

NOVA

REVISTA

DICIEMBRE 2016
Volumen 2 Número 1
ISSN 2500 - 4476



Centro de Desarrollo
Agroempresarial
y Turístico del Huila

La Plata



SENNOVA
Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación

NOVA
GRUPO DE INVESTIGACIÓN



Centro de Desarrollo
Agroempresarial
y Turístico del Huila





SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA

Alfonso Prada Gil

Director General del SENA

Emilio Eliecer Navia Zuñiga

Coordinador Grupo de Investigación, Innovación y
Producción Académica - Dirección General

Luis Alberto Tamayo Manrique

Director Regional SENA Huila

Jacqueline Molano Urriago

Subdirectora (E) Centro de Desarrollo
Agroempresarial y Turístico del Huila

Napoleón Barragán Clavijo

Coordinador Académico Centro de Desarrollo
Agroempresarial y Turístico del Huila

Nancy Briceño Moreno

Asesora SENNOVA Centro Sur
Dirección General

Comité Editorial

Adriana Carolina Villada Ramírez

Maestría en Salud Pública - EUROPUBHEALTH
(European Master of Public Health)
Ecole des Hautes Études en Santé Publique - Rennes,
Francia
Escuela Andaluza de Salud Pública - Universidad de
Granada - Granada, España
University of Copenhagen - Dept. of Public Health -
Copenhagen, Dinamarca

Gloria Cecilia Martínez Jiménez

Economista y Negociador Internacional.
Universidad Icesi - Cali
Instructora Centro de Desarrollo Agroempresarial y
Turístico del Huila

Juan Pablo Peña Arenales

Ingeniero Electrónico.
Universidad Colombiana de Ingeniería
Instructor Centro de Desarrollo Agroempresarial y
Turístico del Huila

Julio Flórez De La Hoz

Ingeniero Electrónico y en Telecomunicaciones.
Fundación Universidad del Norte
Instructor Centro de Desarrollo Agroempresarial y
Turístico del Huila

Leidy Maryuri Gaviria Franco

Comunicadora Social y Periodista, Universidad CUN
Especialista en Derechos Humanos y Competencias
Ciudadanas, Universidad del Tolima
Instructora de Comunicación y Producción
Documental Centro de Desarrollo Agroempresarial y
Turístico del Huila

William Orlando Triana Perdomo

Comunicador Social y Periodista. Universidad
Surcolombiana.
Tgo. Diseño para la Comunicación Gráfica. Sena.



César Leandro Zamora Pérez

Comunicador Social - Periodista de la Universidad
Surcolombiana de Neiva y Especialista en
Gerencia de la Comunicación Organizacional de
la Universidad de La Sabana. Instructor líder del
área de Comunicación en el Centro de Desarrollo
Agroempresarial y Turístico del Huila.

Comité Científico

Heimar Hernán Coronado Hernández

Maestría en Dirección Estratégica Especialidad en
Tecnologías de la Información Módulo Optativo en
Empresas de Software.
Universidad Internacional Iberoamericana
Líder Sennova Centro de Desarrollo Agroempresarial
y Turístico del Huila

Sergio Andrés Orduz Tovar

Microbiólogo Industrial
Centro de Formación Agroindustrial La Angostura
Coordinador del Laboratorio de Ciencias Básicas

Napoleón Barragán Clavijo

Ingeniero Civil, Ingeniero Agrícola,
Especialista en Ingeniería Ambiental

Diseño

Fotografías portada

William Orlando Triana Perdomo

Distribución gratuita
Tiraje: 1543 ejemplares
Editora Surcolombiana s.a.
Neiva, Huila
Diciembre de 2016

Revista Nova

MISIÓN: Divulgar las investigaciones realizadas por instructores y aprendices del Sena e instituciones a nivel regional, nacional e internacional. Publicando artículos científicos e inéditos relacionados con el desarrollo tecnológico e innovación industrial, desarrollo ambiental y agropecuario, emprendimiento y gestión empresarial, impactando y contribuyendo al desarrollo académico del Huila.

VISIÓN: Para el 2020 ser conocida como una publicación de innovación, relevancia y pertinencia académica con énfasis en las áreas industrial, ambiental, agropecuaria, empresarial, formando parte de las bases bibliográficas más relevantes.

Líneas de investigación Grupo Nova

El Grupo de investigación NOVA presenta tres líneas de investigación:

1. Desarrollo tecnológico e innovación industrial
2. Desarrollo ambiental y agropecuario
3. Emprendimiento y gestión empresarial

Revista Nova

MISSION: The research group NOVA supports Research, Technological Development and Innovation projects, aiming to generate knowledge that benefits the community and the productive sector in La Plata-Huila and its area of influence.

VISION: For the year 2020, NOVA will be the leader in the development of Research, Technological Development and Innovation projects, contributing to the quality of the comprehensive vocational training, as well as to the productive sector, throughout strategic alliances with companies and academic sector, being the reference point of scientific investigation in Huila Department

RESEARCH AREAS

NOVA has three different research areas

1. Technological Development and industrial innovation
2. Environmental and agricultural development
3. Entrepreneurship and business management

TABLA DE CONTENIDO

Volumen 2 · Número 1 · Diciembre 2016 · ISSN 2500 - 4476

EDITORIAL	6
COLECCIÓN DE CEPAS MICROBIANAS USADAS EN FORMACIÓN Y PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN APLICADA EN EL CENTRO PARA LA FORMACIÓN CAFETERA - SENA REGIONAL CALDAS	8
Laura Patricia Bermeo Escobar, Diana Marcela Flórez Ríos, Manuela Ocampo Gómez, Marisol Franco.	
ETNOORNITOLOGÍA PARA LA SOSTENIBILIDAD BIOLÓGICA EN LOS DEPARTAMENTOS DEL VAUPÉS Y GUAINÍA	16
Cynthia Patricia Coley Barrios, Gloria Amparo Rivera Velasco	
VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO LA PLATA MEDIANTE EL USO DE MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES	24
Daniel Rodríguez Acosta, Eliana Mercedes Andrade Ricardo, Ángela Daniela Pérez Losada, Mauricio Cifuentes Velásquez	
IDENTIFICACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD DE MICROALGAL PROVENIENTE DEL EMBALSE DEL MUÑA PARA EVALUAR SU POTENCIAL EN BIORREMEDIACIÓN	36
Paola Gissel Duarte Briceño, Julio Cesar Franco Correa, Semillero BIBA, Grupo de Investigación CIDEINNOVA	
ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA USANDO SUBPRODUCTOS DEL PROCESO DE BENEFICIO DEL CAFÉ (PULPA DE CAFÉ)	44
Martha Elizabeth Cortés Rico, Olga Beatriz Ladino Soto	
ELABORACIÓN DE UN PAPEL ECOLÓGICO A BASE DE COGOLLOS DE PIÑA	50
Sandra María Roza Gélvez, Andrés Yesid González Laguado, Jesús Antonio Villamizar Loaiza	
VALIDACIÓN DE UN MÉTODO ANALÍTICO PARA LA DETERMINACIÓN DE ALUMINIO RESIDUAL EN AGUA POTABLE MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA VISIBLE	56
Carlos Burgos Galeano, Paula Estrada Palencia	
EVALUACIÓN PRODUCTIVIDAD DEL ENSILAJE DE MAÍZ (ZEA MAYS) PARA LA ALIMENTACIÓN BOVINA EMPLEANDO AGRICULTURA DE PRECISIÓN	66
Octavio Clavijo Cabrera, Rafael Morantes Daza	
PARÁMETROS DE PUBLICACIÓN	76

EDITORIAL



Jacqueline Molano Urriago

Subdirectora (E) Centro de Desarrollo
Agroempresarial y Turístico del Huila

El mundo de hoy gira sobre los triunfos del hombre; su inteligencia y disciplina lo han hecho conquistar espacios, estudios y tratados, se han alcanzado las metas más inesperadas en un tiempo muy breve, la humanidad asiste al espectáculo más sorprendente: la tecnología, la cual nace con la innovación en todas las áreas de la vida humana, rigiendo su actividad en torno a principios informáticos que dinamizaron a la velocidad del tiempo, el quehacer de la humanidad.

De ahí la importancia que los estados y gobiernos le han dado para estar a la vanguardia de estas actividades y de preparar al conjunto de la sociedad en estas áreas que rigen al planeta, por cuanto toda actividad está sujeta o relacionada con la ciencia, para conocerla; con la tecnología para describirla y la innovación para aplicarla.

Las diferentes especialidades han hecho más dinámica todas las actividades, de esta forma, se hace fundamental e imperioso que para satisfacer las necesidades y resolver dificultades, el ser

humano debe estar formado y hábilmente adiestrado para el diseño, construcción y operación de los productos que permiten desarrollarlas de manera eficiente.

El SENA ha dado el gran salto en las áreas más sensibles del conocimiento industrial, aplicando los más actualizados sistemas de formación y dándole a ella valor humanista que trascienda y genere la integralidad formativa, para que sea exitosa en la aplicación de las labores y de los conocimientos impartidos y recibidos.

El SENA pasó de ser la institución académicamente formal, a la gran promotora y ejecutora de la ciencia, de la tecnología y de la innovación, con herramientas y procedimientos mundiales, dándole al país, a la industria y al conocimiento, el lugar que le corresponde en el desarrollo económico y social de las naciones. El gran equipo humano encargado de desarrollar esta importante iniciativa, lo ha hecho con generosidad, humildad y compromiso, desde el directivo hasta el aprendiz; no se han escatimado recursos ni esfuerzos, de ahí la calidad del reto y el éxito del propósito.

Gracias, a todos los que han intervenido en este proceso, el Huila comienza a desvestirse del harapo pastoril, colocándose en el frac de la laboriosidad con conocimiento, adiestramiento y capacidad.

COLECCIÓN DE CEPAS MICROBIANAS USADAS EN FORMACIÓN Y PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN APLICADA EN EL CENTRO PARA LA FORMACIÓN CAFETERA SENA REGIONAL CALDAS

COLLECTION OF MICROBIAL STRAINS USED IN TRAINING AND APPLIED RESEARCH PROJECTS AT THE CENTER FOR COFFEE EDUCATION - SENA REGIONAL CALDAS

Laura Patricia Bermeo Escobar ¹

Diana Marcela Flórez Ríos ²

Manuela Ocampo Gómez ³

Marisol Franco ⁴

Recibido:16-08-2016 Aceptado:22-11-2016

Resumen

Las colecciones de cultivos microbianos son consideradas centros de recursos biológicos ya que permiten conservar cepas de microorganismos que pueden ser utilizadas en diferentes estudios microbiológicos, biotecnológicos, educativos e investigativos; por eso es necesario aplicar métodos de preservación adecuados que aseguren su viabilidad, disponibilidad y resguardo de sus características fenotípicas, genotípicas y el potencial industrial. El objetivo del presente trabajo fue establecer una colección de cepas microbianas usadas en formación y proyectos de investigación aplicada del Centro para la Formación Cafetera - SENA Regional Caldas. En este estudio se conservaron doce cepas microbianas provenientes de trabajos de investigación realizados por instructores y aprendices empleando las técnicas de preservación en agua destilada estéril y glicerol al 10 %. Dicha conservación se realizó en tubos crioviales de 2 mL ajustados a una densidad óptica 1 (9×10^8 UFC/mL) de la escala de McFarland. La viabilidad y pureza de las cepas conservadas se evaluó, reactivándolas en medios de cultivo selectivos para cada tipo de microorganismo, con el fin de observar cambios en las características fisiológicas y morfológicas de los cultivos y determinar la eficiencia de los métodos de conservación evaluados. De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas realizadas, se pudieron identificar plenamente 12 géneros microbianos correspondientes a

1. Colombiana, Ingeniera de Alimentos; Maestrante en Microbiología Agroindustrial.

Instructora Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Manizales. lpbermeo4@misena.edu.co. Tel 3127704401.

2. Colombiana, Tecnóloga en Control Ambiental, Especialización Tecnológica en Calidad de Aguas, Ingeniera Ambiental.

Laboratorista Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Manizales. diamar.florez@misena.edu.co. Tel 3117225088.

3. Colombiana. Tecnóloga en Procesos Biotecnológicos Aplicados a la Industria.

Manizales. mocampo81@misena.edu.co Tel 3225095504

4. Colombiana. Tecnóloga en Procesos Biotecnológicos Aplicados a la Industria.

Manizales. mfranco1@misena.edu.co Tel 3116191551

Bacillus subtilis, Bacillus pumilus, Candida albicans, Pseudomonas aeruginosa, Saccharomyces cerevisiae, Salmonella sp, Clostridium perfringens, Lactobacillus

plantarum, *Lactobacillus* sp, *Pseudomona putida*, *Pseudomona mendocina* y *Hafnia alvei*, así mismo se observó un crecimiento positivo de estos microorganismos conservando su viabilidad y pureza en las dos técnicas de preservación utilizadas.

Palabras Clave: biotecnología, cepas, conservación, cultivos microbianos, microorganismos.

Abstract

The Collections of microbial cultures are considered centers of biological resources because they preserve strains of microorganisms that can be used in different microbiological, biotechnological, educational and research studies; therefore is necessary to apply appropriate preservation methods to ensure their viability, availability and protection of their phenotypic

characteristics, genotypic and industrial potential. The aim of this study was to establish a collection of microbial strains for use in training and applied in research projects at Coffee for training Center SENA-Regional Caldas.

In this study instructors conducted twelve microbial strains from research and trainees using preservation techniques in sterile distilled water and 10 % glycerol those were retained. Preservative was performed in 2 mL cryovials tubes adjusted to an optical density 1 (9×10^8 UFC/mL) MacFarland scale. The viability and purity was assessed preserved strains, resuming them in selective media for each type of microorganism, in order to observe changes in physiological and morphological characteristics of the cultures and to determine the efficiency of preservation methods evaluated. According to the results obtained in tests, they could be identified fully 12 microbial genera corresponding to *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus*, *Candida albicans*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Salmonella* sp, *Clostridium perfringens*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus* sp, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas mendocina* and *Hafnia alvei*, likewise positive growth of these microorganisms retain their viability was observed in both purity and preservation techniques used.

Keywords: biotechnology, strains, conservation, microbial cultures, microorganisms.

1. Introducción.

Los microorganismos representan un papel fundamental para el sostenimiento y funcionamiento de los ecosistemas globales; además del potencial que tienen como fuente de recursos biológicos para el desarrollo de la medicina, la industria, la agricultura, la biotecnología, entre otras, (Burguet, Sierra, & Brito, 2012; Morales et al., 2010)

De acuerdo a lo anterior las colecciones microbianas constituyen una herramienta de importancia para el progreso y desarrollo de diferentes ramas de la ciencia y de ahí la necesidad de mantener y disponer de cultivos microbianos de calidad mediante el uso de diversos métodos de preservación que garanticen que el cultivo a conservar sea puro, reduciendo al mínimo la posibilidad de contaminación, que aseguren al menos la supervivencia del 70% de las células por un periodo determinado de tiempo; además que estas células permanezcan genéticamente estables (Arencibia, Rosario, & Gámez, 2008; Burguet et al., 2012; García & Uruburu, 2000; Fernández et al., 2013; Godínez & Calderón, 2008; Fernández et al., 2012; Henao, Franco, & Marín, 2006).

Con el fin de dar respuesta a estas necesidades se han desarrollado a través de los años diferentes métodos para el mantenimiento y conservación de organismos como bacterias y hongos, entre los que se encuentran la liofilización, congelación, transferencia periódica, suspensión en agua destilada estéril, en capa de aceite mineral, desecación en papel de filtro, desecación en suelo, arena, silicagel, entre otros; con los que se busca detener el crecimiento de las células microbianas sin causar pérdida de viabilidad. Además de mantener la estabilidad y pureza de los organismos preservados (Gato, 2010; García & Uruburu, 2000; Ryan & Smith, 2004; Sarmiento, Hazel, & Cárdenas, 2013). Por otro lado la elección de un método u otro depende del tipo de microorganismo a preservar, del tiempo que se deseen mantener conservados los cultivos, de los recursos del laboratorio, así como el entrenamiento del personal encargado (Rico et al., 2004; Weng, Olvido, & Álvarez, 2005).

En Colombia, instituciones como la Universidad Javeriana de Bogotá y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) de Cali, son las únicas

que tienen colecciones microbianas registradas ante la WDCM (World Data Centre for Microorganisms) ocupando el octavo lugar de los nueve países participantes de América con estas colecciones, y que representa solo el 1,27 % del total aportado por los países del continente Americano (González & Jiménez, 2014); sin embargo este es un avance para el país y un reto para aumentar este tipo de colecciones a nivel internacional. Por otro lado, existen otras entidades como La Universidad Francisco de Paula Santander, La Universidad Católica de Manizales, El Instituto Colombiano de Medicina Tropical, El Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI), El Centro Nacional de Investigaciones del Café (CENICAFÉ), entre otras, que han ido construyendo dentro de sus instalaciones colecciones microbianas más pequeñas, para su uso en diferentes estudios e investigaciones. No obstante el acceso a ese tipo de material biológico por parte de personal externo a estas entidades es un poco limitado y complejo.

Ante esta situación, se hizo necesario conservar adecuadamente el material biológico proveniente de diversos proyectos en el Centro para la Formación Cafetera, en aras de mejorar la calidad y pertinencia de los procesos de formación e investigación aplicada; de satisfacer las necesidades de instructores, aprendices y empresas del sector productivo; de tener acceso a material biológico para diversos procesos y de estar al día en las tendencias del mercado sobre el uso de microorganismos.

Disponer de forma permanente de este tipo de recursos es indispensable para orientar algunos programas de formación y desarrollar nuevos proyectos de investigación en el centro de formación, aportando de esta manera al avance científico de la institución ya que en el momento no se cuenta con este tipo de colecciones que permitan dar respuesta a los requerimientos mencionados anteriormente.

Por consiguiente, el objetivo del presente estudio fue establecer una colección de cepas microbianas para su uso en formación y proyectos de investigación aplicada del Centro para la Formación Cafetera del SENA Regional Caldas, a través de la conservación de cepas utilizando diferentes métodos para garantizar la viabilidad, pureza, características fenotípicas y genotípicas de dichos organismos.

2. Materiales y Métodos

La metodología usada para el establecimiento de un cepario, consta de varias actividades que van desde el aislamiento, caracterización, identificación hasta la conservación de los microorganismos, y deben ser desarrolladas continuamente sobre los organismos que se van incluyendo en la colección.

Para desarrollar el presente estudio fue necesario implementar métodos de conservación que garantizaran la pureza y viabilidad de los microorganismos, por tanto se eligieron los métodos de preservación en agua destilada estéril y glicerol al 10 %, ya que han sido validados y recomendados para el mantenimiento de microorganismos por ser sencillos, económicos, seguros y capaces de garantizar la supervivencia de los cultivos por períodos prolongados; de igual manera se escogieron estas técnicas porque se ajustan a los recursos físicos, económicos y humanos disponibles en el centro.

Como variables de respuesta seleccionadas para evidenciar la efectividad de estos métodos y evaluar si los organismos conservaban sus características fenotípicas, genotípicas y el potencial industrial, se utilizaron las pruebas de viabilidad y pureza.

De acuerdo a lo anterior, la metodología descrita a continuación corresponde únicamente a la ejecutada para conservar los 12 microorganismos que conforman actualmente la colección microbiana.

Ubicación del sitio del ensayo

El estudio se desarrolló en el Laboratorio de Ciencias Básicas del SENA Regional Caldas, ubicado en la ciudadela tecnológica Los Cerezos, Km 10 vía al Magdalena.

Recolección de información

La información proveniente de los análisis realizados durante el desarrollo del proyecto fue recolectada por medio de observación directa, evidencias fotográficas y listas de chequeo.

Material biológico

En este estudio se emplearon cepas microbianas provenientes de diferentes trabajos de investigación realizados por instructores y aprendices del Centro para la Formación Cafetera del SENA Regional Caldas.

Siembra de los microorganismos

Se realizó la siembra de los microorganismos por la técnica de agotamiento con el fin de observar la pureza de las cepas. Las levaduras fueron sembradas en agar PDA y las bacterias en agar nutritivo. Posteriormente, fueron incubados durante 48 horas, a una temperatura de 25° C para levaduras y 37° C para bacterias.

Caracterización macroscópica de las cepas

Se realizó la caracterización macroscópica de las colonias mediante la observación directa teniendo en cuenta aspectos como: forma, margen o borde, elevación, textura o consistencia, color.

Caracterización microscópica de las cepas

Se realizó la caracterización microscópica de las colonias a través de la tinción de Gram para observar forma, agrupación y composición de la pared celular de los microorganismos.

Caracterización bioquímica de los microorganismos

Se realizó la caracterización de los microorganismos por medio de pruebas bioquímicas utilizando los medios de cultivo TSI, LIA, KIA, RM-VP, SIM, Urea y Citrato de Simmons, también se utilizaron pruebas bioquímicas rápidas API 20 E, BBL Crystal Entéricos, API 50 CH, API 20 A, API 50 CHB y API Candida. Las siembras se incubaron a 37° C por un periodo de 24-48 horas.

Conservación de los microorganismos en agua destilada estéril

Se realizó la siembra de los microorganismos mediante la técnica de siembra masiva con el fin de obtener una gran cantidad de biomasa; las levaduras

y bacterias fueron sembradas en agar PDA y agar nutritivo respectivamente, estos microorganismos fueron incubados durante 24-48 horas, a una temperatura de 25° C para levaduras y 37° C para bacterias.

Para obtener la suspensión madre, se tomaron 50 mL de agua destilada estéril y la biomasa obtenida en las cajas de petri, ajustando la concentración hasta una densidad óptica 3 (9×10^8 UFC/mL) de la escala de Macfarland. A partir de dicha suspensión se hizo una dilución en agua destilada estéril hasta llegar a una densidad óptica 1 (3×10^8 UFC/mL) de la escala de Macfarland.

Posteriormente esta solución se transfirió a tubos crioviales estériles de 2 mL, los cuales se rotularon y se llevaron a conservación en refrigeración a 4° C.

