De los ensayos realizados previos nos arrojó 10 días de vida útil de la bebida, donde se encontró unos valores aceptables bajo los índices normativos microbiológicos, según resolución 02310/1986 y NTC 4132, los valores fisicoquímicos determinados arrojaron valores por encima de los normativos, por lo que podemos decir que es bebida enriquecida, y sus características organolépticas óptimas donde se conservan su olor, sabor, color y apariencia. Lo que nos indica que es un producto apto e inocuo para el consumo humano.

CONCLUSIÓN

El ALGURT es una de las pocas bebidas tipo coctel que preserva la identidad Wayuu, con gran potencial para hacer parte de las cartas de cocteles en restaurantes, hostales, hoteles y bares ubicados en las rutas turísticas y gastronómicas del Departamento de la Guajira; visitadas al año por centenares de nacionales y extranjeros (Cabo de la vela, Palomino, Punta Gallina, Mayapo, etc). Este estudio se convierte en el inicio de una nueva alternativa saludable y orgánica para dar valor agregado a las materias primas ancestrales Wayuu, estimulando el incremento de la producción de las mismas y generación de nuevos empleos que permitan minimizar la crisis humanitaria que vive la población indígena de la Guajira colombiana.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, M. (2002) "El gusto es nuestro. Modelos alimentarios y políticas de patrimonialización" en Conferencia dictada en la sesión Patrimonio, culturas nacionales y turismo del II Congreso Internacional Cultura y desarrollo, La Habana, 3 a 7 de junio de 2001. Publicada en Catauro Revista Cubana de Antropología. Año 3, No. 5.
- Calderón, A. García, F & Martínez, G. 2012. Indicadores de calidad de leches crudas en diferentes regiones de Colombia. Rev. MVZ Córdoba 11(1):725-737.
- Federación Internacional de Lechería – IDF. 1996. Whole milk: determination of milk fat, protein and lactose content- guide for the operation mid- infra- red instrumentats. IDF Standard 141 B. International Dairy Federation, Brussels, Belgium.
- Ganaderos de Córdoba. 2011. Revista Ganacor N 10. Octubre – diciembre.
- Giménez, G. (2000) "Identidades étnicas: estado de la cuestión" en Leticia Reina (coord.) Los retos de la etnicidad en los estados-nación del siglo XXI. México, CIESAS, INI, Miguel Ángel Porrúa, pp. 45–70.
- ICTA. 1994. PADT- RURAL, Inventario y desarrollo de la tecnología de productos lácteos campesinos de Colombia. Manual de elaboración de yogurt. Bogotá p. 34.
- Olaya, S. (2012) El sentido de la cocina ancestral, I simposio internacional de cocina ancestral. Santiago de Cali, Colombia, 10 -12 de octubre.
- RODRÍGUEZ, M. (2000). "Ecología y medio ambiente" en Tirado, Álvaro (Ed.). Nueva Historia de Colombia, Vol. IX. Editorial Planeta, Santafé de Bogotá
- Vega. A. & Martinez, L. 2012. Acuerdo regional de competitividad de la cadena productiva láctea en el Departamento de Córdoba y en la zona del bajo Cauca Antioqueño. Centro de Investigación Turipana Corpoica regional 2 Cereté.



Formulaciones Nutraceuticas Alimenticias para Estilos de Vida Saludables

**Daldo Araujo Vidal
Daniel Mendoza Cujia
Maresa Anaya de Oro**

Formulaciones Nutraceuticas Alimenticias para Estilos de Vida Saludables

Food Nutraceutic Formulations for Healthy Lifestyles

Daldo Araujo Vidal, Grupo de investigación INNOVA Y EMPRENDE, Centro Agroempresarial y Acuícola, Sena. Fonseca, La Guajira.