Conservación de los microorganismos en glicerol al 10 %

Se realizó la siembra de los microorganismos por la técnica de siembra masiva con el fin de obtener una gran cantidad de biomasa; las levaduras y bacterias fueron sembradas en agar PDA y agar nutritivo respectivamente, estos microorganismos fueron incubados durante 24-48 horas, a una temperatura de 25° C para levaduras y 37° C para bacterias.

Utilizando las siembras realizadas anteriormente, se preparó una suspensión madre con 50 mL de agua destilada estéril y la biomasa obtenida en las cajas de petri, ajustando la concentración hasta una densidad óptica 3 (9×10^8 UFC/mL) de la escala de Macfarland. A partir de dicha suspensión se hizo una dilución en glicerol estéril al 10% hasta llegar a una densidad óptica 1 (1×10^8 UFC/mL) de la escala de Macfarland.

Posteriormente esta solución se transfirió a tubos crioviales estériles de 2 mL, los cuales se rotularon y se llevaron a congelación gradual de la siguiente manera: 1 hora a 4 °C, 1 hora a -4 °C y por último se almacenaron a -20° C.

Pruebas de viabilidad y pureza

Las pruebas de viabilidad y pureza se realizaron a los tiempos: inicial y seis meses, para ello los microorganismos preservados se recuperaron de

la siguiente forma: los crioconservados (glicerol al 10 %) fueron sometidos a descongelación rápida, en baño maría a 37° C por 5 minutos y para el caso de los microorganismos preservados en agua destilada estéril se emplearon directamente. Luego se sembró cada uno de los microorganismos en cajas de petri con agar PDA para levaduras y agar nutritivo para bacterias, aplicando el método de siembra en superficie.

Posteriormente se llevaron a incubar a una temperatura de 25° C para levaduras y 37° C para bacterias; el tiempo de incubación fue mayor al convencional debido a que los microorganismos preservados tienen un crecimiento más lento por las condiciones de almacenamiento. Finalmente los microorganismos reactivados fueron evaluados, teniendo en cuenta la viabilidad como el crecimiento de los mismos en las cajas de petri y la pureza como la ausencia de otro tipo de microorganismos.

3. Resultados y discusión

Caracterización macroscópica, microscópica y bioquímica.

Los resultados obtenidos de la caracterización macroscópica, microscópica y bioquímica de los microorganismos en estudio, se observan en las Tablas 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

Tabla 1. Caracterización macroscópica de los microorganismos.

Microorganismo	Color	Textura	Elevación	Forma	Borde
<i>Bacillus subtilis</i>	Crema	Mucoide	Convexa	Circular	Regular
<i>Bacillus pumilus</i>	Crema	Mucoide	Elevada	Irregular	Irregular
<i>Candida albicans</i>	Blanca	Blanda	Aplanada	Irregular	Regular
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	Crema	Cremosa	Aplanada	Irregular	Irregular
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Crema	Cremosa	Convexa	Circular	Regular
<i>Salmonella sp</i>	Crema	Cremosa	Convexa	Circular	Irregular
<i>Clostridium perfringens</i>	Crema	Áspera	Convexa	Irregular	Irregular
<i>Lactobacillus plantarum</i>	Crema	Cremosa	Convexa	Circular	Regular
<i>Lactobacillus sp</i>	Crema	Cremosa	Convexa	Circular	Regular
<i>Pseudomona putida</i>	Crema	Membranosa	Plana	Circular	Regular
<i>Pseudomona mendocina</i>	Crema	Blanda	Elevada	Circular	Regular
<i>Hafnia alvei</i>	Crema	Blanda	Convexa	Circular	regular

Tabla 2. Caracterización microscópica de los microorganismos.

Microorganismo	Forma	Agrupación	Tinción de Gram
<i>Bacillus subtilis</i>	Bacilos	Cadenas	Gram +
<i>Bacillus pumilus</i>	Bacilos	No forma	Gram +
<i>Candida albicans</i>	Ovoide	Racimos	Gram +
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	Bacilos cortos	Cadenas	Gram -
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Ovoide	Racimos	Gram +
<i>Salmonella sp</i>	Bacilos	No forma	Gram -
<i>Clostridium perfringens</i>	Bacilos	Cadenas	Gram -
<i>Lactobacillus plantarum</i>	Bacilos	Cadenas	Gram +
<i>Lactobacillus sp</i>	Bacilos	Cadenas	Gram +
<i>Pseudomona putida</i>	Bacilos cortos	Cadenas	Gram -
<i>Pseudomona mendocina</i>	Bacilos cortos	No forma	Gram -
<i>Hafnia alvei</i>	Bacilos cortos	Cadenas	Gram -

Tabla 3. Caracterización bioquímica de los microorganismos.

Pruebas	<i>Salmonella sp.</i>	<i>Pseudomona aeruginosa</i>	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Bacillus pumilus</i>
bioquímicas					
SIM	+	+	-	+	+
Movilidad					
SIM	-	-	-	+	+
Indol					
SIM	+	-	+	-	-
H₂S					
Rojo Metilo	+	-			
V.P	-	-		+	+
Citrato	+	+		+	+
Simmons					
Urea	-	-		-	-
LIA	K/K	K/K			
KIA	+	K/K	A/A	A/A	A/A
TSI	K/A	K/K		A/A	

Tabla 4. Pruebas bioquímicas rápidas de los microorganismos.

Pruebas	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Pseudomonas putida</i>	<i>Hafnia alvei</i>	<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Lactobacillus sp.</i>	<i>Saccharomyces</i>	<i>Candida albicans</i>	<i>Salmonella sp.</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Bacillus pumilus</i>
bioquímicas rápidas												
SIM	-	-	-	*	*	*	*	+	+	-	+	+
Movilidad												
SIM	-	-	-	*	*	*	*	-	-	-	+	+
Indol												
SIM	-	-	-	*	*	*	*	+	-	+	-	-
H ₂ S												
Oxidasa	+	+	-	*	*	*	*	-	+	-	-	-
BBL Crystal	*	*	+	*	*	*	*	+	+	*	*	*
Entéricos												
API 20 E	+	+	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
API 50 CH	*	*	*	+	+	*	*	*	*	*	*	*
API	*	*	*	*	*	+	+	*	*	*	*	*
Candida												
API 20 A	*	*	*	*	*	*	*	*	*	+	*	*
API 50 CHB	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	+	+

De acuerdo con los resultados obtenidos en la caracterización macroscópica y microscópica de los microorganismos en estudio (Tablas 1 y 2) éstas características concuerdan con la descripción establecida en el Manual de Bergey; por lo tanto se puede decir que los microorganismos caracterizados corresponden a los géneros identificados (Brenner, Krieg, & Staley, 2005).

Las tablas 3 y 4 muestran los resultados obtenidos de la caracterización bioquímica de los microorganismos en estudio; a través de esta se pudo determinar la presencia o ausencia de diferentes enzimas presentes en el material genético de sus cromosomas; estas enzimas involucradas en su metabolismo, fueron evidenciadas en los medios de cultivo utilizados que tienen los sustratos sobre los cuales estos actúan, junto con un sistema indicador que manifiesta la degradación del sustrato o la presencia de metabolitos específicos. Lo anterior permitió identificar con un porcentaje de confiabilidad alto el tipo de organismo a nivel de género y especie (García & Mendoza, 2014).

Viabilidad y pureza

El proceso de reactivación de los microorganismos conservados, dio como resultado que todas las cepas preservadas (doce) lograron crecer satisfactoriamente sobre los medios de cultivo utilizados para cada tipo de organismo, mostrando un crecimiento propio que concuerda con la caracterización macroscópica inicial, además no se presentaron problemas de contaminación, lo que indica que los métodos de conservación en agua destilada estéril y glicerol al 10 % son apropiados para el mantenimiento de este tipo de organismos (Arencibia, et al., 2008). Sin embargo, el método de agua destilada estéril mostro una mayor eficiencia en la recuperación de las cepas comparado con el método de glicerol al 10 %, debido a que los procesos de congelación afectan la viabilidad de las células conservadas. Por otro lado la conservación en agua destilada estéril no maneja temperaturas de congelación que aunque no detiene totalmente el crecimiento de los microorganismos permite que estos permanezcan activos metabólicamente y puedan recuperarse más fácilmente sobre un medio de cultivo sólido, estos resultados concuerdan con los obtenidos por (Martínez, León, & González, 2009).



Figura 1. Colonias de *Lactobacillus plantarum* (después de 6 meses de conservación en agua destilada y glicerol al 10%)

4. Conclusiones

El presente proyecto contribuyó al establecimiento de una colección de cultivos microbianos en el Centro para la Formación Cafetera, compuesto inicialmente por 12 cepas debidamente caracterizadas, identificadas y conservadas de manera adecuada, lo que ha permitido tener un acceso constante por parte de instructores y aprendices a dichos cultivos, para la

ejecución de procesos de formación y desarrollo de proyectos de investigación.

A través de la caracterización macroscópica y microscópica de las colonias, fue posible tener un primer acercamiento a la identificación de los microorganismos en estudio.

Los resultados obtenidos de la caracterización bioquímica de los organismos estudiados, permitió llegar a la identificación de éstos a nivel de género y especie con buenos porcentajes de confiabilidad.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se evidenció que el método de conservación en agua destilada estéril presentó mayores índices de recuperación de los microorganismos preservados, respecto al método de conservación en glicerol al 10 % después de los periodos de recuperación evaluados.

Las pruebas de viabilidad y pureza mostraron resultados favorables en los diferentes tiempos evaluados evidenciado crecimiento abundante y puro de las colonias.

Los métodos de preservación utilizados en este estudio, presentaron resultados satisfactorios en cuanto a viabilidad y pureza de las cepas conservadas, por lo tanto pueden ser aplicados a laboratorios con recursos limitados teniendo en cuenta las características de cada técnica, la factibilidad de su uso y las necesidades del usuario.

Se recomienda incluir en la colección microorganismos provenientes de otros proyectos de investigación, con el fin de conservar las características que los hacen importantes a nivel industrial y enriquecer el tamaño del cepario.

5. Referencias

1. Arencibia, D., Rosario, L., & Gámez, R. (2008). *Métodos generales de conservación de microorganismos*. La Habana, Cuba: Finlay.
2. Brenner, D., Krieg, N., & Staley, J. (eds. (2005). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, 2nd

ed., vol. 2, Parts B. New York: Editorial Board. <http://doi.org/10.1245/s10434-010-1229-3>

3. Burguet, N., Sierra, N., & Brito, L. (2012). Conservación de cepas microbianas por el método de liofilización para el control microbiológico en Laboratorios Liorad. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 43(3), 1–4.
4. Fernández, C., Díaz, L., Illnait, M., Aragonés, C., Martínez, G., & Perurena, M. (2012). Conservación de cultivos fúngicos de alto riesgo de Histoplasma y Cryptococcus. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 64(1), 49–54.
5. Fernández, C., Díaz, L., Illnait, M., Aragonés, C., Martínez, G., Perurena, M., & Rodríguez, I. (2013). Conservación de cultivos de hongos de importancia médica en agua destilada. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 65(3), 361–369.
6. García, M., & Uruburu, F. (2000). La conservación de cepas microbianas. *Actualidad SEM*, 30, 12–16.
7. García, P., & Mendoza, A. (2014). Pruebas bioquímicas tradicionales y de alta resolución para identificación manual de enterobacterias. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 48(2), 249–254.
8. Gato, Y. (2010). Métodos de conservación y formulación de *Trichoderma harzianum* Rifai. *Revista Fitosanidad*, 14(3), 189–195.
9. Godínez, S., & Calderón, M. (2008). Métodos alternativos para la preservación de hongos filamentosos. *Ciencia Y Tecnología de Alimentos*, 18(2), 31–37.
10. González, D. M., & Jiménez, J. N. (2014). Colecciones microbianas: Importancia, establecimiento y regulación. *Hechos Microbiológicos*, 4(1), 23–33.

11. Henao, I., Franco, M., & Marín, G. (2006). Evaluación de métodos de conservación para *Aspergillus niger* con actividad enzimática amilolítica. *Universitas Scientiarum, Revista de La Facultad de Ciencias*, 11(2), 51–60.
12. Martínez, A., León, M., & González, G. (2009). Conservación de cepas de *Candida utilis* en agua destilada estéril. *Red de Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España Y Portugal*, XLIII(2), 47–50. Retrieved from <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=223120662007>
13. Morales, Y., Duque, E., Rodríguez, O., De la Torre, J., Martínez, R., Pérez, R., & Muñoz, J. (2010). Bacterias Preservadas , una Fuente Importante de Recursos Biotecnológicos. *Bio Tecnología*, 14(2), 11–29.
14. Rico, M., Piattoni, C., Gonzalez, C., Monela, R., Latorre, M., & Lurá, M. (2004). Viabilidad de cepas fúngicas conservadas mediante diferentes métodos. *Revista FABICIB*, 8, 163–172.
15. Ryan, M. J., & Smith, D. (2004). Fungal genetic resource centres and the genomic challenge. *Mycological Research*, 108(12), 1351–1362. <http://doi.org/10.1017/S0953756204001650>
16. Sarmiento, Y., Hazel, A., & Cárdenas, D. (2013). Evaluación de la estabilidad de *Trichoderma* sp . y *Azotobacter* sp . conservados por diferentes métodos *Revista Colombiana de Biotecnología*, XV(1), 150–158.
17. Weng, Z., Olvido, E., & Álvarez, I. (2005). Conservación de microorganismos: ¿Qué debemos conocer? *Revista Cubana de Higiene Y Epidemiología*, 43(3), 1–4.

ETNOORNITOLOGÍA PARA LA SOSTENIBILIDAD BIOLÓGICA EN LOS DEPARTAMENTOS DEL VAUPÉS Y GUAINÍA

ETHNOORNITOLOGY FOR BIOLOGICAL SUSTAINABILITY IN THE DEPARTMENTS OF THE VAUPÉS AND GUAINÍA

Cynthia Patricia Coley Barrios¹
Gloria Amparo Rivera Velasco²

Recibido: 15-08-2016 Aceptado: 30-11-2016

Resumen

La ornitología como estudio principal de las aves cada año toma mayor fuerza entre biólogos, ecologistas, ambientalistas y ornitólogos que buscan incrementar los registros de especies nuevas y el cuidado de sus hábitats. Para los departamentos del Guainía y el Vaupés este tema es de gran relevancia como una nueva experiencia que contribuye a la preservación de corredores biológicos. El presente estudio tuvo por objetivo articular el conocimiento tradicional indígena con la clasificación taxonómica de la avifauna en cada departamento, apoyados en la cosmovisión de los indígenas Tukanos, Kubeos, Curripacos y Puinaves para contribuir a la sostenibilidad Biológica. Se resalta la importancia que ejercen estos saberes en el comportamiento social y ecológico de los indígenas. Se toman como sitios especiales de observación y caracterización de aves, las orillas del río Vaupés e Inírida, lagunas la Bruja y Mituseño ubicadas en los cascos urbanos de Mitú e Inírida, senderos ecológicos como la Ceiba, comunidades cercanas de Urania, Mitú Cachivera y el Coco-Cuayare. El estudio tiene en cuenta la revisión de guías especializadas de aves, la observación in situ, herramientas pedagógicas participativas interculturales como cartografía social y el registro de especies según alta significancia cultural de los grupos étnicos. Los resultados son 30 fichas técnicas por cada departamento y un manual audiovisual de aves vinculando información sobre origen tradicional y datos determinantes en la relación hombre – naturaleza. Estos estudios permiten una visión más amplia sobre estas especies que preservan la cultura de las etnias, minimizando los riesgos por la aculturación, así mismo, favorecen la implementación de estrategias de intervención autónomas en estas regiones.

1. Colombiana, Ingeniera Ambiental y Sanitaria, Magíster en Gestión y Auditoría Ambiental; Especialista en Gestión Ambiental, Instructor Servicio Nacional de aprendizaje (SENA), Guainía. cynthco@msn.com, Tel: 098-5656253

2 Colombiana, Administradora de Empresa; Especialista en Gerencia de Proyectos; Especialista en Alta Gerencia para el Turismo Rural. Coordinadora Misional del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) Regional Vaupés; Líder del semillero de investigación SENNOVA Amazonian Motmot. grivera@sena.edu.co Celular: 3135001885

Palabras clave: Aves, Conocimiento tradicional, Ecosistemas, Etno-ornitología, Selva amazónica, Sostenibilidad.

Abstract

Each year Ornithology as the main study of birds grows stronger among biologist, environmentalists and ornithologists who search increasing the registers of new species and keeping of their habitats. For the locations of Vaupes and Guainia, this topic is very important as a new experience which contributes to the preservation of the biological corridor. The goal of this research merges the traditional indigenous knowledge with the taxonomic clasification of the avifauna in each location supported by the cosmovisión of indigenous group as Tukanos, Kubeos, Kurripacos and Puivanes. It is remarkable the value of this wisdom in the social and ecological behaviour of natives. In this manner, riversides of Vaupes and Inirida, lakes "La Bruja" and "Mituseño" are taken as special places of observation and characterization of birds, also urban áreas of Mitu and Inirida, ecological trails like "La ceiba" communities near to Urandia, Mitu, Cachivera and El coco-cuayare. The research takes into account the review of special guides of birds, the observation and the register of species according to the high cultural meaning of the ethnic-groups. The result is 30 data sheets for each location and an audiovisual manual of birds linking information about traditional origin and seasons of the year as determining data in the relation human - nature. These studies allow a wider visión about those species that preserve the culture of the races minimizing the risks by the acculturation, likewise, they helps for the implementation of strategies of autonomous intervention in those regions

Keywords: Birds, traditional knowledge, Ecosystems, Ethno – ornithology, Amazon jungle, sustainability.

Introducción

Los territorios indígenas de la Amazonía colombiana están compuestos por 62 grupos que representan

el 74 % de la totalidad de pueblos reconocidos en Colombia y Vinculados a un territorio cuya extensión es 24.478.382 hectáreas que representa el 34% de la superficie nacional (DANE 2005- IGAC 2008). Las poblaciones en estas regiones albergan un sin número de conocimientos ancestrales sobre la avifauna, convirtiéndose en lugares con un gran potencial para generar alternativas productivas y económicas.

Adentrándonos en el estudio de las aves según el conocimiento tradicional local, se ha podido evidenciar que la mayor parte de información consultada sobre este tema, por expertos biólogos y ornitólogos destacan básicamente las características morfológicas de especies de aves como punto principal de interés. Estos estudios generalmente no consideran asociar a la clasificación de aves otras variables como épocas del año, conocimiento tradicional o comportamiento cultural, lo que determina para la Amazonía la relación de convivencia humano/ ambiente/cultura. Sin embargo, antropólogos y sociólogos casi siempre contemplan una relación única y milenaria de los indígenas con su territorio, en donde conviven sin afectarlo, basados en el conocimiento y la experiencia de vida en la selva. La profesora del Departamento de Antropología de la Universidad Nacional de Colombia, Miryam Jimeno indica que "Los habitantes milenarios de la cuenca amazónica conocen, a través de una prolongada interacción entre vida social y naturaleza, las redes delicadas del sistema de selva húmeda tropical. Este conocimiento en la actualidad puede brindar nuevas perspectivas de utilización y abre campos de investigación con mayores exigencias técnicas". (Correa, Reichel-Dolmatoff, Lee Douforu, Andrade, Arhem, & Vasco, 1990).

El problema de investigación que pretende remediar este estudio radica precisamente en conciliar los aportes del conocimiento tradicional y el conocimiento científico, que mantienen una amplia disyuntiva, ya que el primero se basa en una significancia cultural de hechos y acontecimientos inexplicables y el científico en una interpretación ordenada de resultados producto de un estudio de caso.

En cuanto a esto, se pueden referir algunos estudios realizados que han contribuido con la construcción de una línea base de conocimiento sobre la ornitología en el nororiente amazónico. Entre estos, encontramos el trabajo realizado por Stiles, F.G. y Beckers, J. (2015) quienes presentaron el primer inventario detallado de la región de Inírida, que hasta la fecha incluye 466 especies, de las cuales 436 son registros del presente estudio, con 237 documentadas por fotos o especímenes. Por otro lado Quevedo, A. y Luna, J. C. (2012) Durante una expedición que se desarrolló entre los meses de octubre y noviembre de 2011 en la Serranía del Naquén, departamento del Guainía, zona limítrofe entre Colombia y Brasil, registraron por primera vez para Colombia dos especies de aves, *Haematoderus militaris* (basado en registros de observaciones) y *Tangara punctata* (registros fotográficos). Finalmente Trujillo, F., Usma, J. S., y Lasso, C. A. Editores (2013), recomendaron la búsqueda de una figura de conservación para la Estrella Fluvial Inírida, pues a pesar de la escasa información ornitológica disponible, los datos existentes justifican plenamente el desarrollo de estrategias de conservación.

Por otra parte, son fundamentales los estudios etnoecológicos que plasmen la relación actual entre el saber de los habitantes con la avifauna; ello para revalorar dicho saber dentro de una estrategia de sustentabilidad basada en la interculturalidad. Se considera que con esto, a su vez, se favorecerá el desarrollo de prácticas productivas en comunidades indígenas de manera que integre el aspecto cultural como parte del patrimonio de la comunidad. (Ruiz, & Aquino, 2012).

En Chile, existen historias de aves como la del Picaflor (*Sephanoides sephaniodes*) y la del Churrín (*Scytalopus magellanicus*) que afirman, tanto como las ciencias, que es necesario conservar la comunidad de aves y la biodiversidad para mantener la continuidad del abastecimiento de agua y otros servicios y bienes ecosistémicos en el largo plazo. (Rozzi, 2004); Según (López, 2011) la importancia de conocer y preservar estos conocimientos es una forma de expresar el compromiso por proteger, rescatar y favorecer el diálogo entre los saberes profesional y popular.