Daniel Mendoza Cujia, Semillero de investigación AGROFOOD, Centro Agroempresarial y Acuícola, Sena. Fonseca, La Guajira

Maresa Anaya de Oro, Semillero de investigación AGROFOOD, Centro Agroempresarial y Acuícola, Sena. Fonseca, La Guajira

Email: daraujov@misena.edu.co

RESUMEN

La diabetes es una enfermedad crónica que aparece cuando el páncreas no produce insulina suficiente o cuando el organismo no utiliza de manera eficaz la insulina que produce, el número de personas a nivel mundial con diabetes en el 2015 fue de 422 millones, con mayor incidencia en los países de ingresos medianos y bajos como el nuestro. El objetivo de la investigación es evaluar el uso del Yacón en el desarrollo de formulaciones nutraceuticas alimenticias para el control de la diabetes y el sobre peso. Metodológicamente es una investigación aplicada, tipo experimental, donde las materias primas utilizadas para las formulaciones se caracterizaron mediante los métodos establecidos por la AOAC, INVIMA, ICONTEC para acidez, pH, sólidos totales, grados brix. Las selecciones de formulaciones alimenticias se determinaron mediante análisis sensorial (escala hedónica de 9 puntos) con 100 catadores no entrenados. Para la determinación de la vida útil de los productos se empleó un DCA teniendo como variables el tiempo de almacenamiento (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 26, 30 días) y el tipo de envase (PET y vidrio); en los tiempos establecidos se realizaron evaluaciones sensoriales, pruebas fisicoquímicas y microbiológicas de los productos. Para la cuantificación de la glucosa en sangre se empleó un glucómetro clínicamente validado Glucoquick G30a. Los resultados preliminares evidencian que el consumo 30 mL de la formulación desarrollada antes de las comidas por cada 100 gramos de alimento a consumir, reduce en promedio el 30% de la concentración de glucosa sanguínea. Este estudio se convierte en el inicio de una nueva alternativa saludable y orgánica para mejorar la calidad de vida de los pacientes con diabetes tipo 2

PALABRAS CLAVE: Diabetes mellitus, Yacon, control natural de la glucemia, estilos de vida saludables, control del sobre peso.

ABSTRACT

Diabetes is a chronic disease that occurs when the pancreas does not produce enough insulin or when the body does not use efficiently the insulin it produces, the number of people worldwide with diabetes in 2015 was 422 million, with the highest incidence in the countries of medium and low income like ours. The objective of the research is evaluating the use of Yacon in the development of nutritional nutraceutical formulations for the control of diabetes and overweight. Methodologically it is an applied research, experimental type, where the raw materials used for the formulations were characterized by the methods established by the AOAC, INVIMA, ICONTEC for acidity, pH, total solids, brix degrees.

The selections of nutritional formulations were determined by sensory analysis (hedonic scale of 9 points) with 100 untrained tasters. For the determination of the useful life of the products, a DCA was used having as variables the storage time (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 26, 30 days) and the type of container (PET and glass); In the established times, sensory evaluations, physicochemical and microbiological tests of the products were carried out. For the quantification of blood glucose, a clinically validated Glucoquick G30a glucometer was used. The preliminary results show that the consumption 30 mL of the formulation developed before meals for every 100 grams of food to be consumed, reduces on average 30% of the blood glucose concentration. This study becomes the beginning of a new healthy and organic alternative to improve the quality of life of patients with type 2 diabetes

KEYWORDS: Diabetes mellitus, Yacon, natural control of blood glucose, healthy lifestyles, control of overweight.

INTRODUCCIÓN

La diabetes mellitus es considerada una enfermedad emergente asociada al progreso de la sociedad desde el siglo XX, dado que el aumento de su prevalencia ha sido proporcional al incremento de la obesidad y el sedentarismo (Gadsby, 2002). Esta enfermedad constituye un grave problema de salud pública por su alta incidencia, prevalencia y carga incapacitante, lo que genera millones de pérdidas en los sistemas de salud de los países (American Diabetes Association, 2003).

La diabetes es una enfermedad crónica que aparece cuando el páncreas no produce insulina suficiente o cuando el organismo no utiliza de manera eficaz la insulina que produce (Sarwar et al, 2010). La insulina es una hormona que regula el azúcar en la sangre. El efecto de la diabetes no controlada es la hiperglucemia (aumento del azúcar en la sangre), que con el tiempo daña de manera grave muchos órganos y sistemas, en especial los nervios y los vasos sanguíneos. El número de personas a nivel mundial con diabetes en el 2014 fue de 422 millones, en 2015 fallecieron 1,6 millones de personas como consecuencia directa de la diabetes y los niveles altos de glucemia fueron la causa de otros 2,2 millones de muertes en 2012 (USRDS, 2014) con mayor incidencia en los países de ingresos medianos y bajos como el nuestro. Aproximadamente la mitad de las muertes atribuibles a la hiperglucemia tienen lugar antes de los 70 años de edad. Según proyecciones de la OMS, la diabetes será la séptima causa de mortalidad en 2030 (Mathers et al, 2006). Además es una importante causa de ceguera, insuficiencia renal, infarto de miocardio, accidente cerebrovascular y amputación de los miembros inferiores (Bourne, 2013).

El yacón es conocido como Jíquima en Venezuela, Colombia y parte de Ecuador. En Perú, Bolivia y norte de Argentina se denomina yacón en el sur del Perú y norte de Bolivia se conoce como aricoma. Es una planta promisoría en los tiempos modernos ya que la demanda de azúcares emulsificantes no dañinos para el organismo humano está creciendo de forma continua por dos razones, el afán de no subir de peso y los millones de seres humanos que sufren de diabetes y no pueden consumir sacarosa. Los habitantes andinos lo comen y consideran como una fruta, con bajo nivel energético, jugoso y de sabor dulce. Las raíces y las hojas son usadas para la diabetes, desórdenes digestivos y desórdenes renales. El yacón es una de las pocas plantas conocidas que produce inulina, un polímero de la fructuosa en cantidades aprovechables en la industria, presentando en sus raíces tuberosas hasta 20% de inulina. El yacón, a diferencia de otras

raíces y tubérculos, no almacena carbohidratos en forma de almidón, sino fructooligosacáridos (FOS) y azúcares libres (glucosa, sacarosa y fructosa). Los FOS son fibras solubles de bajo aporte calórico y prebióticos, que generan varios efectos favorables en la salud, mejorando la digestión, fortaleciendo la respuesta inmune, mejorando la asimilación de minerales y reduciendo los niveles de azúcar, colesterol y triglicéridos en la sangre. El yacón, por su contenido de fructooligosacáridos, posee un alto valor como alimento nutracéutico.

Dada las bondades que ofrece el Yacón y la problemática creciente a nivel mundial se estableció como objetivo en el presente estudio: Desarrollar formulaciones nutraceuticas alimenticias para impulsar estilos de vida saludables en pacientes con diabetes tipo 2 y obesidad.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Nutraceuticos.

La introducción formal del término nutraceutico fue planteada por el Doctor Stephen DeFelice en 1989, y consta de la fusión de dos elementos básicos: un componente nutricional y otro farmacéutico. DeFelice resumió el término como “un alimento (o parte del mismo) que proporciona beneficios a la salud, que incluye la prevención y/o tratamiento de una enfermedad; tales productos pueden variar desde nutrientes aislados, suplementos dietarios, hasta productos diseñados genéticamente”, esta definición hoy en día continúa vigente, aunque con algunas modificaciones (Gonzalez et al, 2013).

El conocimiento de la influencia que ejerce la alimentación sobre las funciones mentales superiores, el sistema inmune, cardiovascular y endocrino, ha ampliado el campo de estudio de diferentes disciplinas, dando partida al nuevo desarrollo de productos nutraceuticos que ha encaminado la dietética en la búsqueda de la interacción entre la nutrición y el estado de salud. Es así como se ha comprendido que los alimentos en general y sus nutrientes cumplen un rol importante en el desarrollo y protección del sistema inmune (Balcerczyk et al, 2014 y Aparo et al, 2014), al mismo tiempo que favorecen la capacidad de trabajo y el rendimiento en la actividad física. Se conoce que los estados de malnutrición pueden asociarse a síndromes de diversa complejidad, con múltiples manifestaciones sistémicas, en los que la base fisiopatológica radica en estados carenciales de múltiples micro y macronutrientes. De igual forma, el exceso de lípidos y carbohidratos conduce a la manifestación de diferentes patologías donde las alteraciones cardiovasculares y endocrinas encabezan la lista.