Para los pueblos indígenas del Vaupés y Guainía, y en general amazónicos (Tangarife-Marín, 2014), los animales no son solo responsables de satisfacer su dieta alimentaria, pues su importancia va más allá del plano utilitarista. Para ellos, los animales son componentes de la madre tierra, hermanos del hombre, seres sagrados que hacen parte de su diario vivir y dan sentido al mundo que les rodea. Algunos pueblos indígenas consideran que los animales son como los seres humanos que tienen alma y sentimientos y conforman grupos especiales de población que integran el bosque. El estudio etno-ornitológico acompañado de la caracterización de la avifauna nos ayuda a comprender como las comunidades locales presentan un conocimiento ecológico de las aves históricamente influenciado por la cultura, el manejo y uso ancestral en la región. Arcila (2011).

La importancia de la articulación de saberes se manifiesta en el aprovechamiento de potenciales de producción para el beneficio de los habitantes del territorio en cuestión, preservando el delicado equilibrio medioambiental que representan las especies de aves analizadas en este estudio.

No obstante, los programas de manejo de los recursos naturales son diseñados por "expertos" que trabajan en instituciones académicas lejos del lugar donde se ejecutan los proyectos o para instituciones de desarrollo, y muchas veces proponen estrategias de conservación basadas en cuestiones meramente biológicas. No es sorprendente que estos programas tengan un conocimiento limitado de las prácticas, conocimientos, necesidades y limitantes que enfrentan las poblaciones supuestamente beneficiarias. (García, 2007). Por tal motivo existe la necesidad de avanzar en una mejor propuesta de diálogo de saberes que vinculen ambos conocimientos.

Abordando la temática de los grupos indígenas, según (Zuluaga, 2010) El grupo étnico Puinave encuentra los alimentos, las medicinas tradicionales y los animales de diferentes especies del medio, estos tienen un dios especial y están en constante contacto con la naturaleza. Debido a esto este grupo no abusa de lo que hay dentro

de su entorno, porque si ello ocurre, hay reglas que imponen esos dioses especiales y el que no las cumpla, será castigado. El grupo étnico Tukano manifiesta su conexión con la naturaleza en su religiosidad, creen en la reencarnación después de la muerte; Sucede en un ser humano nacido o en un animal, como en el caso de los payes, que se encarnan en los animales (Tigres, venados, guera). Por su parte el grupo étnico Curripaco tiene tradiciones culturales asociadas al ciclo de crecimiento de animales de la selva, de los peces de los ríos y de las aves del cielo.

La interculturalidad significa la interacción equitativa de diversas culturas y la posibilidad de generar expresiones culturales compartidas, adquiridas por medio del diálogo y con una actitud de respeto mutuo. Es decir que las partes tengan la oportunidad de expresar sus visiones y que estén abiertos a otras formas de entender y aprender. (Van der Hammen, Frieri, Navarrete, & Constanza, 2012)

A partir de la caracterización de aves en los departamentos del Vaupés y Guainía asociada a los espacios de usos según el conocimiento tradicional local se visibilizan y se soportan muchos estudios regionales, nacionales e internacionales que permitan por una parte crear estrategias de manejo de estos hábitats y por otra disminuir el impacto que se está generando a través de la intervención humana en sitios de gran afluencia de aves. Este tipo de trabajos motiva a la permanencia de diversas prácticas para conservar sus tierras ancestrales y mantener su autonomía cultural, ya que, con la recuperación de la vida silvestre, se preserva parte de su herencia cultural y natural. (Benítez, 2014).

El Grupo de investigación del nororiente Amazonico-GINA y el grupo de investigación Etnoornitología "Amazonian motmot" desarrollaron mancomunadamente este investigación cuyo objetivo articula el conocimiento tradicional indígena de los departamentos del Vaupés y el Guainía con la clasificación taxonómica de la avifauna, apoyados en la cosmovisión de los pueblos indígenas Amazónicos.
materiales y métodos

Áreas de Estudio: El departamento del Vaupés se encuentra localizado al sur oriente de la amazonia Colombiana limitando con los departamentos del Guainía por el norte, Amazonas por el sur, por el occidente con Guaviare y Caquetá y con Brasil por el oriente. Está ubicado a 200 ms.n.m., conformado por serranías, montañas y colinas aisladas que corresponden a floraciones del escudo Guayanés. El estudio se ubicó en el municipio de Mitú casco urbano en un radio de 10 kilómetros en donde se encuentran algunas comunidades indígenas cercanas.

El departamento del Guainía que se encuentra localizado al Nororiente de la amazonia colombiana, limita con los departamentos del Vichada por el norte, con los departamentos de Vaupés y Guaviare por el occidente, con Venezuela por el oriente y con Brasil por el sur. El estudio inició en el área del municipio de Inírida, territorio que el investigador Humboldt denominó como la mayor reserva fluvial y ecológica del mundo, en su territorio se encuentra la Reserva Nacional Natural Puinawuay; la estrella fluvial del Orinoco y los Cerros de Mavicure, como atractivos naturales.

Esta investigación se enfocó en hacer un avistamiento de las especies de aves representativas, con especial significado cultural para las comunidades nativas de cada uno de los departamentos, realizando recorridos para la observación, caracterización y registros de aves, la cual contempló siete sectores específicos del área urbana y rural de los municipios de Inírida y Mitú, ver tabla 1, los cuales han sido identificados como de gran afluencia de aves y de proximidad con comunidades originarias del territorio, lo que permitió asociar espacios de uso, conocimiento tradicional y conocimiento científico a las especies más reconocidas.

Así mismo se tomaron registros en sitios cercanos a las várzeas de los ríos con fácil tránsito. Senderos ubicados en comunidades indígenas con gran diversidad de flora, bosque secundario, arenales, llanuras y rastrojos con gran afluencia de especies de aves. Por último los humedales ubicados dentro de los cascos urbanos de fácil acceso y en fincas cercanas. A continuación detallamos los sitios:

Sector	Ubicación	Descripción	Coordenadas
1	Orillas de río Vaupés	Malecón del municipio de Mitú en un trayecto de aproximadamente 3 kilómetros.	Latitud 1°15'07.73"N longitud 70°14' 09.14"O Altura: 170 m
2	Orillas de río Guainía	La comunidad la Ceiba En un trayecto de aproximadamente 1,5 kilómetros.	Latitud 3°37'01.20"N longitud 67°53' 15.52"O Altura: 86 m
3	Senderos de selva secundaria en comunidades cercanas a los cascos urbanos de Mitú	Comunidades indígenas de Urania y Ceima Cachivera en un trayecto aproximado de 3 kilómetros	Latitud 1°16' 11.23"N longitud 70°12 00.06"O Elevación:170m
4	Senderos de selva secundaria en comunidades cercanas a los cascos urbanos de Inírida	Comunidades indígenas en el Coco-Coayare en un trayecto aproximado de 3 kilómetros	Latitud 3°56'48.85"N longitud 67°49' 54.99"O Altura: 87 m
5	Arenales aledaños al casco urbano de Mitú.	Comunidades indígenas de Mitú Cachivera en un trayecto aproximado de 3,5 kilómetros	Latitud 1°13'17.91"N longitud 70°14' 3.52"O Altura: 183 m
6	Sabanas aledaños al casco urbano de Inírida	Sabana de la Ceiba en un trayecto aproximado de 3 kilómetros	Latitud 3°02'56.31"N longitud 68°19' 51.01"O Altura: 110 m
7	Humedales aledaños al casco urbano de Inírida.	Laguna la bruja en un trayecto aproximado de 1 kilómetro	Latitud 3° 51' 27.92" N; Longitud 67° 56' 05.33" O Altura: 86 m

Tabla 1. Sectores específicos del área urbana y rural de los municipios de Inírida y Mitú Fuente: Autor



Figura. 1 Cachivera, Mitú (Arriba) y Laguna de las brujas, Inírida (Abajo)

Fuente: Google Earth

La figura 1. Hace referencia a la herramienta de cartografía social, la cual de manera participativa genera la presentación de mapas y brinda información sobre el territorio sitios de interés cultural, familiar y comunitario.

La observación y caracterización se desarrolló mediante la identificación visual y auditiva de las especies, utilizando binoculares, telescopios, grabadoras con reproducción de sonio de aves, apuntadores, cámaras fotográficas y tablas y formatos de registro como herramientas de apoyo en los recorridos programados. Además se tomaran en cuenta las horas de mayor afluencia de aves que va desde las 4:30 a.m. a 9:00 a.m y de 3:00 p.m a 6:00 p.m con el fin de registrar las especies con significancia cultural en los lugares ya definidos.

Así mismo se ejecutaron jornadas de trabajo grupal en los cuales se utilizaron herramientas pedagógicas participativas interculturales como cartografía social. Espacios de uso y calendarios ecológicos con el fin de asociar las historias tradicionales de las aves al comportamiento socio-cultural de los cuatro grupos étnicos fuente de estudio.

Resultados

El estudio contempló la revisión de avances sobre el conocimiento tradicional de las aves de los Tukano, Kubeo, Curripacos y Puinaves del Vaupés y el Guainía realizados desde el 2012 que han permitido abordar este trabajo desde la experiencia y vivencia indígena

para lo cual se tiene información de los territorios, los espacios de uso de las aves asociadas a las épocas del año (calendarios ecológicos de las aves, Historia de las aves según su origen.

Estos datos han sido consignados por los indígenas en bitácoras individuales que ha dejado grandes reflexiones y enseñanzas en torno al manejo de estas especies de animales en sus hábitats y en relación con el hombre.



Figura. 2 Ejemplo de Cartografía social
Fuente: Comunidad Florida, Vaupés.

La figura 2. Hace referencia a la herramienta de espacios de uso, con la cual se identifican los lugares en donde las diferentes especies de aves se ubican y son fáciles de observar. Aquí se pueden evidenciar que dependiendo del espacio y de las características del mismo varía la especie de ave.



Figura 3. Ejemplo de herramienta espacios de uso
Fuente: Autor del proyecto

La figura 3. Fichas técnicas sobre la caracterización de las aves según el conocimiento tradicional que vincula no solo el conocimiento sobre el origen de las aves según etnia sino también la clasificación científica reconocida en las guías de aves nacionales como internacionales.



Figura 4. Ejemplo de ficha técnica
Fuente: Autor del Proyecto

La figura 4. Los Calendarios ecológicos son un gran resumen del manejo que según la cultura se le da a las aves asociando sus espacios, épocas y alimentación al comportamiento cultural de los grupos en su territorio y permite un dialogo de saberes reconociendo que el conocimiento tradicional sobre especies de fauna y flora en estos territorios es vital para la conservación de los mismos.



Figura 5. Ejemplo de calendario ecológico
Fuente: Autor del proyecto

El reconocimiento y visibilización del conocimiento tradicional de estos grupos indígenas es el que permite un mejor acercamiento al tema de las aves que mediante este estudio pretende llevar a un nivel mucho mayor la caracterización y monitoreo de aves en estas 2 regiones.

Discusión, conclusiones y/o recomendaciones

El objetivo principal del presente estudio fue articular el conocimiento tradicional indígena con la clasificación taxonómica de la avifauna en cada departamento, apoyados en la cosmovisión de los indígenas Tukanos, Kubeos, Curripacos y Puinaves para contribuir a la sostenibilidad Biológica. Dentro de los principales hallazgos se observó que en las comunidades científicas que adelantan investigaciones en los territorios amazónicos persiste intrínsecamente un menosprecio por los saberes ancestrales y la importancia de éstos para conservar la autosostenibilidad de los territorios.

Como respuesta a las relaciones entre quienes habitan el territorio y quienes son ajenos a él, las comunidades indígenas han preferido conservar celosamente sus conocimientos ancestrales, privando su uso potencial en el campo científico.

Dentro de las sugerencias para estudios futuros se recomienda la utilización de las cartillas Tropenbos para rescatar información relevante de las comunidades con especial interés, debido a que esta información se constituye, no solo para el campo científico sino que también trascienden al beneficio social y económico, transformando la anticuada ética científica extractiva del conocimiento que no reeditaba.

Los resultados del presente estudio permitieron contribuir al levantamiento de información para la conservación y preservación de la cultura de los pueblos indígenas de la amazonía y permitir que se generen estrategias pertinentes para aportar a la sostenibilidad. El desarrollo de esta investigación permitió fortalecer las potencialidades del aviturismo en el Guainía y el Vaupés, así mismo aportar al desarrollo económico, social y tecnológico del país a través de la visualización de características

culturales y ancestrales de los pueblos indígenas de la Amazonía. El trabajo pedagógico de instructores y aprendices obtuvo un resultado exitoso que permitió robustecer las competencias transversales y técnicas de los aprendices de todos los programa de formación participantes.

Agradecimientos

Para la realización de este estudio y artículo un especial agradecimiento a los aprendices de los programas de Formación de Conservación Recursos naturales, Biocomercio Sostenible, Formulación de proyectos y Guianza turística, que hacen parte de los semilleros de investigación de la regional Guainía y Vaupés y están prestos al acompañamiento en el desarrollo de la caracterización y monitoreo de aves. Al instructor Nicolás Medina y al Doctor Yamid Braga G. quienes nos apoyaron en la revisión del documento con sus experiencias en la escritura de artículos científicos y a todos aquellos compañeros que en este proceso de enseñanza aprendizaje buscan en el conocimiento tradicional las respuestas a un mejor entendimiento y dialogo de saberes sobre el tema de las aves en la Amazonía colombiana.

Referencias

1. Arcila, A. N. (2011). Conocimiento y uso local asociado a la avifauna de los humedales de piñalito, wisirare, malvinas y sabanales en orocué, casanare (colombia). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales.
2. Benítez, N. P. (2014). Cosmovisión y aprovechamiento de las aves en el noroccidente de colombia. aves, personas y culturas, 309-318.
3. Correa, F., Reichel-dolmatoff, G., Lee Douforu, D., Andrade, A., Arhem, K., & Vasco, L. G. (1990). La Selva Humanizada. Ecología alternativa en el tropico húmedo colombiano. Bogotá: ICANH; Fondo Fen Colombia; CEREC.
4. Correa, F., Editor. (1990). La selva humanizada: ecología alternativa en el trópico húmedo colombiano. Bogotá: Cerec ; Instituto

- Colombiano de Antropología.
5. Fuente, M., Ruiz, F., & Aquino, C. (2012). Conocimiento indígena contemporáneo y patrimonio biocultural en la sierra Juárez de Oaxaca. Ixtlán de Juárez Oaxaca: Universidad de la Sierra Juárez y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Fondo Mixto CONACYT Gobierno del Estado de Oaxaca.
6. García, V. R. (2007). El conocimiento tradicional para la resolución de problemas ecológicos contemporáneos. *Panorama-Papeles*, 109-116.
7. Gloria Mónica Tangarife-Marín, N. J.-U.-L. (2014). Flora y fauna asociada a un área de bosque primario, como servicios ambientales directos para el resguardo indígena piapoco chiguiro-chátare de barrancominas (Guainía, Colombia). *Boletín científico centro de museos museo de historia natural*, 94-111.
8. Gutiérrez, J. & Gutiérrez, S. El conocimiento de las aves según la sabiduría tradicional de la etnia Kubeo. Comunidad Ceima Cachivera. 2012.
9. Lima, E., & Velasco, J.E. Historia de las aves y de los colores de su plumaje. Comunidad La Libertad, Mitú, Vaupés. 2012.
10. Lucero Lopez, N. C. (2011). Diversidad cultural de sanadores tradicionales afrocolombianos: Preservación y conciliación de saberes. *Aquichan - issn 1657-5997*, 287-304.
11. Newman, J. (2008). Sight records of five species new to Colombia from Serranía de Naquen, dpto. Guainía. *Cotinga* 29: 160-161.
12. Portura, M. Las aves según el conocimiento tukano. Comunidad Mituseño; Mitú, Vaupés. 2012.
13. Quevedo, A. y Luna, J. C. (2012). Dos nuevas especies de aves para Colombia en el departamento del Guainía. *Conservación Colombiana*. 17, 26-27.
14. Rozzi, R. (2004). Implicaciones éticas de narrativas yaganes y mapuches sobre las aves de los bosques templados de sudamérica austral. *ornitología neotropical*, 435-444.
15. Stiles, F.G. y Beckers, J. (2015). Un inventario de las aves de la región de Inírida, Guainía, Colombia. *Ornitología Colombiana*, 15, e19-e50.
16. Trujillo, F., Usma, J. S., y Lasso, C. A. (2013). Biodiversidad de la Estrella Fluvial Inírida. Bogotá: WWF Colombia; CDA, Fundación Omacha; IAvH.
17. Van der Hammen, M. C., Frieri, S., Navarrete, M. P., y Constanza, N. (2012). Herramientas para la formación en contextos interculturales. In *Autodiagnóstico reflexionar para conocer el territorio. Convenio SENA-Tropenbos, Formación en gestión ambiental y cadenas productivas*.
18. Zuluaga, C. A. (2010). Colombia diversa una experiencia intercultural. Medellín: UPB, 2010.

VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO LA PLATA MEDIANTE EL USO DE MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF RIVER WATER LA PLATA BY USING MACROINVERTEBRATES AS BIOINDICATORS

Daniel Rodríguez Acosta¹
 Eliana Mercedes Andrade Ricardo²
 Ángela Daniela Pérez Losada³
 Mauricio Cifuentes Velásquez⁴

Recibido: 27-09-2016 Aceptado: 24-11-2016

Resumen

Con el propósito de valorar la calidad del agua del río La Plata por medio de la composición de macroinvertebrados, fueron muestreadas tres estaciones : 1) La parte alta donde nace el río La Plata en la intersección del río Loro con el río Aguacatal; 2) La parte media, zona influenciada por líneas de quebradas, vertimientos rurales y permanencia de potreros; y 3) la parte baja donde se descargan los vertimientos urbanos del municipio de La Plata, del Batallón José Vicente de la Roche y Flores N° 9, y de la planta de sacrificio animal.

Para la recolección de macroinvertebrados y análisis de la calidad del agua se realizaron doce repeticiones para cada estación de muestreo, entre mayo y agosto del 2016, utilizando la metodología BMWP/col, el Método ASPT y el análisis fisicoquímico del agua. En total se colectaron 2235 macroinvertebrados distribuidos en 9 órdenes, 17 familias y 22 géneros. Los parámetros como turbiedad, conductividad, Sólidos Totales Disueltos (TDS), salinidad y temperatura aumentaron en su unidad aguas abajo del río, mientras que el pH permaneció constante. La Demanda Química de Oxígeno (DQO), supero el valor de los 91mg/l en todas las estaciones, lo que indicó la presencia de contaminación en todo el río y se relacionó con los resultados obtenidos en el índice BMWP. El índice ASPT permitió clasificar las zonas, donde la parte alta y la parte media se categorizo como Clase II, que corresponde a aguas ligeramente contaminadas; mientras que la parte baja se categorizo como clase III, que indica aguas moderadamente contaminadas.

Se concluye que la valoración de la calidad del agua en el río La Plata mediante bioindicadores,

1. Colombiano, Ingeniero Forestal, Candidato a Magíster en ingeniería y Gestión Ambiental; Especialista Técnico en Bioinsumos y extractos vegetales, Instructor Servicio Nacional de aprendizaje (SENA). Coordinador de investigaciones F.A.S. La Plata, Grupo de Investigación Nova. danielroaco@misena.edu.co, Tel 57 – 8- 370497

2. Colombiana, Tecnóloga en Control Ambiental, Estudiante de Ingeniería Ambiental, Investigador NOVA (SENA), La Plata. Coordinadora de desarrollo sostenible y cambio global F.A.S emarfannr08@gmail.com Tel 57 – 8- 370497

3. Colombiana, Tecnóloga en Gestión de Recursos Naturales, Estudiante de Ingeniería Ambiental, Investigador NOVA (SENA), La Plata. Asesora Técnica en recursos naturales, angeladaniela_1992@hotmail.com Tel 57 – 8- 370497

4. Colombiano, estudiante del Tecnólogo en Control Ambiental, Investigador NOVA, Representante de los aprendices Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), La Plata, mcifuentes1@misena.edu.co. Tel 57 – 8- 370497

es una estrategia confiable que se relaciona de manera directa con los análisis físico químicos del agua. Donde se recomienda que se trabaje en conjunto con el método BMWP y el método ASPT para tener una mayor confiabilidad en los datos.

Palabras Clave: Macroinvertebrados, calidad del agua, método BMWP/COL, ASPT.

Abstract

In order to assess the water quality of La Plata river using aquatic macroinvertebrates, three representative stations were selected: 1. UPTOWN where La Plata river begins, in the interception of Loro river with Aguacatal River.

2. The middle area, which is influenced by streams, rural dumps, paddocks; 3. The lower part where municipal, Battalion Jose Vicente de la Roche y Flores N° 9 and slaughterhouses wastes are discarded.

In order to collect macroinvertebrates, twelve samplings were taken per each station into two different periods (warm and rainy) between May and August 2016 by using the methodology BMW/col. In total 2235 macroinvertebrates distributed in 9 orders, 17 families and 22 genera, they were collected to establish water and physical quality characteristics such as: temperature, conductivity, dissolved oxygen, pH, turbidity, salinity, TDS and COD were determined. Finding that oxygenation is abundant due to environmental capacity and turbulence caused by the presence of large rocks, which in turn allow the diversity of aquatic macroinvertebrates, parameters such as turbidity, conductivity, TDS, salinity, and temperature increase downstream river, while the pH remains constant and COD exceeds all seasons the 91mg / l which shows the presence of contamination across the river. This information relates to that obtained with the BMWP index in which class IV for the three study stations is obtained, which refers to contaminated water, just as wanting to achieve greater accuracy the ASPT index was applied, obtaining for the top and middle, class II, which corresponds to slightly polluted waters, and class III for the bottom, indicating dubious quality that is moderately

polluted waters. Therefore it is concluded that the two indexes indicate the presence of pollution which increases downstream, and is supported with the physicochemical parameters. This river on a general level is subject to contamination of rural and urban agricultural origin, which limits their conditions of use.

Keywords: Macroinvertebrates, water quality, BMWP / COL ASPT method.

1. Introducción

El agua es el recurso natural más importante para la vida ya que posee propiedades únicas que la hacen esencial para la existencia (Fernández, 2012). La escasez mundial de esta y el déficit de su calidad se han convertido actualmente en una de las mayores preocupaciones para la humanidad (Navarro, 2004). Únicamente el 2,5 % del agua del planeta es agua dulce y solo el 1 % correspondiente a 14 millones de km³ está a disposición para el uso del ser humano, la fauna y la flora (PNUMA, 2013). Los ríos hacen parte de este mínimo porcentaje y hoy por hoy se ven afectados seriamente por la acelerada contaminación del recurso hídrico.

Colombia cuenta con aproximadamente 1.600 ríos pero si bien es cierto, la carencia de la infraestructura sanitaria y el mal funcionamiento de la misma hacen que este país sea uno de los más críticos en cuanto a conservación del recurso hídrico y protección de su calidad (Navarro, 2004). La principal fuente de contaminación de los ríos son las aguas residuales de los pueblos y ciudades que no reciben un tratamiento antes de ser vertidas a estos (Xu, Wang, Duan y Pan, 2011). Al ser vital para la existencia, la contaminación del agua puede alterar el flujo normal del ciclo hidrológico generando serios trastornos en el clima de la tierra, la conservación de diversos ecosistemas e incluso la vida humana (Campoblanco y Gomero, 2000). Por ello, es importante y necesario conocer la calidad del agua de los ríos que hacen parte de los ecosistemas de municipios y poblaciones que utilizan el recurso hídrico para diferentes actividades del diario vivir.

Actualmente, hay diferentes tipos de análisis sobre

la calidad del agua, dentro de los cuales están los estudios físico-químicos que revelan el estado hídrico en el momento, pero no proporcionan un acertado muestrario de calidad puesto que es necesario conocer el estado de esta en el transcurso del tiempo (Camargo, 2004). Es por tal motivo, que se empiezan a emplear las comunidades biológicas como bioindicadores de la calidad del agua porque reflejan condiciones físicas, químicas y bióticas de los ríos por un largo período (Barbour, Gerritsen, Snyder y Stribling, 1999). No obstante, con el estudio biológico se desconocen las sustancias contaminantes, por lo que es necesario entonces combinar las dos metodologías de estudio para correlacionar los datos y así obtener información veraz, oportuna y detallada (Camargo, 2004).

Los macroinvertebrados son el grupo biológico más utilizado para determinar la calidad del agua de los ríos y quebradas. Su tamaño superior a 0,5 mm permite que se puedan ver a simple vista, siendo así fáciles de muestrear y su identificación taxonómica sencilla. Este tipo de fauna tiene una distribución suficientemente amplia, pues se pueden encontrar en diferentes tipos de fuentes hídricas habitando cualquier tipo de fondo e incluso en objetos antrópicos contaminantes que están dentro del agua, además de tener la capacidad de resistir diferentes variedades de climas. El bentos presenta largos ciclos de vida permitiendo así determinar cualquier decadencia en la calidad del ecosistema acuático debido a que la presencia de algunos o la ausencia de otros en correlación con parámetros físicoquímicos determinan el estado de su hábitat (Beltrán, et al., 2015).

Los Índices biológicos como el BMWP (Biological Monitoring Working Party) inventado e ideado en Inglaterra en 1970 por Hellawel, emplea macroinvertebrados como bioindicadores que son recolectados mediante estaciones de monitoreo establecidas a lo largo del cauce de los ríos o quebradas. Este método requiere que la identificación taxonómica de los bentos sea hasta el nivel de familia, donde cada uno obtiene un puntaje de 1 a 10 de acuerdo a su grado de tolerancia a la contaminación orgánica y se basa solo en datos cualitativos, es decir, de presencia o ausencia (Camargo, 2004). Esta metodología ha

sido modificada y adaptada para Colombia por Gabriel Roldan Pérez, pionero de la Limnología en este país y persona que ha realizado infinidad de estudios relacionados con la calidad del agua y los macroinvertebrados, quedando establecida como BMWP/Col.

Adicional a este método es recomendable utilizar el ASPT (Average Score Per Taxon) obtenido a partir del puntaje total del BMWP, que es el resultado de dividir el valor de BMWP por el número de familias que se encontraron; para dar una mayor confiabilidad a los análisis y poder generar el mapa de calidad del agua de la fuente hídrica (Rueda, Tapia, Hernández y Martínez, 1998).

Teniendo en cuenta el valor fundamental que tiene el agua para la vida y la problemática mundial sobre la escasez de la misma, se establece evaluar la calidad del agua del río La Plata, ubicado en el suroccidente del departamento del Huila, en el municipio de La Plata a una latitud de 2.43028 y longitud - 75.8592. Ya que no ha sido objeto de estudios que permitan conocer su estado ecológico y calidad del agua, siendo la fuente hídrica de mayor caudal del municipio de La Plata utilizada para diferentes tipos de actividades rurales y urbanas.

El objetivo de esta investigación fue determinar la calidad del agua en la parte alta, media y baja del río La Plata mediante la identificación de macroinvertebrados como bioindicadores en correlación con parámetros físico-químicos del agua a través del método BMWP/Col y ASPT.

Los resultados obtenidos a partir de esta investigación, mostraron que es posible evaluar la calidad del agua mediante la identificación de macroinvertebrados, utilizando los métodos BMWP/Col y ASPT. Es así que se determinó que el río La Plata presenta contaminación hídrica en las tres estaciones muestreadas. En donde el mapa de calidad del agua por el método ASPT categorizo la parte alta y la parte media como clase II que obedece a aguas ligeramente contaminadas y la parte baja en clase III con aguas moderadamente contaminadas. Este estudio genera resultados que sirven como base y justificación para la implementación de medidas de mitigación,

compensación y recuperación para esta fuente hídrica; además de ser el fundamento para seguir desarrollando investigaciones que conlleven a la sostenibilidad del río La Plata.

2. Materiales y métodos

Fase 1. Vigilancia tecnológica. Se realizó una revisión de literatura de los antecedentes del río La Plata, teniendo en cuenta las características propias, su capacidad ambiental y las fuentes de contaminación, de igual manera se recopiló información primaria de los estudios de calidad de agua, de macroinvertebrados y de los índices biológicos.

Fase 2. Sitios de muestreo. Por medio del programa ArcGIS se procedió a ubicar los sitios de muestreo en el mapa del río La Plata (figura 2), teniendo en cuenta la parte alta, media y baja, de tal forma que se determinaron 3 puntos con diferentes descargas de contaminantes. La primera estación de muestreo se estableció donde el río La Plata toma su nombre debido a la unión de dos fuentes hídricas: el “río Aguacatal y el río Loro” en el centro poblado de Gallego (parte alta). El segundo punto se tomó en un sitio intermedio llamado Combeima antes de la zona urbana del municipio, donde el río recibe los vertimientos de las veredas que se ubican en los alrededores de la línea de agua correspondientes al sector rural de la zona sur del municipio de La Plata Huila (parte media). La última estación se ubicó aguas abajo de la zona urbana, en el sitio conocido como el Cacique, donde el río recibe los vertimientos de la planta de sacrificio animal, el batallón y del municipio de La Plata en general (parte baja).

Fase 3. Recolección de los macroinvertebrados. Se realizaron doce muestreos desde el mes de mayo al mes de agosto del año 2016, en donde se obtuvieron los macroinvertebrados por medio de dos procesos. El primero se efectuó por red de pantalla, método de recolección cualitativo de acuerdo a Palma y Arana (2014) que consistió en usar una red de 1 2 con un ojo de malla de 0.5 mm sujeta a dos mangos de madera donde una persona se colocaba en contra de la corriente y sostenía

la red con ambas manos, mientras que otra se ubicaba en dirección de la corriente, removiendo el fondo. El material removido se acumuló en la red y con él, las larvas que se hallaban en el sustrato. El segundo proceso consistió en una recolección manual, en un área de 10 2 basado en levantar rocas, troncos y demás materiales sumergidos en el agua buscando en ellos los organismos adheridos, los cuales se extrajeron con pinzas de aluminio teniendo precaución de no afectar la estructura de los mismos (figura 1). Luego fueron conservados en frascos con alcohol al 70 % y etiquetados con los datos del sitio, fecha y estación de muestreo.



Figura 1: Recolección de macroinvertebrados y datos fisicoquímicos en el río La Plata.

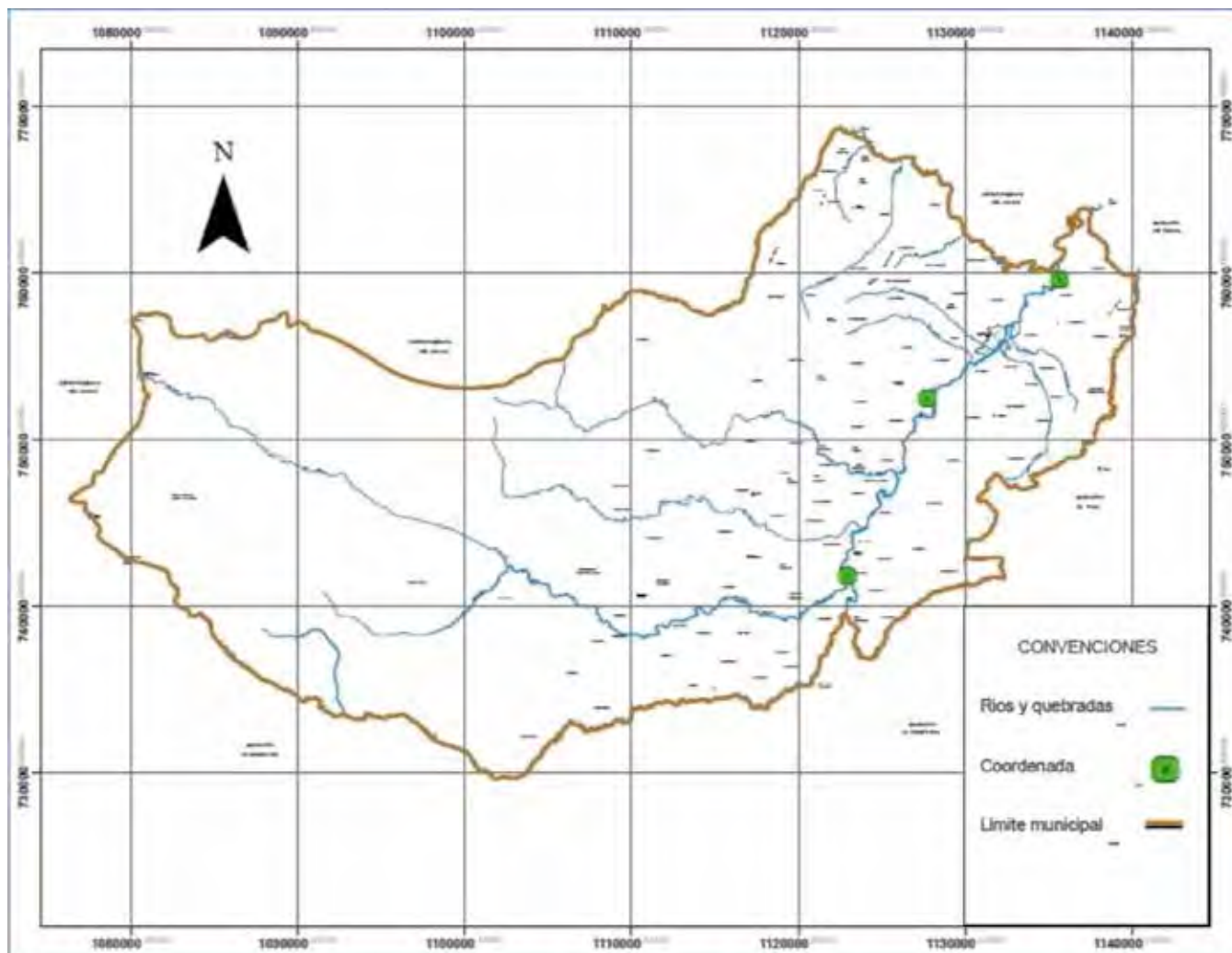


Figura 2: Mapa hidrográfico del río La Plata con tres estaciones de muestreo, parte alta, media y baja

Fase 4. Registro de parámetros en campo. Por

medio de un equipo multiparamétrico se procedió a recolectar datos de la medición del agua como temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, pH, turbiedad, salinidad TDS y DQO.

Fase 5. Análisis de información oficina método BMWP/Col y ASPT. Se realizó la

cuantificación e identificación de los ejemplares recolectados en campo mediante el método BMWP/Col que requiere llegar hasta nivel de familia determinando la presencia o ausencia. El puntaje va de 1 a 10 de

acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles como Perlidae y Oligoneuriidae reciben

Un puntaje de 10 mientras las más tolerantes a la contaminación, por ejemplo, Tubificidae, reciben una puntuación de 1. (Figura 3). La suma de todos los puntajes de todas las familias proporcionó el puntaje total BMWP. Los valores de puntaje para las familias individuales reflejan su tolerancia a la contaminación con base en el conocimiento de la distribución y la abundancia. (Roldan 2003). Luego se procedió a la obtención del índice ASPT siendo este muy valioso para la evaluación de la calidad del agua, especialmente cuando hay alta diversidad ya que muestra la sensibilidad promedio de las familias

presentes en el sitio muestreado de acuerdo a un puntaje que va de 0 a 10 según Armitage, Moss, Wright y Furse (como se citó en Zeybek, Kalyoncu, Karakas y Ozgöl 2014). Se calculó dividiendo la puntuación total BMWP por el número de los taxones calificados en la muestra.



Figura 3. 1 - Familia perlidae (puntaje BMWP 10). 2 - Familia Tubificidae (Puntaje BMWP 1).

Finalmente se procedió a registrar los mapas de la calidad, utilizando la Tabla 1 para determinar la clase de agua en la cual se encontraba cada estación, referenciándola con un color específico, y ubicando en el mapa del río La Plata, el índice BMWP sobre el punto de coordenada con forma de círculo y el índice ASPT con hexágonos de colores, sobre el área de influencia.

Tabla 1. Clases de calidad del agua, valores BMWP/ Col y ASPT, significado y colores para representaciones cartográficas.

Clase	Calidad	BMWP	ASPT	Significado
I	Buena	□150 101 -120	□9 -10 □8 - 9	Aguas muy limpias a limpias
II	Aceptable	61 – 100	□6.5 - 8	Aguas ligeramente contaminadas
III	Dudosa	36 – 60	□4.5 -	Aguas moderadamente contaminadas
IV	Crítica	16 -35	□3 - 4.5	Aguas muy contaminadas
V	Muy crítica	□15	1-3	Aguas fuertemente contaminadas

Modificado de Roldan 2003, en Álvarez 2006 (como se citó en Arango, Álvarez, Arango, Torres y Monsalve 2008).

3. Resultados y Discusión

Composición de Macroinvertebrados. Se realizaron 12 muestreos en tres estaciones del río La Plata identificando un total de 2235 macroinvertebrados distribuidos en 9 órdenes, 17 familias y 22 géneros, los cuales corresponden a 182 individuos, 8 órdenes, 12 familias y 14 géneros en la parte alta; 857 individuos, 7 órdenes, 12 familias y 15 géneros en la parte media; y 1196 individuos, 7 órdenes, 11 familias y 12 géneros en la parte baja. Como se puede ver en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición de Macroinvertebrados de la parte Alta, Media y Baja del río La Plata.

Orden	Familia	Género	P.A	P.M	P. B
Trichoptera	Helicopsychidae	Helicopsyche		5	
	Leptoceridae	Trienodes		1	2
	Hydropsychidae	Leptonema	39	201	380
Ephemeroptera	Leptohyphidae	Haplohyphes		13	
		Tricorythodes	90	171	391
	Leptophlebiidae	Thraulodes	2	74	78
		Traverella	20	301	190
	Oligoneuriidae	Lachlania	10		
	Beatidae	Camelobaetidius	1	3	
		Acentrella Turbida		2	8
		Americabaetis	1		
Diptera	Simuliidae	Simulium Fibrinflatum	9		
	Blepharoceridae	Paltostoma	1		
Megaloptera	Corydalidae	Corydalus	5	18	37
Odonata	Gomphidae	Progomphus		1	1
	Calopterygidae	Hetaerina		2	
	Gomphidae	Erpetogomphus	1		
Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	1	1	
Tricladida	Dugesidae	Dugesia	1	1	80
Haplotaxida	Tubificidae	Tubifex	1	63	27
Coleoptera	Staphylinidae	Stenus			1
	Elmidae	Narpus			1
Total			182	857	1196

Familias exclusivas de cada zona de estudio.

En la parte alta del río La Plata se identificaron 3 familias exclusivas de macroinvertebrados que no se hallaron en la parte media ni baja de la microcuenca: Oligoneuriidae, Simuliidae y Blepharoceridae, correspondientes respectivamente a los géneros: Lachlania, Simulium Fibrinflatum y Paltostoma. En la parte media se identificaron dos familias exclusivas del lugar: Helicopsychidae, la cual obedece al género Helicopsyche; y la familia Calopterygidae con género wHetaerina. En la parte baja se identificaron dos familias exclusivas: la Staphylinidae, cuyo género es Stenus; y la familia Elmidae, con género Narpus (Figura 4).



Figura 4. Macroinvertebrados exclusivos. 1. Oligoneuriidae Lachlania. 2. Helicopsychidae Helicopsyche. 3. Staphylinidae Stenus. 4. Calopterygidae Hetaerina. 5. Blepharoceridae Paltostoma.

Las familias de mayor frecuencia y abundancia (Ver figura 5) que se encontraron en las tres estaciones de muestreo son: Leptohyphidae (665), Leptophlebiidae (665), Hydropsychidae (620), Tubificidae, (91) Dugesiidae, (82) y Corydalidae con 60 individuos. (Ver Figura 6).

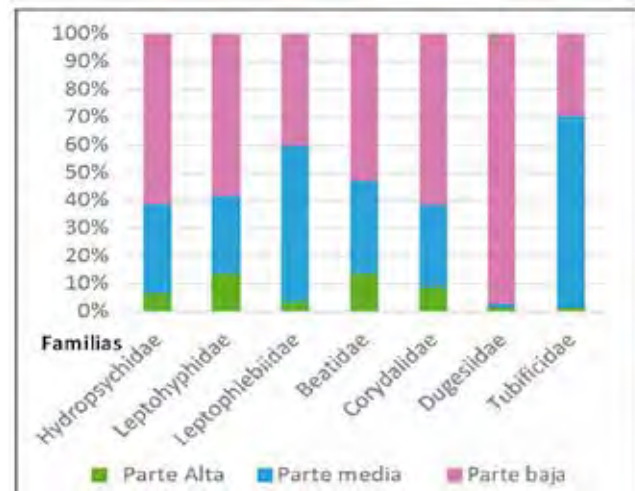


Figura 5. Porcentaje de Familias encontradas en las tres estaciones de muestreo.



Figura 6. Familias más representativas y encontradas comúnmente. 1. Leptohyphidae. 2. Leptophlebiidae. 3. Hydropsychidae. 4. Tubificidae. 5. Dugesiidae. 6. Corydalidae.

Puntaje BMWP: para facilitar la lectura de las categorías obtenidas bajo este método, en la figura 7, el relleno de cada barra indica la parte del río donde se realizó la muestra, y los colores de los contornos de las barras indican el estado del agua.

El color amarillo indica la clase III - calidad dudosa - aguas moderadamente contaminadas, que corresponden al siguiente número de muestras por

cada estación: (4 en la parte alta, 6 en la parte media y 5 en la parte baja), el color naranja la clase IV - calidad crítica - aguas muy contaminadas corresponden a (5 en la parte alta, 5 en la parte Media y 6 en la Parte Baja); y el color rojo la clase V - calidad muy crítica - aguas fuertemente contaminadas corresponden a (3 en la parte alta, 1 en la parte media y 1 en la parte baja), para un total de 36 mediciones, con 12 repeticiones por cada estación. En ninguna de las mediciones se obtuvo clase II o clase I, por lo cual es evidente la vulnerabilidad del río calculado bajo este método (ver figura 7).

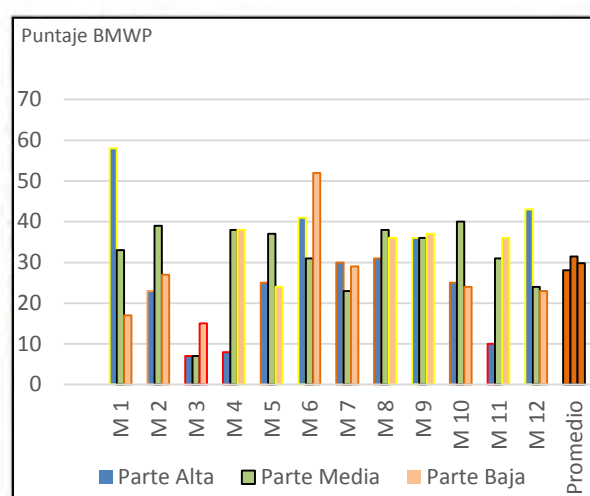


Figura 7. Puntajes BMWP/Col de las 12 mediciones para cada estación.

Valor promedio BMWP. se obtuvo como categoría promedio para las tres estaciones: la clase IV, es decir calidad crítica, o aguas muy contaminadas. Los valores fueron de 28,08 para la parte alta, 31,41 para la parte media y 29,83 para la parte baja.

Puntaje ASPT. Al procesar la información bajo este índice de confiabilidad se pudo observar que en la parte alta las mediciones de las muestras 1, 5, 6 y 11, indicaron Clase I - Calidad Buena - Aguas no contaminadas representadas por los contornos azules de las barras de la figura 8. En los muestras 2, 3, 4, 7, 8, 9 y 12 se obtuvo la Clase II - Calidad Aceptable - Aguas ligeramente contaminadas representadas por los contornos verdes de las barras y en la muestra 10 se identificó la Clase III - Calidad dudosa - Aguas moderadamente contaminadas representadas por los contornos amarillos.