Clasificación de los nutraceuticos

Existen diversas opciones para la clasificación de los nutraceuticos dependiendo del autor consultado. Estos productos pueden catalogarse según su naturaleza química, su mecanismo de acción y su origen.

La mayoría de los autores, a nivel internacional, hacen mención a tres categorías principales para los nutraceuticos (Das et al, 2012):

- Nutrientes: sustancias con funciones nutricionales establecidas, como vitaminas, minerales, aminoácidos y ácidos grasos.
- Herbales: productos herbales o botánicos, procesados en forma de concentrados o extractos.

- Suplementos de la dieta: productos derivados de otras fuentes como el piruvato, condroitín sulfato, hormona precursora de esteroides, etc.

Razones para el consumo

Se ha demostrado que las personas que usan algún tipo de nutracéuticos muestran un comportamiento más saludable, debido a que pueden presentar mayor interés en el autocuidado y la adquisición de conocimientos acerca de su salud, por lo cual generan estrategias preventivas y estilos de vida adecuados basados en una ingesta apropiada de los grupos alimenticios y una actividad física pertinente, además pueden tener con más frecuencia un peso ajustado según la talla, en comparación con quienes no usan los suplementos (Dickinson et al, 2011). Paradójicamente, los usuarios de estos productos tienden a tener un mayor consumo de algunas vitaminas y minerales de fuentes alimentarias, que las personas que no consumen nutracéuticos, quizás en parte debido a que consumen más porciones de frutas y verduras en la alimentación diaria (Bailey et al, 2012).

METODOLOGÍA

La presente investigación se está adelantando en el laboratorio de control de calidad de alimentos y el laboratorio de análisis sensorial del Centro Agroempresarial y Acuícola, Servicio Nacional de Aprendizaje “SENA” Municipio de Fonseca, Departamento de la Guajira, Colombia.

Caracterización de las materias primas

La piña, el aloe vera, el yacon, toronjil, la naranja que se utilizó en la investigación fue obtenida del programa producción agropecuaria ecológica del Centro Agroempresarial y Acuícola, una vez recepcionada la materia prima se sometió a las operaciones de limpieza y desinfección. Luego se realizaron análisis fisicoquímicos por triplicados utilizando los métodos establecidos por la AOAC e ICONTEC para acidez, pH, sólidos totales, grados brix.

Desarrollo de las formulaciones

Caracterizada las materias primas, se procedieron a desarrollar 12 formulaciones intencionales, combinando entre si las materias primas caracterizadas con especial atención en la forma del Yacon (Jarabe, fruto en trozos); empleando un panel de 11 catadores semientrenados (Aprendices del programa control de calidad de alimentos) mediante una escala hedónica de 9 puntos se preseleccionaron 3 formulaciones con mayor aceptación.

Selección de la mejor formulación

Las 3 formulaciones preseleccionadas se sometieron análisis sensorial empleando una escala hedónica de 9 puntos como se muestra a continuación a 100 catadores no entrenados consumidores. Los cuales seleccionaron la formulación con mayor aceptación.