En la parte media se identificó que las muestras 2, 3, 7, 8, 9 y 10 obedecen a la clase II - calidad aceptable. En las muestras 4, 5, 6, 11 y 12 se identificó la clase III, calidad dudosa, y en la muestra 1, se obtuvo la Clase I - Calidad Buena. En la parte baja se obtuvo en los muestras 1, 3, 4, 5, 7, 9 y 10 la clase III, calidad dudosa, mientras que en los muestras 2, 6, 8, 11, y 12 se identificó la clase II, calidad aceptable (Ver Figura 8)

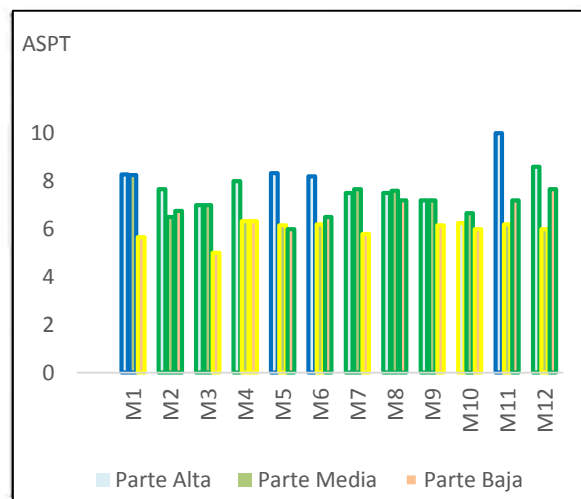


Figura 8. Puntajes y colores de las 12 mediciones para las tres estaciones según el índice ASPT.

Promedio Valor ASPT. El resultado de procesar los 12 Mediciones de las tres estaciones del río La Plata, género como valor promedio en la parte alta y parte media la Clase II, Calidad Aceptable con aguas ligeramente contaminadas, donde se evidencian efectos de la contaminación. La parte baja se clasifica como Clase III, Calidad Dudosa, lo que obedece a aguas moderadamente contaminadas como se puede observar en la figura 9.

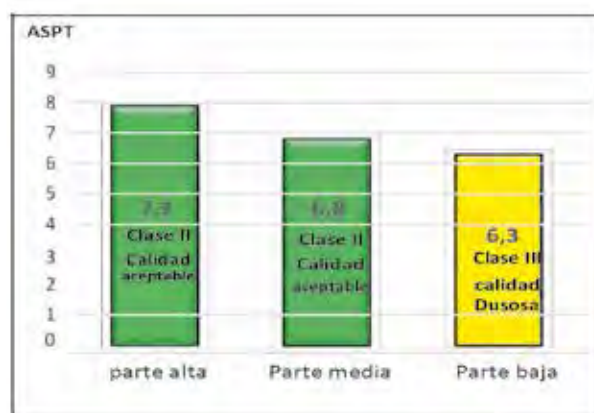


Figura 9. Calidad promedio de las tres estaciones del río La Plata según el índice ASPT.

DQO (Demanda Química de Oxígeno). Los valores de DQO obtenidos en campo fueron muy variables en las muestras tomadas para cada estación, (ver figura 10), pero generaron resultados contundentes ya que el DQO arrojó valores mayores de 91 y menores a 545 mg/l en las tres partes del río, lo que indica alta contaminación, la cual como se pudo observar en campo, es producto de las descargas de aguas residuales crudas municipales y agropecuarias.

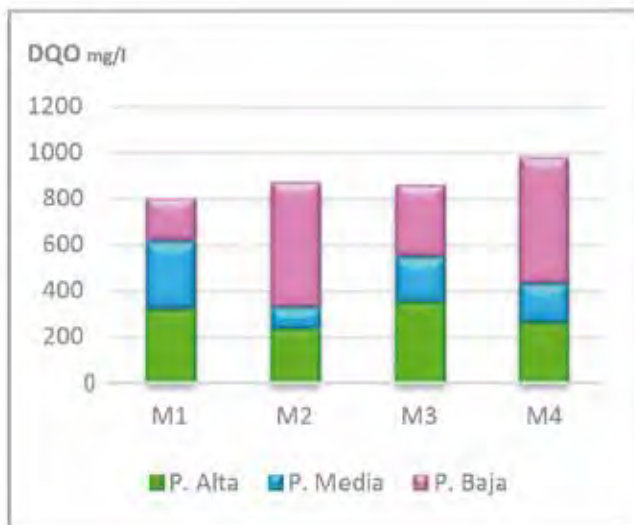


Figura 10. Variabilidad de los niveles de DQO en las zonas de estudio.

Parámetros Físico-químicos. Al obtener los valores promedios de los parámetros analizados en los 12 muestras por cada sitio objeto de investigación, (parte alta, media y baja del río La Plata), se obtuvo que el pH no sufre cambios significativos, ya que se mantiene en las tres estaciones con valores 7,5 y 7,4. Por lo cual los vertimientos que llegan al río, no alteran este parámetro.

Los siguientes parámetros tuvieron un incremento en su unidad desde la parte alta a la parte baja: La turbiedad promedio presenta un aumento considerable de 7,2 FNU. Los sólidos totales disueltos TDS aumentaron en 8,9 ppm. La conductividad tomo un valor mínimo de 47 y un valor máximo de 66,4 us/cm. La temperatura aumento 1,4 grados. La fuente hídrica en todas las estaciones muestreadas presenta una alta disponibilidad de oxígeno, con una disminución mínima de 0,3 en la parte baja. (Ver Tabla 3).

Tabla 3. Promedio de los parámetros físico-químicos del agua del río La Plata en las tres estaciones de estudio.

Parámetros	Promedio Parte alta	Promedio Parte Media	Promedio parte baja
pH	7,5	7,4	7,4
Turbiedad (FNU)	6,9	9,8	14,3
Conductividad (us/cm)	47,0	56,6	66,4
Temperatura (°C)	17,0	17,9	18,4
Concentración de Oxígeno (ppm)	7,1	6,7	6,8
Salinidad (PSU)	0,02	0,03	0,03
TDS (ppm)	25,7	30,9	35,2

Otros hallazgos. En las redes de captura de macroinvertebrados se hallaron en las tres estaciones, los siguientes peces: *Trichomycterus* sp. 1 (Baboso), *Chaetostoma* aff. *Fischeri* (Cucha), *Creagrutus* aff. *Magdalenae* (Sardina). Con una única excepción del pez *Sturisomatichthys leightoni* (Raspacanoa); el cual se encontró solamente en la parte baja. Ver (figura 11). En las mediciones M3, M6 y M8, se encontraron peces muertos en la parte media y baja del río la plata de la especie *Chaetostoma* aff. *Fischeri* (Cucha).



Figura 11. 1. *Trichomycterus* sp (Baboso). 2. *Chaetostoma* aff. *Fischeri* (Cucha). 3. *Creagrutus* aff. *Magdalenae* (Sardina) 4. *Sturisomatichthys leightoni* (Raspacanoa).

Mapa de calidad del agua. Los resultados de los índices utilizados en combinación con los parámetros analizados en las tres estaciones de muestreo, permitieron la realización del mapa de calidad de agua del río La Plata bajo el índice BMWP/Col y el índice ASPT (figura 14), para lo cual las circunferencias de color naranja representan los resultados obtenidos por el índice BMWP el cual dio para las tres estaciones de estudio Clase IV referente a aguas muy contaminadas. Para reflejar el índice ASPT en el mapa de calidad del agua se utilizó como figura característica los hexágonos en el área de influencia, donde la parte alta y media se clasificaron en la clase II - calidad aceptable correspondiente a aguas ligeramente contaminadas. Para estas dos estaciones se ubicó un hexágono de color verde en el área de influencia, mientras que la parte baja se clasificó en la

clase III - calidad dudosa con aguas moderadamente contaminadas y se ubicó un hexágono de color amarillo sobre esta zona de estudio. De esta forma se tienen los dos índices indicadores de los niveles de contaminación, que soportados en los parámetros físico-químicos indican la contaminación presente en la parte alta, media y baja del río La Plata. De tal forma que existe evidencia confiable, desde el índice BMWP que categoriza las tres zonas de estudio en aguas muy contaminadas y coloca una alerta para abordar la problemática ambiental del río La Plata, hasta el índice ASPT, que permite ver la dinámica de la contaminación en cada estación bajo diferentes categorías, dando a conocer las zonas más afectadas, o de mayor prioridad para su respectiva restauración o recuperación.

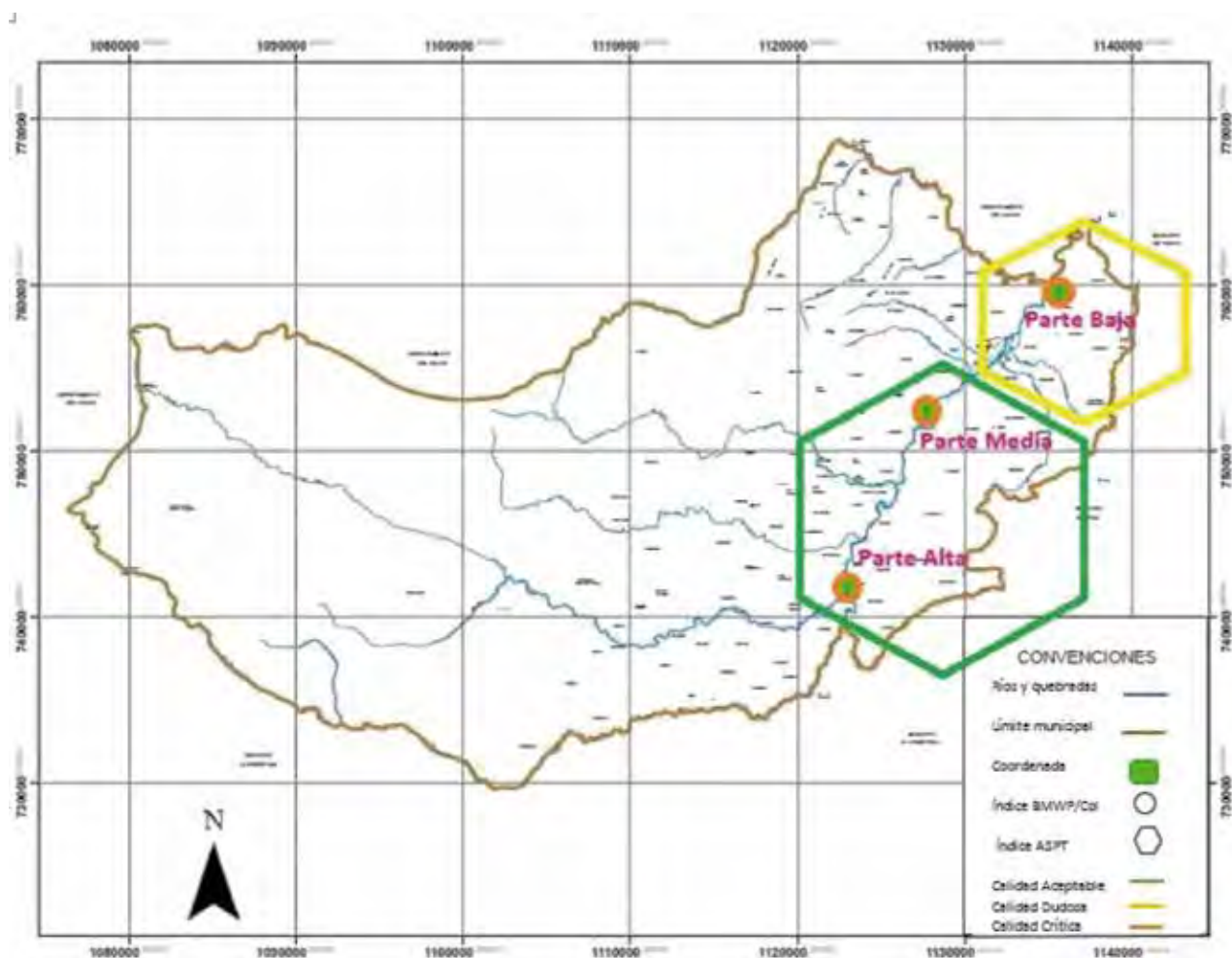


Figura 14. Mapa de la calidad del agua del río La Plata según los índices BMWP Y ASPT

4. Conclusiones

En las tres zonas de estudio del río La Plata se identificaron un total de 2235 macroinvertebrados distribuidos en 9 órdenes, 17 familias y 22 géneros, lo que permitió determinar los diferentes grados de contaminación bajo la presencia o ausencia de los mismos. Teniendo en cuenta que en los tiempos de lluvia el número de individuos se disminuye en las tres estaciones, sobre todo en la parte alta, lo que influyo en el índice BMWP de esta estación.

En la parte alta del río La Plata se identificaron 3 familias exclusivas de macroinvertebrados, que son: Oligoneuriidae, y Blepharoceridae, con puntaje 10 pertenecientes a aguas muy limpias; y Simuliidae, con puntaje 8 que pertenece a aguas limpias, poco contaminadas. En la parte media se identificaron dos familias exclusivas del lugar que son Helicopsychidae, con puntaje 8 que obedece a aguas limpias y/o poco contaminadas; y la familia Calopterygidae con puntaje 7 que es característico de aguas poco contaminadas. En la parte baja se identificaron dos familias exclusivas: la Staphylinidae y la Elmidae, cada una con puntaje 6, que es característico de Aguas poco contaminadas y/o moderadamente contaminadas. Las demás familias identificadas en el estudio se encontraron de forma repetitiva en las tres estaciones, por lo cual es de resaltar que las familias exclusivas encontradas, desde la zona más alta cruzando por la parte media hasta la zona más baja, se ubican en puntuación decreciente con referente a la calidad del agua, lo cual se relaciona de manera directa con la dinámica de la contaminación del río y las observaciones realizadas en campo.

La relación de los métodos biológicos para determinar la calidad del agua en el río la plata, permitió tener un alto grado de confiabilidad en la información analizada. Ya que al utilizar el índice BMWP, se obtuvo un primer valor el cual categorizo las tres zonas de estudio en aguas muy contaminadas y coloco una alerta del estado de las aguas. Lo cual permitido ajustar la información al relacionarlo con el índice ASPT, mostrando en más detalle la dinámica de la

contaminación en cada estación, bajo diferentes calidades de agua, y con ello identificar las zonas de mayor prioridad.

Al analizar los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos obtenidos de las 12 mediciones por cada estación, se determinó que la Turbiedad, los sólidos totales disueltos, e Oxígeno disuelto, y la temperatura presentan un incremento constante en su unidad de medida desde la parte alta hasta la parte más baja, reflejando el aumento de la contaminación, información que se relaciona con los resultados obtenidos de los indicadores biológicos del método ASPT.

La demanda química de oxígeno (DQO) medida en las tres estaciones de muestreo fue muy dinámica y variable con valores que estaban entre los 91 y los 545 mg/l, lo que indico aguas contaminadas en todos los sitios muestreados y genero una relación directa con los resultados obtenidos en el Método BMWP.

El mapa de la calidad de agua del río la plata mediante el índice BMWP mostro que las tres estaciones de muestreo presentan un alto grado de contaminación, en donde el Índice ASPT categorizo la parte alta y la parte media, como clase II - calidad aceptable, que corresponde a aguas ligeramente contaminadas y la parte baja como clase III - aguas moderadamente contaminadas. Lo anterior muestra que el río la plata se encuentra en estado de vulnerabilidad, donde es necesario identificar en una segunda fase de investigación, los focos de contaminación que afectan el río la plata, y de esta manera generar los programas ambientales de prevención, corrección, mitigación y compensación.

En las redes de macroinvertebrados se encontraron cuatro especies de peces en el estudio, lo que fue alentador, ya que a nivel general, los resultados de este proyecto, muestran que el río la Plata está sometido a una continua contaminación de origen rural y urbano, que limita las condiciones de uso sostenible. Pero que abre la posibilidad de seguir investigando en muchos campos de esta fuente hídrica

La valoración de la calidad del agua en el río la plata mediante bioindicadores, es una estrategia confiable que se relaciona de manera directa con los análisis físico químicos del agua. Donde se recomienda que se trabaje en conjunto con el método BMWP y el método ASPT para tener una mayor confiabilidad en los datos

5. Agradecimientos

Agradecemos a Cristian Oswaldo Alvira por su apoyo en cartografía, Gildardo Martínez, y Carlos Advincula por su trabajo en campo, a la Fundación Ambientes Sustentables (F.A.S.) por facilitar los recursos para los análisis del presente estudio, Al grupo de investigación NOVA y a el Centro de Desarrollo Agroempresarial y Turístico del Huila CDATH SENA por facilitar los equipos para las mediciones.

Referencias bibliográficas

1. Arango, M., Álvarez, L., Arango, G., Torres, O. y Monsalve, A. (2008). Calidad del agua de las quebradas La Cristalina y La Risaralda, San Luis, Antioquía. *Revista EIA*. 9. 121-141.
2. Barbour, M., Gerritsen, J., Snyder, B., y Stribling, J. (1999). *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Wadeable Streams and Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish*.
3. Beltrán, J., Hernández, A., Esteban, C., Albarracín, A., Palacio, C., Chipatecua, R., Garzón, P. (2015). Determinación de la calidad del agua del río frío (Cundinamarca) mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, aplicando el método BMWP. *UNICIENCIA*, 1(16). 80 -99.
4. Camargo, A. (2004). Evaluación ambiental de la quebrada de la Honda del municipio del Socorro mediante los índices BMWP y QBR (Trabajo de investigación). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
5. Campoblanco, H., y Gomero, J. (2000). Importancia de los ríos en el entorno ambiental. *Revista del instituto de investigación de la facultad de geología, minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 3(05).
6. Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3). 147 – 170.
7. Gil, J. (2014). Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa. (Trabajo de investigación). Universidad de Manizales, Manizales, Colombia.
8. López, M. (2009). Determinación de la calidad del agua del río Pasto mediante la utilización de bioindicadores. *Revista UNIMAR*, 27(4), 35 -43.
9. Navarro, O. (2004). Representación social del agua y de sus usos. *Psicología desde el Caribe*, 14. 222-236.
10. Palma, C. y Arana, J. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Lima, Perú: Zona Comunicaciones.
11. PUNMA. (2013). Agua dulce. *Tunza*. 10(4). 4.
12. Rueda, J., Tapia, G., Hernández, R. y Martínez, F. (1998). El río Magro, parte I: Evaluación de su calidad biológica mediante la aplicación del BMWP y del ASPT. *Ecología*. 12. 135-150
13. Xu, M., Wang, Z., Duan, X., y Pan, B. (2011). Effects of pollution on macroinvertebrates and water quality bio-assessment. *Hydrobiologia*, 729, 247 – 259
14. Roldan, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. *Uso del método BMWP/ Col*. Universidad de Antioquía, Medellín, Colombia.
15. Zeybek, M., Kalyoncu, H., Karakas, B. y Ozgöl, S. (2014). The use of BMWP and ASPT indices for evaluation of water quality according to macroinvertebrates in Değirmendere Stream (Isparta, Turkey). *Turkish Journal of Zoology*. 38. 603-613.

IDENTIFICACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD DE MICROALGAL PROVENIENTE DEL EMBALSE DEL MUÑA PARA EVALUAR SU POTENCIAL EN BIORREMEDIACIÓN

IDENTIFICATION OF MICROALGAL BIODIVERSITY FROM THE MUÑA RESERVOIR TO EVALUATE ITS POTENTIAL IN BIOREMEDIATION

Paola Gissel Duarte Briceño¹

Julio Cesar Franco Correa²

Semillero BIBA, Grupo de Investigación CIDEINNOVA³

Recibido: 30-08-2016 Aceptado: 07-12-2016

Resumen

El embalse del Muña está ubicado en 4°32'27"N, 74°14'59"W aledaño al municipio de Sibaté, Cundinamarca, sus aguas provienen del río Bogotá que contienen materia orgánica en descomposición, desechos agrícolas y plaguicidas los cuales han generado una elevada contaminación que ha favorecido procesos de eutrofización, proliferación de insectos y microalgas. Es así, como la fitorremediación como parte de la biorremediación surge como una solución para limpiar aguas mezcladas, reduciendo el riesgo de contaminación de los ríos y quebradas. Por ende, se realizó una identificación de la biodiversidad microalgal del embalse con el propósito de estimar microalgas potenciales para procesos de biorremediación. Esto, se llevó a cabo por medio de microscopía óptica, y empleando claves taxonómicas donde los medios de cultivo, Zarrouk, Basal Bold y f/2 de Guillard permitieron la reproducción de la biodiversidad microalgal contenidas en las muestras. Igualmente, se midieron parámetros fisicoquímicos in-situ como pH, oxígeno disuelto, turbidez y conductividad. Se identificaron cianobacterias como *Oscillatoria* y *Nostoc*, algas verdes como *Scenedesmus*, *Eudorina*, *Closterium* y diatomeas del género, *Tabellaria*, géneros que presentan cualidades fitorremediadoras; por otro lado, se concluyó que a temperaturas mayores de 20°C, se fomenta el crecimiento de cianobacterias y la presencia de oxígeno y carbono limitan en el desarrollo de estas microalgas en el embalse.

Palabras clave: Microalgas, Fitorremediación, Medios de cultivo, Diatomeas, Algas Verdes.

1. Colombiana, Ingeniera Biológica, Magíster en Biotecnología, Facilitadora del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) área de Biotecnología, TecnoAcademia Nodo Cazucá, Soacha, Cundinamarca. pgduarte0@misena.edu.co, Cel: 3106188216

2. Colombiano, Físico, Magíster en Ciencias e Ingeniería de Materiales, Facilitador del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) en Investigación Científica, TecnoParque Nodo Cazucá, Soacha, Cundinamarca. jczfrancoc@gmail.com, Cel: 3187882838

3. Centro Industrial y de Desarrollo Empresarial CIDE, Sena, Soacha - Cundinamarca.

Abstract

Muña reservoir is located in 4° 32' 27" N, 74° 14' 59" W adjacent to the municipality of Sibaté, Cundinamarca, its waters come from Bogotá river containing decaying organic matter, agricultural wastes and pesticides which have high pollution generated favored eutrophication processes, proliferation of insects and microalgae. Thus, as phytoremediation as part of bioremediation emerges as a solution to clean mixed water, reducing the risk of contamination of rivers and streams. Therefore, identification of microalgal biodiversity reservoir in order to estimate potential microalgae for bioremediation processes was performed. This was carried out by optical microscopy, using taxonomic keys and where the culture media, Zarrouk, Basal Bold and f / 2 Guillard allowed reproduction microalgal biodiversity contained in the samples. Similarly, physicochemical parameters such as pH, dissolved oxygen, turbidity and conductivity were in-situ measured. Oscillatoria and Nostoc cyanobacteria, green algae as Scenedesmus, Eudorina, Closterium and Tabellaria diatoms, genres that have qualities phytoremediation were identified; otherwise, it was found that at temperatures above 20 °C, the growth of cyanobacteria and the presence of oxygen and carbon limit in the development of these micro-algae in the reservoir is encouraged.