Escala Hedónica		
Nombre	Fecha	Edad:
Por favor, evalúe la muestra utilizando la escala que se encuentra en la parte inferior, para		

describir cuando usted gusto o disgusto del producto. Marque con una X la opción en cada una de las escalas que mejor representa su evaluación

Código	Código	Código
Me gusta extremadamente	Me gusta extremadamente	Me gusta extremadamente
me gusta mucho	me gusta mucho	me gusta mucho
me gusta moderadamente	me gusta moderadamente	me gusta moderadamente
me gusta ligeramente	me gusta ligeramente	me gusta ligeramente
Indiferente	Indiferente	Indiferente
me disgusta ligeramente	me disgusta ligeramente	me disgusta ligeramente
me disgusta moderada%	me disgusta moderada%	me disgusta moderada%
me disgusta mucho	me disgusta mucho	me disgusta mucho
me disgusta extrema%	me disgusta extrema%	me disgusta extrema%

Prueba piloto en pacientes con diabetes

La formulación alimenticia desarrollada se suministró en diferentes cantidades a 3 paciente diagnosticado clínicamente con diabetes tipo 2, por consiguiente se cuantifico la concentración de la glicemia en la sangre con ayuda de un glucoquick G30a con el fin de evaluar el efecto en el organismo (Efecto nutraceutico).

Vida útil del producto

Se empleó un diseño completamente aleatorio (DCA) teniendo como variables el tiempo de almacenamiento (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 26, 30 días) y el tipo de envase (PET y vidrio); en los tiempos establecidos se realizaron evaluaciones sensoriales, pruebas fisicoquímicas y microbiológicas del producto por triplicado.

RESULTADOS

Análisis fisicoquímicos de las materias primas

En la Tabla 1. Se observa la composición promedio para las propiedades fisicoquímicas de las materias primas que se emplearan para el desarrollo de las formulaciones nutraceuticas.

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas de las materias primas

	GRADOS BRIX	PH	ACIDEZ	HUMEDAD
PIÑA	8.8	3.6	1.25	90.2
NARANJA	8.2	2.6	4.1	94.6
ALOE VERA	0.3	3.8	0.24	83.49
YACON	19.3	6.4	0.8	82.24

Teniendo en cuenta las propiedades fisicoquímicas obtenidas de las materias primas analizadas (Tabla 1) se definió que el yacon se empleara en las formulaciones nutraceuticas como edulcorante de manera independiente de su presentación (Jarabe o trozos de fruta), la naranja como disolvente (Para evitar la adición de agua que disminuya el valor nutricional del producto a desarrollar) y la piña como fuente de fibra, al igual que el aloe vera. Todas las materias primas se emplearán frías o congeladas con el fin de evitar el uso de hielo y cause el mismo efecto que la adición de agua. A continuación, se detalla

las 12 formulaciones planteadas para el presente estudio, las cuales se sometieron en pasos posteriores a evaluación sensorial con catadores semientrenados y consumidores:

A. FORMULACION CON MEJORANA

- ✓ 70 ml de zumo de naranja.
- ✓ 30 gr de aloe vera.
- ✓ 100 gr de pulpa de piña.
- ✓ 30 gr de jarabe de yacon.
- ✓ 5 gr de granola.
- ✓ 1gr de hojas de mejorana

C. FORMULACION CLAVITO DE OLOR

- ✓ 70 ml de zumo de naranja.
- ✓ 30 gr de aloe vera.
- ✓ 100 gr de pulpa de piña.
- ✓ 30 gr de jarabe de yacon.
- ✓ 5 gr de granola.
- ✓ 0.5 ml de infusión de clavito de olor.

E. FORMULACION CON JENGIBRE

- ✓ 70 ml de zumo de naranja.
- ✓ 30 gr de aloe vera.
- ✓ 100 gr de pulpa de piña.
- ✓ 30 gr de jarabe de yacon.
- ✓ 5 gr de granola.
- ✓ 1 gr de jengibre.

G.FORMULACION CON MEJORANA

- ✓ 50 ml de zumo de naranja.
- ✓ 30 gr de aloe vera.
- ✓ 100 gr de pulpa de piña.
- ✓ 100 gr de yacon en trozos.
- ✓ 5 gr de granola.
- ✓ 0.5 gr de hojas de mejorana.

I.FORMULACION CLAVITO DE OLOR

- ✓ 50ml de zumo de naranja.
- ✓ 30 gr de aloe vera.
- ✓ 100 gr de pulpa de piña.
- ✓ 100 gr de yacon en trozos.
- ✓ 5 gr de granola.
- ✓ 2.0 ml de infusión de clavito de olor.

K. FORMULACION JENGIBRE

- ✓ 50 ml de zumo de naranja.
- ✓ 30 gr de aloe vera.
- ✓ 100 gr de pulpa de piña.
- ✓ 100 gr de jarabe de yacon.
- ✓ 5 gr de granola.
- ✓ 1 gr de jengibre.

M.FORMULACION YACON EN TROZOS

- ✓ 70 ml de zumo de naranja.
- ✓ 30 gr de aloe vera.
- ✓ 100 gr de pulpa de piña.
- ✓ 100 gr de jarabe de yacon.
- ✓ 5 gr de granola.

B.FORMULACION CANELA SIN GRANOLA

- ✓ 70 ml de zumo de naranja.
- ✓ 30 gr de aloe vera.
- ✓ 100 gr de pulpa de piña.
- ✓ 30 gr de jarabe de yacon.
- ✓ 2.0 ml de infusión de canela.

D.FORMULACION CON TORONJIL

- ✓ 70 ml de zumo de naranja.
- ✓ 30 gr de aloe vera.
- ✓ 100 gr de pulpa de piña.
- ✓ 30 gr de jarabe de yacon.
- ✓ 5 gr de granola.
- ✓ 5.0 ml de infusión de toronjil.

F. FORMULACION YACON EN TROZOS

- ✓ 70 ml de zumo de naranja.
- ✓ 30 gr de aloe vera.
- ✓ 100 gr de pulpa de piña.
- ✓ 100 gr de jarabe de yacon.
- ✓ 5 gr de granola.

H. FORMULACION CANELA SIN GRANOLA

- ✓ 50 ml de zumo de naranja.
- ✓ 30 gr de aloe vera.
- ✓ 100 gr de pulpa de piña.
- ✓ 100 gr de yacon en trozos.
- ✓ 2.5 ml de infusión de canela.

J. FORMULACION TORONJIL

- ✓ 50 ml de zumo de naranja.
- ✓ 30 gr de aloe vera.
- ✓ 100 gr de pulpa de piña.
- ✓ 100 gr de jarabe de yacon.
- ✓ 5 gr de granola.
- ✓ 5.0 ml de infusión de toronjil.

L. FORMULACION JARABE

- ✓ 70 ml de zumo de naranja.
- ✓ 30 gr de aloe vera.
- ✓ 100 gr de pulpa de piña.
- ✓ 30 gr de jarabe de yacon.
- ✓ 5 gr de granola.

Desarrollo de las formulaciones.

En la Tabla 2 se muestra las calificaciones de los 11 catadores semientrenados que arrojaron las tres formulaciones con mayor aceptación (A, E y H).

Tabla 2. Formulaciones preseleccionadas

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
7	5	7	5	5	5	5	5	5	5	5	7
7	2	1	2	6	4	4	6	1	1	4	2
6	4	5	5	6	5	5	9	5	6	7	3
6	6	8	5	9	4	6	9	4	3	4	6
5	3	6	5	6	7	7	8	5	6	8	5
5	3	3	4	6	2	3	4	6	7	7	5
7	1	1	1	9	2	2	6	2	1	7	2
3	2	3	3	5	1	3	4	2	5	3	5
4	5	7	3	5	1	5	6	6	7	8	5
6	5	4	2	4	2	5	6	3	9	4	1
8	5	5	3	7	2	7	8	2	3	5	5
64	41	50	38	68	35	52	71	41	53	62	46

Selección de la mejor formulación.

En la Tabla 3 se presenta la sumatoria de la puntuación emitida por los 100 catadores consumidores conformados por aprendices, instructores y administrativos del Centro Agroempresarial y Acuícola para cada una de las 3 formulaciones preseleccionadas, al igual que los resultados del test de Friedman al 5% de significancia.