Keywords: Microalgae, Phytoremediation, Culture Media, Diatoms, Green Algae

Introducción

Actualmente el embalse del muña ubicado a 4°32'27"N, 74°14'59"W aledaño al municipio de Sibaté, departamento de Cundinamarca (área de 9.33 km², altura y profundidad de 2600 msnm y 10.6 m, respectivamente) ocasiona problemas de salud al tener proliferación masiva de insectos, plantas y microalgas debido a que sus aguas, provenientes del río Bogotá, contienen materia orgánica, desechos agrícolas y plaguicidas afectando el medio biótico, abiótico y estructural del entorno.

Entre los aspectos que ha ocasionado la alteración del medio natural del embalse ha sido la continua acumulación de sedimentos orgánicos, lo cual incide directamente al deterioro, generando crecimiento

excesivo de algas, malezas, además de una continua presencia de olores que se relacionan directamente con condiciones anaeróbicas, causando una disminución en la concentración de oxígeno disuelto (OD) además del incremento de materia orgánica en descomposición, sedimentación y turbidez del agua (Mejoramiento de la calidad ambiental del Embalse del Muña, 2003). Sin embargo, durante los últimos años se han desarrollado tecnologías que permiten una disminución en la contaminación del ambiente a través del uso de plantas (fitoremedación) y microorganismos que juntos proporcionan un uso sostenible para el medio ambiente.

La fitorremediación es una herramienta ampliamente utilizada, ya que se basa en el uso de plantas para reducir in situ la concentración de contaminantes orgánicos e inorgánicos a través de la interacción microorganismo- planta, donde su sistema de raíz conduce a un conjunto de métodos para transformar, absorber, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire o agua ofreciendo ventajas en relación con métodos fisicoquímicos que se usan actualmente (Susarla et al., 2002). Por ende, el objetivo del estudio es identificar la biodiversidad microalgal presente en el embalse del Muña a través de microscopía óptica y claves taxonómicas, para posteriormente, poderlas emplear en procesos de biorremediación de aguas residuales.

Materiales y métodos

Para llevar a cabo el desarrollo del proyecto de investigación y dar cumplimiento al objetivo general propuesto, la metodología se planteó de la siguiente manera:

- **Descripción del proyecto**

Los análisis de laboratorio fueron realizados en las instalaciones del Tecno-Academia Nodo Cazuca del SENA, Soacha, donde se adecuaron 3 medios de cultivos diferentes (Zarrouk (ZM), BBM y F/2 Guillard) para tratar agua contaminada proveniente del embalse del muña a fin de identificar taxonómicamente la presencia de microalgas y determinar su aplicabilidad en bioremedación.

- **Área de estudio**

El embalse del Muña está ubicado en 4°32'27"N, 74°14'59"W aledaño al municipio de Sibaté,

Cundinamarca, allí se recolectaron dos muestras de agua para el presente estudio (Figura 1) durante la obtención se tomaron in-situ parámetros físico-químicos con el propósito de recrear las condiciones del entorno en el laboratorio, como humedad relativa y temperatura ambiente. Las muestras fueron recolectadas a una profundidad de 30 cm en frascos BOECO de 250 ml. Allí, fueron tomados valores de pH, conductividad, temperatura y oxígeno disuelto (Tabla 4). Luego se adiciono formol al 5% a cada muestra para su conservación, posteriormente fueron etiquetadas y conservadas a 4°C.



Figura 1. Mapa del embalse del muña, escala 1:50.000, tomado del Instituto Geografico Agustin Codazzi, http://geoportal.igac.gov.co:8888/siga_sig/Agrologia.seam

• Medios de cultivos y parámetros físico-químicos

Para la identificación taxonómica de las microalgas se emplearon 3 medios de cultivo modificados de Zarrouk (Tabla 1) (Pandey et al., 2010), BBM (Tabla 2) (Fraunhofer et al., 2016) y F/2 de Guillard (Tabla 3) (Fernandez et al., 2014), para un óptimo crecimiento y propagación (Pohndorf et al., 2016; Tahe et al., 2015 y Taleb et al., 2016). En las Tablas se encuentran las modificaciones respectivas a los medios de cultivo.

Tabla 1. Medio de cultivo Zarrouk, empleado para identificación microalgal.

SOLUCIONES	COMPONENTES	ZARROUK (g/L)
SL1	NaHCO ₃	16,8
SL2	KH ₂ PO ₄	0,5
SL3	NaNO ₃	2,5
SL4	K ₂ SO ₄	1
SL5	NaCl	1
SL6	MgSO ₄ ·7H ₂ O	0,2
SL7	CaCl ₂ ·2H ₂ O	0,04
SL8	FeSO ₄	0,01
SL9	Na ₂ EDTA·2H ₂ O	0,08
SL10	Solución Micronutrientes	1mL
	Micronutrientes	g/L
	H ₃ BO ₃	2,86
	MnSO ₄	1,81
	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0,222
	Na ₂ MoO ₄	0,0177
	CuSO ₄	0,079

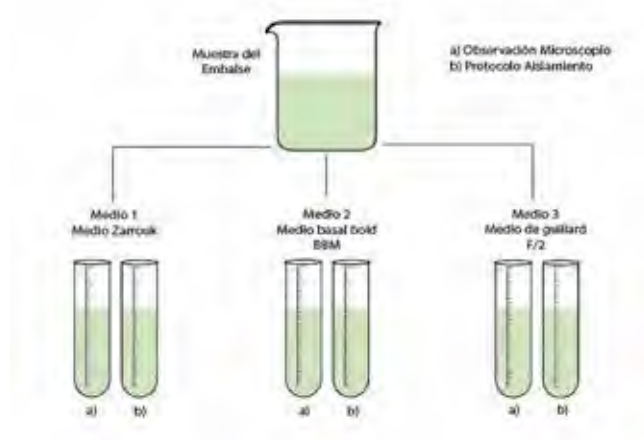
Tabla 2. Medio de cultivo BBM, empleado para identificación microalgal.

SOLUCIONES	COMPONENTES	BBM(G/L)
SL1	NaNO ₃	25
SL2	MgSO ₄ ·7H ₂ O	7,5
SL3	NaCl	2,5
SL4	KH ₂ PO ₄	17,5
SL5	CaCl ₂ ·2H ₂ O	2,5
SL7 Micronutrientes	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	8,82
	MnSO ₄ ·4H ₂ O	1,44
	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0,71
	CuSO ₄ ·5H ₂ O	1,57
	Co(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	0,49
SL8	H ₃ BO ₃	11,4
SL9	Na ₂ EDTA·2H ₂ O	50
	KOH	31
SL10	Fe ₂ SO ₄	4,98
	H ₂ SO ₄	1mL

Tabla 3. Medio de cultivo f/2 de Guillard, para identificación microalgal.

SOLUCIONES	COMPONENTES	F2(G/L)
SL1	NaNO ₃	75
SL2	Na ₃ PO ₄	5
SL3	NaSiO ₃ ·9H ₂ O	30
SL4 Micronutrientes	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	23mg/L
	MnSO ₄ ·H ₂ O	152mg/L
	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	7.3mg/L
	CoCl ₂	14mg/L
	CuCl ₂ ·2H ₂ O	6.8mg/L
	Fe(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₂ ·6H ₂ O	4,6
	Na ₂ EDTA·2H ₂ O	4,4

La propagación de cada una de las muestras provenientes del embalse se realizó por duplicado. Se emplearon en total 12 tubos de ensayo de 14 cm de longitud (6 para la muestra 1 y 6 para la muestra 2), los cuales contenían 20 ml de cada medio de cultivo y 2.4 ml de muestra. Los cultivos fueron almacenados a una temperatura controlada de 25 °C durante 10 días (Figura 2).

**Figura 2.** Aislamiento de medios de cultivo Zarrouk, Basal Bold y f/2 de Guillard, en 6 tubos de ensayo (2 por medio).

• Clasificación Taxonómica

La clasificación taxonómica se realizó con una muestra de 10ul de cada uno de los cultivos, la cual fue visualizada a través de un microscopio Zeiss Scope A1, objetivo 100X; y empleando las siguientes claves taxonómicas (Algae Resource Database <https://shigen.nig.ac.jp/algae/>

strainClassListAction.do, World Register of Marine Species <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=search> , y Algae base <http://www.algaebase.org/search/species/>) para una adecuada clasificación.

Resultados y discusión

• Parámetros fisicoquímicos

Según los análisis fisicoquímicos la contaminación originada por diferentes vertientes en el afluente muestran un pH de 5 indicando una ligera acidez en el cuerpo de agua; lo cual es un parámetro a considerar ya que variaciones en el pH puede tener efectos sobre cada uno de los niveles de organización de la materia viva, desde el nivel celular hasta el nivel ecosistémico (Moreta J. C., 2008). Así mismo, se evidencia una turbidez de 3.0 NTU en el afluente debido a la presencia de partículas en suspensión (arcilla, limos, coloides orgánicos, plancton y otros organismos microscópicos) afectando la fotosíntesis lo que limita el paso de luz solar, respiración y reproducción de vida acuática.

Por otra parte, el oxígeno disuelto (OD) entre 5 y 8 mg/l indican una disminución del oxígeno, dado que las partículas suspendidas absorben calor de la luz del sol, haciendo que las aguas turbias se tornen calientes, reduciendo la concentración de oxígeno y generando disminución en la actividad fotosintética (Moreta J. C., 2008). Por lo cual el proceso provocado por la cantidad de nutrientes (nitratos y fosfatos) estimula el crecimiento de fitoplancton, que provoca la pérdida en la transparencia del agua pero un aumento en la descomposición de la materia orgánica que genera disminución en la concentración de oxígeno (O₂). Esta disminución de O₂ provoca la muerte de organismos aerobios e incrementando las fermentaciones y liberando gases tóxicos como metano (CH₄), amoníaco (NH₃) y SH₂, entre otros, lo que conduce a una degradación del medio acuático y a la disminución significativa de la calidad de vida de los seres que lo habitan.

En cuanto a la temperatura, parámetro que aumenta la velocidad de reacciones metabólicas de las plantas (Giordanino, M., 2014), se obtuvieron

valores entre 20 y 23°C, este rango ocasiona retardos en la acción desnitrificante de bacterias; donde los nitratos que provienen de fuentes naturales por migración desde el suelo o la atmosfera, y de origen humano como vertimientos de detergentes, desechos orgánicos y otros elementos ricos en nitratos, no son asimilados rápidamente y al

permanecer en el agua, estimulan el crecimiento de algas y fitoplancton obteniendo un ambiente eutrófico (Pérez-Castillo A., 2008) (Figura 3). Es importante considerar que la disminución de OD originado por descomponedores de detritos y la consecuente limitación de la vida acuática es la etapa final y más destructiva de la eutrofización.



Figura 3. Imágenes del área del Embalse (Norte y Centro) con presencia de materiales industriales, mineros, agropecuarios, artesanales y domésticas.

La conductividad en cuerpos de agua dulce varía entre 50 y 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (APHA et al., 1998); en el cual fuera de este rango la calidad del agua no es adecuada para la vida de especies menores como peces e invertebrados, el embalse del muña presenta valores entre 562 y 475 $\mu\text{S}/\text{cm}$ reflejando aumentos en las concentraciones de Cl, NO₃ y SO₄ y otros

iones debido a continuas descargas de material contaminante por parte del municipio y zonas industriales aledañas, este valor aunque se encuentra en el rango de cuerpos de agua dulce no aplica para consumo humano que presenta un valor entre 5 a 50 mS/cm (Lenntech, 2016) (Tabla 4).

Tabla 4. Parámetros físico-químicos tomados para cada área de estudio.

Lugar	Geo ubicación	Temperatura °C	pH	Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$	Oxígeno disuelto mg/L	Turbidez NTU
1	4°31'31.5"N 74°14'30.8"W	20.95	5.53	562	8.7	3.0
2	4°31'29.4"N 74°14'35.3"W	23.62	5.86	475	5.5	3.4

• **Clasificación Taxonómica**

Se identificaron diferentes tipos de cianobacterias y algas verdes que son frecuentes formadoras de floraciones en aguas eutrofizadas (Tabla 5, Figura 4). Este tipo de crecimiento no solo se debe a la presencia de residuos

domesticos o industriales, que son vertidas directa o indirectamente al embalse, sino tambien a los aportes difusos provenientes de aguas de esorrentía debido al lavado de suelos de áreas cultivadas y fertilizadas, de suelos deforestados o de campo con ganadería (Parra, A. L. R., y Villanueva, R. O. C., 2013)

Tabla 5. Géneros de microalgas identificadas en el Embalse del Muña, identificados por microscopía óptica y claves taxonómicas.

Grupo	Géneros
Diatomea	<i>Tabellaria</i>
Algas verdes	<i>Scenedesmus</i> , <i>Eudorina</i> , <i>Haematococcus</i> , <i>Closterium</i> , <i>Coelastrum</i> , <i>Cosmarium</i>
Algas verdes-azules	<i>Oscillatoria</i> , <i>Chroococcus</i> , <i>Nostoc</i>

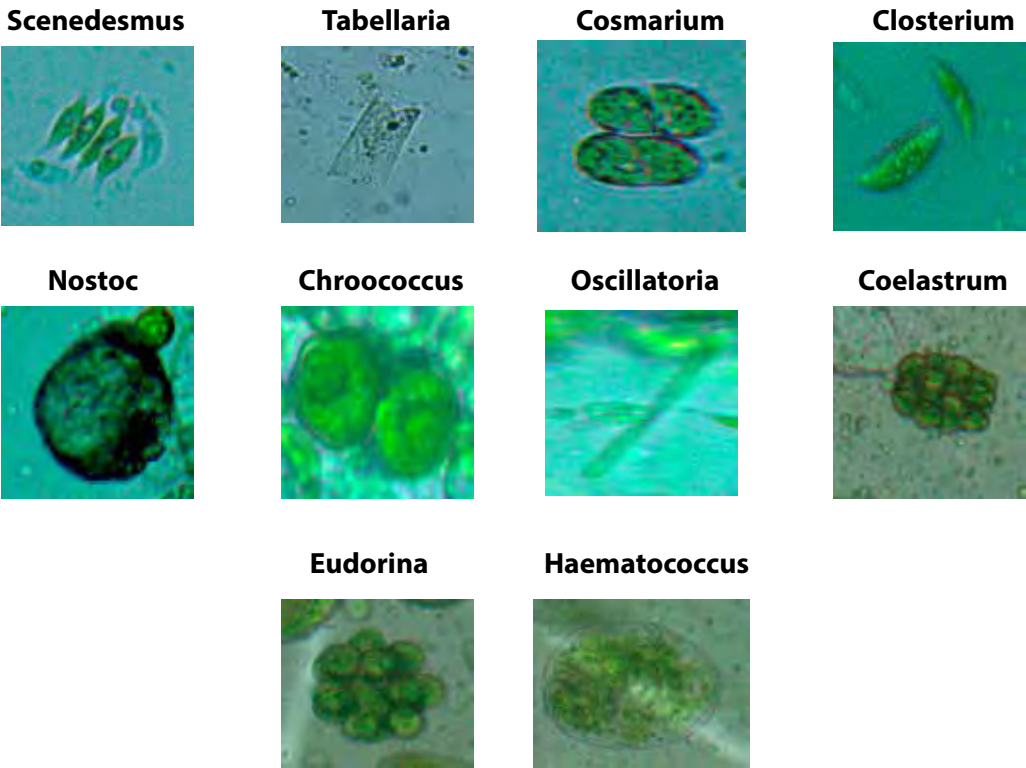


Figura. 4. Identificación taxonómica de microalgas mediante microscopía óptica.

Conclusiones

- La floración de cianobacterias evidencia una alta productividad de la comunidad planctónica, determinando un incremento del consumo de oxígeno por respiración de algas y microorganismos degradadores de biomasa. Así mismo, se produce alteraciones de las propiedades químicas del agua como el pH, donde el consumo de carbono puede volverse limitante para el desarrollo de microalgas.
- La identificación de microorganismos demostró potencial para la implementación de técnicas de biorremediación (aislamiento y monocultivos).
- El aumento de la temperatura del agua por sobre los 20° C favorece el desarrollo de cianobacterias, ya que incrementa las tasas de crecimiento y de reproducción celular.
- Este tipo de estudios fomentan la investigación aplicada en centros de formación como el SENA y en especial al programa del Tecno Academia Nodo-Cazuca donde los estudiantes incursionan en problemáticas locales de alto impacto social, ambiental y económico con el fin de dar soluciones a la población.

Agradecimientos

Al Centro Industrial y Desarrollo Empresarial de Soacha y a la TecnoAcademia Nodo Cazucá del SENA por el apoyo financiero e infraestructura utilizada para la realización de este proyecto. Agradecimientos a la Maestra en Ciencias M.Sc. Diana Carolina Franco por su valioso apoyo en la revisión y asesoría técnica durante el desarrollo de este proyecto.

Referencias

1. APHA., Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, 1998, Washington. 1265 pp.
2. Parra, A. L. R., & Villanueva, R. O. C. (2013). Bioremediación de aguas con fosfatos y nitratos utilizando *Scenedesmus incrassatulus* inmovilizado. BISTUA REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS, 10(1)
3. Susarla, S., Medina, V. F., & McCutcheon, S. C. (2002). Phytoremediation: an ecological solution to organic chemical contamination. *Ecological Engineering*, 18(5), 647-658
4. Pandey, J. P., Tiwari, A., & Mishra, R. M. (2010). Evaluation of biomass production of *Spirulina maxima* on different reported media. *J. Algal Biomass Utiln*, 1(3), 70-81.
5. Fraunhofer, Culture Collection CCCryo of Cryophilic Algae. 2016. Recuperado de <http://cccryo.fraunhofer.de/sources/files/medien/BBM.pdf>
6. Fernandez J.M., Ingeniería de Procesos aplicada a la Biotecnología de Microalgas, Universidad de Almería, 2014. Recuperado de <http://www.ual.es/~jfernand/ProcMicro70801207/tema-1---generalidades/1-3-nutrientes.html>
7. Pohndorf, R. S., Camara, Á. S., Larrosa, A. P., Pinheiro, C. P., Strieder, M. M., & Pinto, L. A. (2016). Production of lipids from microalgae *Spirulina* sp.: Influence of drying, cell disruption and extraction methods. *Biomass and Bioenergy*, 93, 25-32.
8. Taher, H., Al-Zuhair, S., Al-Marzouqi, A., Haik, Y., & Farid, M. (2015). Growth of microalgae using CO₂ enriched air for biodiesel production in supercritical CO₂. *Renewable Energy*, 82, 61-70.
9. Taleb, A., Kandilian, R., Touchard, R., Montalescot, V., Rinaldi, T., Taha, S., ... & Pruvost, J. (2016). Screening of freshwater and seawater microalgae strains in fully controlled photobioreactors for biodiesel production. *Bioresource Technology*, 218, 480-490.
10. Mejoramiento de la calidad ambiental del

Embalse del Muña, Informe Final, Centro de investigaciones en acueductos y alcantarillados CIACUA, Universidad de los Andes, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Bogota, Julio 2003

11. Moreta Juan Carlos, La eutrofización de los lagos y sus consecuencias, Universidad Técnica del Norte, Facultad Ciencias de la Salud, Escuela de Nutricion y Salud Comunitaria, Tecnologia en Saneamiento Ambiental, Trabajo de grado previa la obtención del título de tecnólogo en saneamiento ambiental, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador, 2008.
12. Pérez-Castillo, A. G., & Rodríguez, A. (2008). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. Revista de Biología Tropical, 56(4), 1905-1918.
13. Giordanino, M. V. F. Trabajo de tesis: Efectos combinados de la radiación ultravioleta y la temperatura en cianobacterias, Universidad Nacional del Comahue, Centro Regional Universitario Bariloche, 2014
14. Lenntech, Water conductivity, wáter treatment, 2016, tomado de: <http://www.lenntech.com/applications/ultrapure/conductivity/water-conductivity.htm>

ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA USANDO SUBPRODUCTOS DEL PROCESO DE BENEFICIO DEL CAFÉ (PULPA DE CAFÉ)

ELABORATION OF AN ALCOHOLIC DRINK BY USING BYPRODUCTS OF THE COFFEE BENEFIT PROCESS (COFFEE PULP)

Martha Elizabeth Cortés Rico ¹
Olga Beatriz Ladino Soto ²

Recibido: 16-08-2016 Aceptado: 07-12-2016

Resumen

Se buscó el desarrollo de una bebida alcohólica fermentada usando la pulpa del café, para lograr un producto con características sensoriales agradables que al ser consumido evidencie el origen. Se usa la pulpa de café como materia prima teniendo en cuenta el alto impacto ambiental que este subproducto genera en los ecosistemas cafeteros; se sabe que durante el proceso de beneficio del café se obtienen gran cantidad de subproductos que no son aprovechados, que superan el 60% del peso del grano y que en un alto porcentaje corresponden a la pulpa.

Para el desarrollo del producto se partió de la caracterización de la materia prima, tanto físico-química como microbiológica, se desarrollaron tres prototipos de bebidas usando diversas mezclas pulpa-mucilago, se evaluaron los resultados de los prototipos teniendo en cuenta el perfil sensorial arrojado y el proceso productivo del mismo, se escogió el prototipo de mejor comportamiento y finalmente se hizo la estandarización del proceso de producción del mismo.