El test de Friedman mostró que para el total de los catadores no existen diferencias significativas con relación a la preferencia entre la formulación A y H; La formulación con mayor preferencia fue la E, la cual se utilizó en la siguiente fase de investigación (Vida útil) y será sometida a la validación de la formulación desarrollada en pacientes diagnosticado clínicamente con diabetes y obesidad.

Tabla 3. Formulación seleccionada

No. CATADORES	FORMULACIONES		
	A	E	H
1	9	8	9
2	7	9	6
3	9	9	7
4	7	8	8
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
100	5	8	5
TOTAL	805 a	857 b	796 a

Letras diferentes en la misma fila, indican diferencia estadística significativa (Valor $p \leq 0,05$).

Piloto en pacientes con diabetes

En las condiciones en la que se está desarrollando la investigación, los resultados preliminares evidencian que el consumo 40 mL de la formulación desarrollada por cada 100 gramos de alimento a consumir, reduce en promedio el 25% de la concentración de glucosa sanguínea.

CONCLUSIÓN

Este estudio se convierte en el inicio de una nueva alternativa saludable, sostenible y orgánica que permitirá mejorar la calidad de vida de los pacientes con diabetes tipo 2 y obesidad. Se requerirán la experiencia de profesionales del sector salud *et al* métodos analíticos de mayor rigurosidad para validar el efecto de la formulación desarrollada como nutraceutico. Dada la composición nutricional el Yacon se convierte en una materia prima promisoría para la agroindustria colombiana impulsando nuevos empleo digno y sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

- American Diabetes Association. Economic costs of diabetes in the U.S. in 2002. *Diabetes Care*. 2003; 26(3): 917-932.
- Aparo L, di Costanzo M, di Scala C, Cosenza L, Leone L, Nocerino R, Canani RB. The influence of early life nutrition on epigenetic regulatory mechanisms of the immune system. *Nutrients* 2014; 6(11):4706-19.
- Bailey RL, Fulgoni VL 3rd, Keast DR, Dwyer JT. Examination of vitamin intakes among US adults by dietary supplement use. *J Acad Nutr Diet* 2012; 112(5):657-663.
- Balcerczyk A, Gajewska A, Macierzyńska-Piotrowska E, Pawelczyk T, Bartosz G, Szemraj J. Enhanced antioxidant capacity and anti-ageing biomarkers after diet micronutrient supplementation. *Molecules* 2014; 19(9):14794-808.
- Bourne RR, Stevens GA, White RA, Smith JL, Flaxman SR, Price H et al. *Lancet Global Health* 2013; Causes of vision loss worldwide, 1990-2010: a systematic analysis.1:e339-e349
- Das L, Bhaumik E, Raychaudhuri U, Chakraborty R. Role of nutraceuticals in human health. *J Food Sci Technol* 2012; 49(2):173-83.
- Dickinson A, Shao A, Boyon N, Franco JC. Use of dietary supplements by cardiologists, dermatologists and orthopedists: report of a survey. *Nutr J* 2011; 10:20-5.
- Gadsby R. Epidemiology of diabetes. *Adv Drug Deliv Rev*. 2002; 54(9): 1165-72
- González A, Larrosa M, García M, Tomás A, Espín JC. Nutraceuticals for older people: Facts, fictions and gaps in knowledge. *Maturitas* 2013; 75:313-34..
- Mathers CD, Loncar D. *PLoS Med*, 2006, Projections of global mortality and burden of disease from 2002 to 2030. 3(11):e442.
- Sarwar N, Gao P, Seshasai SR, Gobin R, Kaptoge S, Di Angelantonio et al. *Lancet*. 2010; Diabetes mellitus, fasting blood glucose concentration, and risk of vascular disease: a collaborative meta-analysis of 102 prospective studies. *Emerging Risk Factors Collaboration*. 26;375:2215-2222.
- USRDS, 2014. 2014 USRDS annual data report: Epidemiology of kidney disease in the United States. United States Renal Data System. National Institutes of Health, National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, Bethesda, MD, 2014:188–210.

Este libro se terminó el mes de Diciembre del 2018,
Las fuentes usadas son Arial