Se logró obtener como resultado final una bebida que sensorialmente conserva características a café y que de acuerdo a su proceso productivo es de fácil implementación y producción.

Palabras clave: Bebida alcohólica, características sensoriales, fermentación, levaduras, pulpa de café.

Abstract

The development of a fermented alcoholic beverage was sought, using the pulp of the coffee to achieve

1. Colombiana, Ingeniera de Alimentos; Especialista en Desarrollo Agroindustrial; Maestrante en Nutrición y Biotecnología. Instructora Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Manizales. mcortesrico@misena.edu.co. Tel 3108256071.

2. Colombiana, Ingeniera de Alimentos; Maestrante en Nutrición y Biotecnología. Instructora Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Manizales. olgabatriz41@misena.edu.co. Tel 3206931451.

a product with pleasant sensorial characteristics that when consumed, evidences the origin. Coffee pulp is used as raw material, taking into account the high environmental impact that this byproduct generates in coffee ecosystems. It is known that during the process of benefit of coffee are obtained a large number of byproducts that are not used, exceeding 60% of the grain weight and in a high percentage correspond to the pulp.

The development of the product was based on the characterization of the raw material, both physicochemical and microbiological, three beverage prototypes were developed using various pulp-mucilage blends. The results of the prototypes were evaluated taking into account the sensory profile and the production process. The best behavior prototype was chosen and finally the standardization of the production process was made. It was possible to obtain as a final result, a drink that sensorially conserves characteristics to coffee and according to its productive process, is easy to implement and produce.

Key words: Alcoholic beverage, sensory characteristics, fermentation, yeasts, pulp.

Introducción

El propósito de la investigación se concentró en dar uso a los subproductos del beneficio del café, brindando así una alternativa para lograr disminuir el impacto ambiental que los mismos generan en los ecosistemas cafeteros, por ello se hizo uso de las características fermentativas de la pulpa del café para obtener una bebida alcohólica con perfil sensorial propio del fruto de donde se obtiene.

En la agroindustria del café solamente se utiliza el 9.5 % del peso total del fruto en la preparación de bebidas y el 90,5 % son subproductos vertidos a los cuerpos de aguas, contaminándolas y disminuyendo la posibilidad de vida de los ecosistemas, es por esto que con el desarrollo de este proyecto de investigación se logró una posibilidad de uso de uno de los subproductos de mayor volumen y de mayor impacto ambiental, disminuyendo la contaminación en las zonas cafeteras por el vertimiento de los mismos y por ende un impacto social ya que el

aprovechamiento de la pulpa puede generar ingresos adicionales a los caficultores.

Hoy en día, en casos aislados se da uso a los subproductos del beneficio del café por medio del compostaje para ser aplicados como abonos en los mismos cultivos de café, sin embargo, por los altos volúmenes es difícil y costoso el manejo de los mismos, además CENICAFÉ hizo una caracterización físico-química y microbiológica para el proceso de lombricompostaje, de acuerdo a lo anterior se decidió trabajar en este proyecto porque los residuos generados en esta importante cadena productiva para la región deben ser manejados adecuadamente cuidando el medio ambiente y de esta forma generar conciencia, además de fomentar la innovación y el desarrollo de productos no tradicionales.

En costa rica se llevó a cabo un proyecto denominado: “Desarrollo de productos no tradicionales a partir del café y de sus subproductos” (Chan, V 2009). Donde pudimos encontrar la elaboración de una bebida fermentada a base de pulpa de café, que tiene en su proceso la utilización de azúcar y dos tipos de levaduras ambas *saccharomyces cerevisiae*, donde el primer tipo de levadura es utilizada en panadería, y el segundo es el utilizado para elaboración de vinos y cerveza.

De acuerdo a lo anterior se logró el desarrollo de una bebida fermentada a partir de pulpa de café, la misma fue evaluada desde el punto de vista sensorial y desde el punto de vista del proceso productivo con el fin de tener como resultado un producto que pueda ser implementado, producido y comercializado.

Metodología

Partimos de la caracterización fisicoquímica y microbiológica de la materia prima a usar, esto con el fin de conocer los nutrientes y microorganismos disponibles para los procesos fermentativos de obtención de alcohol y determinar posibles competidores que generen sustancias indeseadas en la misma y/o competidores por nutrientes.

Posteriormente se realizaron cuatro prototipos de fermentación, haciendo variaciones a la formulación (usando pulpa obtenida mediante beneficio

tradicional y mediante desmulsificador) de los mostos e inoculando levaduras comerciales para panificación y levaduras especializadas para la producción de vinos, cada una de ellas fue sometida a la lectura de porcentaje de azúcar, mediante la técnica de refractometría y potenciometría, con posterior ajuste de los sólidos solubles hasta 20°Brix. Cada uno de los prototipos se monitoreó de manera diaria para pH y porcentaje de azúcar durante 12 días y adicionalmente, se realizaron tres evaluaciones sensoriales para verificar su evolución.

Basados en los cuatro prototipos, se escogió el que mejor comportamiento tuvo en cuanto a generación de alcohol y desarrollo de cualidades sensoriales, para posterior ajuste de variables de proceso y estandarización del mismo por medio de réplicas controladas del proceso productivo.

Resultados y análisis

De la caracterización bromatológica de la pulpa se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 1. Caracterización bromatológica de la pulpa de café.

Tabla 1. Caracterización bromatológica de la pulpa de café

ANÁLISIS	TRADICIONAL	DESMUSILAGINADA
Humedad	76.4	77.1
Materia seca	23.3	22.9
Proteína	2,1	2.0
Cenizas	1,5	1,5
Carbohidratos	14,4	14,5

Tabla 2. Caracterización fisicoquímica de la pulpa de café

PULPA DE CAFÉ	
TIPO DE MICROORGANISMO	CANTIDAD
Bacterias Gram +	6
Bacterias Gram -	3
Levaduras Gram +	3
Levaduras Gram -	5
Hongos	4
TOTAL	21

Mediante la aplicación de pruebas bioquímicas se realizó la caracterización microbiológica y de esta se obtuvieron los resultados, mostrados en la tabla 2. Caracterización microbiológica de la pulpa de café.

Los resultados de los prototipos realizados se muestran en la tabla 3. Resultados prototipos.

Tabla 3. Resultados prototipos.

Características	Prototipo 1	Prototipo 2	Prototipo 3	Prototipo 4
Porcentaje final de alcohol	16	6	16	16
Inóculo	Sacharomyces cerevisiae	Levadura Nativa	Levaduras para vinificación	Levadura para vinificación
Aspecto visual	Turbidez alta Color café	Turbidez alta Color café	Turbidez baja Color claro	Turbidez baja Color claro
Evaluación sabor	Seco Acidez baja Cuerpo alto Notas minerales Notas a pulpa en descomposición Fermentación acética	Bajo porcentaje de alcohol Acidez baja Notas minerales Notas a pulpa en descomposición Fermentación acética	Dulce Acidez media Notas a café	Dulce Fermentación acética Notas pulposas
Evaluación aroma	Notas terpénicas	Notas vegetales asados (pimentón)	Notas frutos rojos	Notas herbales
Observaciones generales	Muy lodoso Dificultad para la clarificación	Muy lodosos Dificultad para la clarificación	Clarificado con filtro prensa y floculante	Muy lodosos Clarificado con filtro prensa
Concepto final	No viable	No viable	Viable	No viable

El prototipo 3, fue usado para la estandarización del proceso de producción de la bebida y de este se obtuvo la formulación del producto, tabla 4 y el diagrama de proceso del producto, diagrama 1.

Tabla 4. Formulación del producto.

INGREDIENTE	COMPOSICION PORCENTUAL
PULPA DE CAFÉ	50%
AGUA	45%
AZÚCAR	4%
LEVADURA	1%



Diagrama 1. Diagrama de proceso del producto.

Finalmente para determinar conocer las características sensoriales del producto se realiza una perfilación en cuanto a sabor y aroma, obteniendo los siguientes resultados, como se muestra en el Diagrama 2. Descriptores de aroma y Diagrama 3. Descriptores de sabor. Encontrando un producto dulce, con aroma y sabor a café y notas a pulpa fresca y uvas pasas.

Diagrama 2. Descriptores de aroma



Diagrama 3. Descriptores de sabor



Conclusiones

- Se debe partir de un mosto limpio que reduzca la cantidad de sólidos en suspensión que dificultan los procesos de clarificación y por ende la calidad final del producto.
- El prototipo elegido fue clarificado mediante filtrado a presión, pues con la adición de los clarificantes convencionales, no se lograron resultados satisfactorios.
- La fermentación inducida inoculando levaduras especializadas para la producción de vino, genera mejores características sensoriales en la fermentación que con las levaduras nativas de la pulpa o con *Sacharomyces cerevisiae*.
- Es necesario controlar adecuadamente el proceso para lograr una bebida con características sensoriales que se acerquen al café y no se presenten notas de defectos, tales como lo son vinagres o sobrefermentos.

Bibliografía

1. Rathinavelu. (2005). Posibles usos alternativos de los residuos y subproductos del café. Recuperado de <https://www.google.com.cosearch?q=Posibles+usos+alternativos+de+los+residuos+y+subproductos>.
2. Servicio agrícola y ganadero. (2005). Instructivo técnico para el análisis de alcoholes, bebidas alcohólicas y vinagres de exportación. Recuperado de http://www.sag.gob.cl/sites/default/files/instructivo_tecnico_para_el_analisis_de_alcoholes_bebidas_alcoholicas_y_vinagres_de_exportacion_v02.pdf
3. Arguedas, Patricia. (2013). Definición del proceso de elaboración de una bebida fermentada a partir de pulpa de café. Tecnología en marcha. Número especial. 39-49
4. Blandon, Gladis. (1999). Caracterización microbiológica y físico-química de la pulpa de café sola y con mucílago en el proceso de lombricompostaje. Avances Técnicos Cenicafé No 50. 5-23.
5. Comité Departamental de Cafeteros de Caldas. (2014) Nuestros cafeteros. Recuperado de: http://caldas.federaciondecafeteros.org/fnc/nuestros_cafeteros/category/118
6. Aleixandre, J. (2010). Manual de vinos y bebidas. Valencia, España. Editorial Limusa.
7. Chan, V (2009). Informe final proyecto "Desarrollo de productos no convencionales a partir de café y sus subproductos". Instituto Tecnológico Costa Rica.
8. Calle V., H. Subproductos del café. (1977). Boletín Técnico Cenicafé N° 6. 84
9. Centro Nacional de Investigaciones de Café. (1993). Disciplina Química Industrial. Estrategias para el manejo y valorización de los subproductos del proceso de beneficio húmedo del café. 68.
10. Zuluaga, J.; Zambrano, D. (1993). Manejo del agua en el proceso de beneficio húmedo del café para el control de la contaminación. Avances Técnicos Cenicafé No 187: 1-4.
11. Carrascosa, A.V., Muñoz, R. & González, R. (2005). Microbiología del vino. Madrid: Iragra, S.A.
12. Hornsey, I.A. (1999). Elaboración de cerveza. Microbiología, bioquímica y tecnología. Zaragoza, España: Editorial Acirbia S.A.
13. Rathinavelu. (2005). Posibles usos alternativos de los residuos y subproductos del café. Recuperado de <http://www.ico.org/documents/ed1967c.pdf>
14. Harrington. R. (2008). Food and wine pairing a sensory experience. Recuperado de <http://www.icmglobalcuisine.com/documents/Food%20and%20Wine%20Pairing%20>

_%20A%20Sensory%20
Experience.pdf

15. Vinos Selección. (2016). Vinos selección, el placer del vino. Recuperado de <https://www.vinoseleccion.com/curso-de-cata-vinoseleccion>

ELABORACIÓN DE UN PAPEL ECOLÓGICO A BASE DE COGOLLOS DE PIÑA

CREATION OF AN ECOLOGICAL PAPER BASED ON PINEAPPLE BUDS

Sandra María Rozo Gélvez¹
 Andrés Yesid González Laguado²
 Jesús Antonio Villamizar Loaiza³

Recibido: 20-08-2016 Aceptado: 09-12-2016

Resumen

Se reporta la elaboración de un papel obtenido de celulosa de cogollos de piña, con un valor agregado en la no utilización de químicos como la soda cáustica, sulfato de magnesio, benzoato de sodio entre otros, convirtiéndolo en un papel ecológico, biodegradable y amigable ambientalmente. La metodología utilizada consistió en separar la lignina y la celulosa de los cogollos de la piña, mezclando durante 24 horas trozos menores a 0,5 cm² de cogollos, en una solución de extracto obtenido de la caña de azúcar y agua, con porcentajes en peso de 35 %, 12 % y 53 % respectivamente. Una vez obtenida la celulosa, y retirada la lignina, se agregó una solución de 11,5 g/L de hipoclorito de sodio, durante una hora. Posteriormente se realizó lavado y tamizado, utilizando un tamiz ASTM No. 40, el proceso de secado fue a temperatura ambiente por 24 horas, y finalmente se conforma el papel por prensado manual usando una carga aproximada de 0,3 kgf/cm². Nuestros resultados, permitieron obtener un papel ecológico con una textura tipo Kimberly, el cual se usó en impresión láser a blanco y negro como a color, evidenciándose buena adherencia de la tinta y maleabilidad durante el proceso de impresión, confirmado su uso como sustituto del papel normal.

Palabras clave: Celulosa, lignina, papel, piña

Abstract

It reports the development of a paper, It is reported the development of a paper obtained from pineapple pulp cellulose, with added value in the non-use of chemicals such as caustic soda, magnesium sulfate, sodium benzoate among others, making it an environmentally friendly, biodegradable and

1. Colombiana, Químico, Instructor Servicio Nacional de aprendizaje (SENA) investigador grupo de investigación y desarrollo tecnológico - GINDET, adscrito al Centro de la Industria, la Empresa y los Servicios de la Regional Norte de Santander, smrozo36@misena.edu.co Tel: 310 234 2782

2. Colombiano, tecnólogo en formulación de proyectos, estudiante en pregrado de derecho, investigador grupo de investigación y desarrollo tecnológico - GINDET, adscrito al Centro de la Industria, la Empresa y los Servicios de la Regional Norte de Santander.

3. Colombiano, Economista, tecnólogo en formulación de proyectos, investigador grupo de investigación y desarrollo tecnológico - GINDET, adscrito al Centro de la Industria, la Empresa y los Servicios de la Regional Norte de Santander.

environmentally friendly paper. The methodology used consisted of separating the lignin and cellulose from the buds of the pineapple, mixing for 24 hours chunks smaller than 0.5 cm² of buds, in an extract solution obtained from sugar cane and water, with percentages by weight Of 35%, 12% and 53% respectively. After the cellulose was obtained, and the lignin removed, a solution of 11.5 g / L of sodium hypochlorite was added over one hour. After washing and sieving, using an ASTM No. 40 sieve, the drying process was at room temperature for 24 hours, and finally the paper was formed by manual pressing using a loading of approximately 0.3 kgf / cm². Our results allowed us to obtain an ecological paper with a Kimberly type texture, which was used in black and white as well as color laser printing, showing good adhesion of the ink and malleability during the printing process, confirming its use as a substitute for paper normal.

Keywords: Cellulose, lignin, paper, pineapple

Introducción

El papel es un elemento de primer orden dentro de las actividades humanas, ya que este es empleado en múltiples tareas diarias que van desde la higiene personal, pasando por el trabajo y las relaciones corporativas, es así como en su elaboración se incorporan distintos procesos químicos y físicos dependiendo del proceso al cual se encuentre sometido (Jiménez L. Et al, 2005). La forma tradicional como se realiza la fabricación de este producto, involucra aspectos como la tala indiscriminada de árboles, el uso de químicos pesados y degradantes para los ecosistemas como pueden ser los derivados del nitrógeno, el sodio e incluso el mercurio (Mazzeo M. Et al, 2010), lo que la convierte en unas de las industrias consumidoras de recursos naturales (madera, agua), contribuyendo negativamente al medio ambiente (Waham A. L. et al, 2015).

Las alternativas que han surgido como mecanismo de mitigación ante esta situación han ido de la mano con el reciclaje o reutilización de algunos tipos de residuos agrícolas como son las capas externas de algunas frutas como el café o el banano (Arredondo C, 2002), cáscara de arroz y trigo, fique, bambú y hojas de piña entre otros (Rezayati-Charani P, et al,

2006; Khristova P et al, 2006; Farsheh A.T. et al, 2011) de las cuales se extrae la celulosa, elemento primario en la elaboración de papel. De esta forma a nivel mundial se han adelantado esfuerzos importantes en la consolidación de este tipo de prácticas, es así como por ejemplo países como Holanda ha realizado estudios importantes relacionados con el empleo de fibras vegetales provenientes de algunos variedades de tubérculos (Villar J. Et al, 2008), y en América latina sobresale el proyecto ECOPAPEL realizado en la ciudad de Veraguas, por parte de un grupo de estudiantes de ingeniera industrial de la Universidad Tecnológica de Panamá (Aguilar M. Et al 2012), en el cual mediante la aplicación de unos componentes químicos como la soda caustica y el alumbre se obtuvo un prototipo de papel tipo kimberly de uso limitado.

La producción colombiana de piña equivale al 9,1 % del valor total de producción mundial, con cerca de 4 % de hectáreas del suelo destinadas a este tipo de cultivo, Estados Unidos es el principal consumidor e importador de piña del mundo, seguido de la Unión Europea, en cuanto a producción, Costa Rica es el mayor exportador de piña fresca, seguido de Holanda y Bélgica. Entre las variedades de mayor conocimiento popular se encuentra la variedad Cayena Lisa cuya proporción física es: Cáscara (41 %) y Corona (20 %); Pulpa (33 %), Corazón (6 %), siendo la corona y la cáscara lo que se pretende utilizar como materia prima para la elaboración del papel, ya que esta no tiene un mayor uso práctico y se considera como desperdicio (Sociedad de Agricultores de Colombia, S.A.C. 2014).

Aremu M. O, et al. 2015, reporta la obtención de pulpa y papel usando hojas de piña y maíz como sustituto de la madera, donde emplean soda caustica para extracción de la lignina de estos residuos, así mismo el uso de mezclas de acetona y agua para extraer la celulosa de las hojas de piña es reportado por Waham A. L. et al, 2015.

Dado el panorama anterior, en Colombia los intentos por replicar este tipo de iniciativas han sido liderados por la academia, en primera a medida con la inclusión de productos considerados como residuales y de forma escalonada dentro de los procesos industriales (De la Cruz & García, 2005). Por lo anterior, se reporta el desarrollo de un nuevo prototipo de papel ecológico, a partir de los cogollos de la piña pero sin emplear

ninguno de los insumos químicos antes referenciados (soda caustica, acetona), y sustituyéndose estos por un extracto de la caña de azúcar, aportando significativamente al medio ambiente.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se debe tener en cuenta que el producto elaborado parte de una materia prima (cogollos de piña) considerada como desecho agroindustrial por las empresas que utilizan la piña como insumo, para lograr transformar este residuo en un bien estructurado como lo es el papel (PINEAPEL).

Para la elaboración de las muestras se utilizaron los materiales en las cantidades que se describen en la tabla 1.

Tabla1. Materiales utilizados en la elaboración de PINEAPEL

MATERIALES	CANTIDADES
Cogollos de piña	10 Kg
Sábila de la caña de azúcar	2,5 litros
Agua	15 litros

Fuente: Cálculos Propios derivados de la Experimentación

Imagen I. Selección y Corte de los cogollos de piña.



Fuente: Aprendices Sena Integrantes del Proyecto

Una vez obtenidos los cogollos u hojas de piña, se cortan manualmente (ver imagen I) en trozos con un tamaño promedio inferior a 0,5 cm², posteriormente se lavan los trozos usando una malla con tamaño ASTM No. 40 (0,4 mm), con el objetivo de retirar impurezas como la tierra (ver imagen II), seguidamente se sumergen en recipientes, en los cuales se ha disuelto 15 litros de agua con 2,5 litros de sábila de la caña de azúcar (ver imagen III), por un tiempo de 24 horas, con el objeto de separar la lignina de la celulosa presente en los trozos de los cogollos de piña.

Imagen II. Lavado para eliminar tierra y otras impurezas.



Fuente: Aprendices Sena Integrantes del Proyecto

Imagen III: Depósito del material en agua y sábila de caña de azúcar



Fuente: Aprendices Sena Integrantes del Proyecto

La lignina es una clase de polímeros orgánicos que forman materiales estructurales en los tejidos de soporte de plantas vasculares y de algunas algas (Jimenez Herrero Luis M. 2012). Esta sustancia se encarga de dar dureza y resistencia a las paredes celulares de las plantas; por lo que es necesario extraerla para poder obtener la celulosa (Arredondo C. P., 2002).

Posteriormente, se retira la lignina junto con la sábila de la caña de azúcar mediante lavado a través de una malla con abertura ASTM No. 40, obteniéndose la celulosa.

Una vez se obtiene la celulosa, se procede al blanqueamiento, proceso en el cual se deposita en una solución de hipoclorito de sodio en concentración de 10g/Kg de cogollo de piña, por un tiempo de 3 horas aproximadamente hasta que la pasta tome un color blancuzco. Seguidamente, se procede a lavar la celulosa blanqueada, para retirar la solución de hipoclorito de sodio, teniendo cuidado de recoger ésta mezcla, la cual se lleva a una piscina de oxidación para su degradación y luego verter al alcantarillado municipal. A la pasta de celulosa blanqueada y lavada, se realiza un proceso de molienda manual en húmedo, con el fin de disminuir el tamaño de las fibras (ver imagen IV), y seguidamente realizar el conformado por prensado uniaxial, usando una carga aproximada de 0,3 Kg/cm², por último se deja secar a temperatura ambiente por un lapso aproximado de 24 horas, obteniéndose el papel ecológico (PINEAPEL) (ver imagen V).

Imagen IV: Pulpa de celulosa blanqueamiento y molida



Fuente: Aprendices Sena Integrantes del Proyecto

Imagen V: Producto final, papel PINEAPEL



Fuente: Aprendices Sena Integrantes del Proyecto

Adicionalmente, si se quiere elaborar papel con algún color específico, una vez obtenida la celulosa blanqueada y molida, se sumerge en agua con el pigmento del color deseado (ver imagen VI), agitándose en forma continua para obtener uniformidad del colorante en las fibras de la celulosa, y posteriormente se procede al prensado y secado, obteniéndose un papel de color azul claro, como se aprecia en la imagen VII

Imagen VI: Pigmentación de la Pulpa Celulosa con anilina azul.



Fuente: Aprendices Sena Integrantes del Proyecto

Imagen VII: Moldeado del papel con color azul



Fuente: Aprendices Sena Integrantes del Proyecto

Resultados

Se obtuvo un papel ecológico de buena calidad, con fibras y textura similar al papel Kimberly, que puede ser empleado para cualquier tipo de uso doméstico o profesional, de diversos tamaños, espesores y colores.

En la imagen VIII, se presenta el papel usado en impresiones a blanco y negro, como a color, usando impresora láser comercial, observándose que la tinta se adherida perfectamente al papel, y evidenciándose durabilidad y buena maleabilidad del papel durante el proceso de impresión, confirmado su uso como sustituto del papel normal.

Imagen VIII: Papel PINEAPEL impreso a blanco y negro, como a color usando impresora láser comercial.



Fuente: Aprendices Sena Integrantes del Proyecto

Conclusiones

Se elaboró un papel ecológico usando cogollos de piña, donde se evidencio, que el uso de la sábila de la caña de azúcar en remplazo de la soda caustica, es completamente viable para la separación de la lignina y la celulosa presente en las hojas de los cogollos de la piña, obteniéndose un producto con una textura y maleabilidad tipo Kimberly, el cual puede ser usado en impresiones tanto a blanco y negro como a color, sirviendo de sustituto del papel común obtenido de la madera.

Es necesario asumir un mayor compromiso ambiental por parte de quienes tenemos el dominio del planeta; incentivando el aprovechamiento de aquellos recursos naturales renovables que se encuentran a nuestra disposición, sin causar un perjuicio mayor a los ecosistemas naturales existentes. Además de propender por la minimización del desgaste de aquellos elementos naturales no renovables, necesarios para la preservación de la vida misma, con principios de responsabilidad social, equidad y desarrollo económico para todas las especies.

Agradecimientos

Los autores agradecen a A. Lizarazo E. Rivera, J. Rubio, P. Ariza, P. Bocarejo, J. Ardila, y Y. Covilla, G. Peña por su desinteresada colaboración en el desarrollo de esta investigación.

Referencias

1. Aguilar M, Jawaid M & Abeer A. (2012). Cell Wall Morphology, Chemical and Thermal Analysis of Cultivated Pineapple Leaf Fibers for Industrial Applications. *Journal of Polymers and the Environment*, v. 20, 404-411p.
2. Aremu, M. O., Rafiu M. A. & Adedeji, K. K. (2015). Pulp and Paper Production from Nigerian Pineapple Leaves and Corn Straw as Substitute to Wood Source. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, v. 2, n. 4, 1180-1188p.

3. Arredondo C. P. (2002). Reporte final del Sistema Agroindustrial Piña (Ananás comosus L.) (Tesis de Pregrado). Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco. Veracruz
4. De La Cruz M & J García, H.S. (2005). Operaciones Postcosecha de la Piña. (Tesis de Pregrado). Universidad Autónoma de México. México, D.F.
5. Jiménez Herrero & Luis M. (2012) Marco Teórico para el Medio Ambiente (Tesis de Postgrado) Universidad de Puebla, México, D.F.
6. Jiménez, L.; Rodríguez, A.; Ferrer, J.L.; Pérez, A. & Angulo, V. (2005). La Paulownia: una planta de rápido crecimiento como materia prima para la fabricación de papel. *Afinidad*, v. 62, n. 516, 100-105p.
7. Khristova P, Kordsachia O, Patt R, Karar I & Khider T. (2006) Environmentally friendly pulping and bleaching of bagasse. *Ind Crop Prod*; v. 23:131–139p.
8. Mazzeo, M.; León, L.; Mejía, F.; Guerrero, L.E. & Botero. J.D. (2010) Aprovechamiento industrial del residuos de cosecha y postcosecha del plátano en el Departamento de Caldas. *Revista Educación en Ingeniería*. n. 9, 128-139p.
9. Rezayati-Charani P, Mohammadi-Rovshandeh J & HasheMi SJ, Kazemi-Najafi S (2006). Influence of dimethyl formamide pulping of bagasse on pulp properties. *Bioresour Technol*; v. 97: 2435–2442p.
10. Sociedad de Agricultores de Colombia (2014). Informe de Desempeño Agroindustrial. Recuperado de www.sac.org.co/informes/informedesempeñoagroindustrial2014.pdf
11. Villar, J.C.; Poveda, P. & Tagle, J.L. (1999) Obtención de pastas al sulfato a partir del cardo (*Cynara cardunculus* L.) Influencia del troceado sobre la calidad de las pastas. *Investigaciones Agrícolas, Sistemas de Recursos Forestales*, v.8, n. 2, 307- 317p.
12. Waham Ashaier Laftah, Wan Aizan Wan & Abdul Rahaman. (2015) Chemical pulping of waste pineapple leaves fiber for kraft paper production. *Journal of Materials Research and Tecnology*, v. 4, n. 3, 254 –261p.

VALIDACIÓN DE UN MÉTODO ANALÍTICO PARA LA DETERMINACIÓN DE ALUMINIO RESIDUAL EN AGUA POTABLE MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA VISIBLE

VALIDATION OF AN ANALYTICAL METHOD FOR THE DETERMINATION OF RESIDUAL ALUMINUM IN WATER DRINKABLE BY VISIBLE SPECTROPHOTOMETRY

Carlos Burgos Galeano¹
Paula Estrada Palencia²

Recibido: 14-08-2016 Aceptado: 15-12-2016

Resumen

El presente trabajo se realizó con el propósito de validar un método analítico para la determinación de aluminio residual en agua potable, mediante espectrofotometría visible según lo establecido en el método Eriocromo Cianina R 3500B -(Al) del Standard Methods Ed. 2012. Los análisis fueron realizados a una longitud de onda de 535 nm. La determinación de aluminio residual de acuerdo al método fue llevada a cabo en un equipo Espectrofotométrico de Barrido UV/Visible SQ-2800 de Haz Simple marca UNICO. Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Calidad de Aguas de la empresa Proactiva Aguas de Montería S.A. E.S.P. de la ciudad de Montería.

Los parámetros de validación obtenidos experimentalmente arrojaron resultados que se encuentran dentro de los establecidos para una validación, para la determinación de aluminio residual por el método espectrofotométrico Eriocromo Cianina R, el rango de trabajo se evaluó de 0,03 a 0,3 mg Al³⁺/L, el límite de detección del método fue de 0,017 mg Al³⁺/L, la exactitud del método se reportó como porcentaje de recuperación obteniendo valores de 97,8% para rango bajo, 93,6 % para rango medio y 90,9 % para rango alto y porcentaje de error dando resultados de 4,81 % para rango bajo, 2,29 % para rango medio y 1,07 % para rango alto. Por último, se obtuvieron valores de incertidumbres de 1,36% para el rango bajo, 1,48 % para el rango medio y 1,53 % para el rango alto.

Se demostró que el método químico validado cumple con los requerimientos exigidos por el laboratorio de control de calidad de aguas de la empresa Proactiva Aguas de Montería y por ende es adecuado para su aplicación en el control de calidad de agua

1. Colombiano, Ingeniero Químico, Magíster en Ciencias Ambientales; Especialista tecnológico en Gestión en Laboratorios de Ensayo y Calibración - norma ISO/IEC 17025, Instructor Servicio Nacional de aprendizaje (SENA). Director del Grupo de Investigación GICAP. CCIT, burgosgaleanomail.com cburgosg@sena.edu.co, Cel 3145227332.

2. Colombiana, Química, Tecnóloga en Agua y Saneamiento, Analista e Investigador (SENA), CCIT. paula1.5@hotmail.com, Cel 3145639651

potable, de acuerdo a las condiciones particulares y requerimientos establecidos por la norma NTC/ISO/IEC 17025:2005.

Palabras Claves: Aluminio Residual, NTC/ISO/IEC 17025:2005, Eriocromo Cianina R

Abstract

The present work was carried out with the purpose of validating an analytical method for the determination of residual aluminum in drinking water by means of visible spectrophotometry according to the Eriochrome Cyanine R 3500B-(Al) method of Standard Methods Ed. 2012. The analyzes were performed at a wavelength of 535 nm. The determination of residual aluminum according to the method was carried out in a Spectrophotometric Equipment of UV/Visible Sweep SQ-2800 of Single Haze brand UNICO. The tests were carried out in the Laboratory of Water Quality of the company Proactiva Aguas de Montería S.A. E.S.P. of the city of Montería.

The validation parameters obtained experimentally showed results that are within those established for a validation, for the determination of residual aluminum by the spectrophotometric method Eriocromo Cianina R, the working range was evaluated from 0.03 to 0.3 mg Al³⁺/L, the detection limit of the method was 0.017 mg Al³⁺/L, the accuracy of the method was reported as a percentage of recovery, obtaining values of 97.8 % for low range, 93.6 % for midrange and 90.9 % for High range and error rate giving results of 4.81 % for low range, 2.29 % for midrange and 1.07 % for high range. Finally, we obtained uncertainty values of 1.36% for the low range, 1.48 % for the midrange and 1.53 % for the high range.

It was demonstrated that the validated chemical method complies with the requirements of the water quality control laboratory of the company Proactiva Aguas de Montería and is therefore suitable for its application in the quality control of drinking water, according to the conditions requirements and requirements established by standard NTC/ISO/IEC 17025:2005.

Keywords: Residual Aluminum, NTC/ISO/IEC 17025:2005, Eriochrome Cyanine R.

1. Introducción

En los estudios realizados al agua para garantizar que es apta para el consumo humano, se encuentran distintos parámetros, los cuales deben ser medidos por métodos que requieren ser validados en cada uno de los laboratorios delegados. La realización de estas mediciones está regulada por entidades gubernamentales de control, como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) y el Organismo Nacional de Acreditación en Colombia (ONAC), que se encargan de acreditar los laboratorios asegurando a los clientes la emisión de resultados válidos y confiables en forma oportuna e imparcial.

En el presente trabajo se realizó la validación de un método para la determinación de Aluminio Residual en agua potable, en el laboratorio de Calidad de Aguas de la Empresa Proactiva Aguas de Montería S.A. E.S.P., mediante la técnica Eriocromo Cianina R, que es uno de los más simples en cuanto a instrumentación y procedimiento. El estudio tuvo como fin, comprobar que se está realizando un proceso adecuado, y con la validación se confirmó que la cantidad de aluminio residual que se encuentra disuelto en el agua potable, cumple con lo establecido por el decreto 1575:2007, resolución 2115:2007 que es de 0,2 mgAl³⁺/L. Además mediante esta validación el laboratorio de Calidad de Aguas de la empresa Proactiva, cumple con los requisitos establecidos por la NTC/ISO/IEC 17025:2005; es decir, que no supere la cantidad de aluminio establecida y permisible por el ser humano. (NTC/ISO/IEC 17025, 2005)

La importancia de realizar validaciones periódicas, evita y es una forma de controlar que en la empresa se presente un aporte mayor de Aluminio Residual en el agua que será consumida, porque esto repercutiría en la salud de quienes la consumen. En algunos estudios realizados en diferentes centros investigativos de la salud se ha encontrado que la concentración de aluminio en el cuerpo está relacionada con la enfermedad de Alzheimer, este aluminio es producto de la utilización de sulfato de aluminio en el tratamiento de aguas, causando pérdida de la memoria y hasta demencia (SUAY, y otros, 2002). El sulfato de aluminio en el tratamiento de aguas para

potabilización, cumple la función de desestabilizar el material suspendido no sedimentable y las partículas coloidales, reduciendo las fuerzas repelentes existentes formando así agregados de mayor peso y tamaño "floc" de fácil sedimentación.

De igual forma la realización de este estudio recae sobre las personas responsables de realizar los análisis, como son los analistas, quienes deben cumplir con ciertas características de conocimiento en el campo, con idoneidad que proporcione la credibilidad y eficacia que requiere esta labor.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Estandarización del método

La presente validación es de carácter analítico-estadístico, la metodología utilizada para el análisis mediante espectrofotometría Visible se realizó según el método 3500B-Al (Método EricromoCianina R) de acuerdo con el

Standard Methods Ed. 2012.

2.1.1. Manipulación de la muestra

Se recogieron las muestras de agua potable en la planta Sierra Chiquita de la empresa Proactiva Aguas de Montería S.A. E.S.P. en la ciudad de Montería, departamento de Córdoba. Se recolectaron en botellas plásticas limpias, enjuagadas con HCl 1+1. Estas muestras fueron tomadas a las 06:15 am inicialmente se dejó la llave abierta por aproximadamente 2 min, posteriormente se purgó el recipiente con la muestra y finalmente se tomó la muestra, se almacenó a 4°C hasta llegar al laboratorio (09:40 am) y se realizó el procedimiento descrito en el numeral 2.2.2. Procedimiento de análisis.

2.2. Materiales y Equipos

Beackers. Pipetas Volumétricas Clase A (1 = 25 mL), Matraces Aforados de 50, 100, 250 y 500 mL., Espátula, Celda de 1 cm de diámetro, Macropipeteador, Buretas, Erlenmeyers, Frasco Lavador, Campana de Extracción de Vapores, Agitador Magnético, Balanza Analítica AB 204-S, Espectrofotómetro de Barrido UV/Visible SQ-2800 de Haz Simple marca UNICO.

2.2.1. Preparación de Reactivos

Para la realización de los ensayos, fue necesario la preparación de las siguientes soluciones: Solución Madre de Aluminio: Se utilizó una solución Estándar Certificada de 1000 mgAl³⁺/L, Solución de Aluminio Estándar 5 mgAl³⁺/L: Se diluyó 1 mL de solución madre de aluminio en 200 mL de agua; 1 mL = 5 µg de Al. Se preparó diariamente, Solución de Ácido Sulfúrico H₂SO₄, 0,02 N: Se tomaron 200 mL de H₂SO₄ partiendo de una intermedia de 0,1N y se diluyó a 1000 mL, este se usó para eliminar la interferencia debida a la alcalinidad, Solución de Ácido Ascórbico 0,1%: Se disolvieron 0,1 g de ácido ascórbico en agua y se completó hasta 100 mL con agua destilada en un matraz aforado. Se preparó todos los días, es necesaria para eliminar las interferencias debidas a hierro y manganeso, Solución Buffer: Se disolvieron 68 g de acetato de sodio, NaCl₂H₃O₂.3H₂O, en agua, se añadieron 20 mL de ácido acético 1 N, y se diluyó a 500 mL, Solución de Tinción de Reserva: Se disolvieron 0,3 g de Eriocromo Cianina R en aproximadamente 50 mL de agua. Se ajustó el pH de aproximadamente 9 a aproximadamente 2,9 con ácido acético 1+1 (aproximadamente fueron necesarios 3 mL). Se diluyó con agua destilada hasta 100 mL. Las soluciones madre tienen una excelente estabilidad y pueden mantenerse durante al menos un año, Solución de Tinción de Trabajo: Se diluyeron 25 mL de solución de tinción de reserva y se llevaron hasta 250 mL en un matraz aforado con agua. Las soluciones de trabajo son estables durante al menos 6 meses, Solución Indicador Mixto: Alcohol Etilico, Verde de Bromocresol y Rojo de Metilo, Solución de EDTA (sal sódica de dihidrato de ácido etilendiaminotetraacético), 0,01 M: Se disolvieron 3,7 g de EDTA en agua y se diluyó a 1 L.

2.2.2. Procedimiento

Preparación de Estándares de Calibración: Se prepararon a partir de la solución intermedia de aluminio (5mg Al³⁺/L) a un volumen final de 50 mL. Fueron preparados a las siguientes concentraciones: 0,03 mg/L, 0,06 mg/L, 0,09 mg/L, 0,12 mg/L, 0,16 mg/L, 0,20 mg/L, 0,24 mg/L, 0,26 mg/L y 0,30 mg/L.

Preparación de la Curva de Calibración: Se realizó con los estándares de calibración previamente preparados. La curva de calibración comprende los

valores de 0,03 a 0,3 mg/L, mediante la medición con precisión de los volúmenes calculados de solución estándar de aluminio en matraces volumétricos de 50 mL. Se añadió agua hasta un volumen total de aproximadamente 25 mL. Se adicionó 1 mL de H_2SO_4 0,02 N para cada estándar y se mezcló. Se añadió 1 mL de solución de ácido ascórbico y se mezcló. Se añadieron 10 mL de solución tampón y se mezcló. Con una pipeta volumétrica, se añadieron 5 mL de reactivo de tinción de trabajo y se mezcló. Inmediatamente se completó a 50 mL con agua destilada. Se mezcló y se dejó reposar durante 5 a 10 minutos. El color comienza a desaparecer después de 15 min. Se leyó la absorbancia en un espectrofotómetro, usando una longitud de onda de 535 nm. Se ajustó el instrumento a cero de absorbancia con el estándar que no contiene aluminio. Concentración de Al (miligramos de Al en 50 mL de volumen final) contra la absorbancia.

Procedimiento de análisis: Se tomaron 25 mL de muestra, o una porción diluida a 25 mL, en un erlenmeyer, se añadieron unas gotas de indicador mixto y se tituló con H_2SO_4 0,02 N hasta un color rosa pálido. Se registró la lectura y se descartó la muestra. Para dos muestras similares a temperatura ambiente se añadió la misma cantidad de H_2SO_4 0,02 N utilizado en la titulación y 1 mL en exceso. Para una muestra se añadió 1 mL de solución de EDTA. Esto sirvió como un blanco por formación de complejo con el aluminio presente y compensación de color y turbidez. Para ambas muestras se agregó 1 mL de ácido ascórbico, 10 mL de tampón de reactivo y 5 mL de reactivo de tinción de trabajo. Se colocó el instrumento a cero de absorbancia con ayuda del blanco EDTA. Después de 5 a 10 min de tiempo de contacto, se leyó la absorbancia y se determinó la concentración de aluminio a partir de la curva de calibración previamente preparada.

Cálculos

$$\text{mg Al}^{3+}/\text{L} = \frac{\text{Absorbancia muestra}}{\text{Absorbancia estándar}} \times \text{Concentración estándar} \quad (1)$$

2.3 Evaluación de los parámetros de validación

Teniendo en cuenta que este parámetro cuantitativo está normalizado, es decir, se encuentra en el Standard Methods Ed. 2012, por lo que solo requiere la evaluación de los siguientes parámetros.

2.3.1. Linealidad.

Para evaluar la linealidad del método se prepararon 9 diluciones de la solución intermedia de aluminio de 5 mg Al^{3+}/L , comprendiendo los niveles de concentración entre 0,03 0,3 mg Al^{3+}/L para la técnica Eriocromo Cianina R por triplicado. Se realizaron tres curvas de calibración con los valores de absorbancias de cada uno de los patrones preparados frente a sus respectivas concentraciones en mg Al^{3+}/L , se calculó la pendiente, el intercepto, el coeficiente de correlación, el coeficiente de determinación, varianza de la pendiente, varianza del término independiente y varianza de los residuales. Se aplicó un test de linealidad, test de homogeneidad de variancia, ANOVA, test de Durbin Watson y se realizó un gráfico de residuales.

2.3.2. Rango Lineal

Se determinó teniendo en cuenta las curvas de calibración, observando el intervalo de mayor linealidad.

2.3.3. Precisión

Se evaluó como repetibilidad y reproducibilidad a tres niveles de concentración cubriendo el intervalo lineal.

Repetibilidad: Se evaluó haciendo mediciones sobre 3 soluciones estándar a concentraciones de (0,060, 0,160, 0,260) mg Al^{3+}/L , a las cuales se les aplicó el procedimiento analítico bajo las mismas condiciones operativas (analista, equipo, reactivos y día).

Reproducibilidad: Se evaluó haciendo 9 determinaciones sobre tres niveles de concentración del analito (0,060, 0,160, 0,260) mg Al^{3+}/L en tres días diferentes y por dos analistas diferentes.

La repetibilidad y reproducibilidad se determinó como coeficientes de variación.

2.3.4. Exactitud

Este parámetro se evaluó como porcentaje de error para lo cual se realizan 9 determinaciones sobre tres niveles de concentración del analito (0,060,

0,160, 0,260) mgAl³+/L, tres por día cubriendo todo el intervalo de trabajo. El porcentaje de error fue calculado para cada ensayo y un porcentaje de error promedio para cada uno de los niveles de concentración. El porcentaje de recuperación (%R) se evaluó en las muestras con adiconados seleccionados según el intervalo de trabajo, los cuales fueron 0,060mgAl³+/L, 0,160mgAl³+/L y 0,260mgAl³+/L, se hicieron 6 determinaciones, tres por día, los resultados obtenidos se evaluaron mediante las ecuaciones 2 y 3.

$$\% \text{ error} = \frac{(\text{valor teórico} - \text{valor experimental})}{\text{valor teórico}} \times 100$$

(2)

(3)

2.3.5. Límite de Detección

Se prepararon 7 réplicas de blancos de reactivos,

se leyeron en el equipo y luego se determinó el promedio de las lecturas y la desviación estándar, y finalmente se calculó el Límite de detección del método mediante la ecuación 4.

2.3.6. Límite de Cuantificación

Para el cálculo del límite de cuantificación del método se leyeron 7 réplicas de blancos de reactivos, luego se determinó el promedio de las lecturas y la desviación estándar, y finalmente se calculó el Límite de cuantificación del método mediante la ecuación 5.

2.3.7. Incertidumbre

Para la determinación de éste parámetro se establecieron las fuentes de incertidumbre durante todo el proceso teniendo en cuenta un diagrama de causa- efecto y las respectivas sus fórmulas.

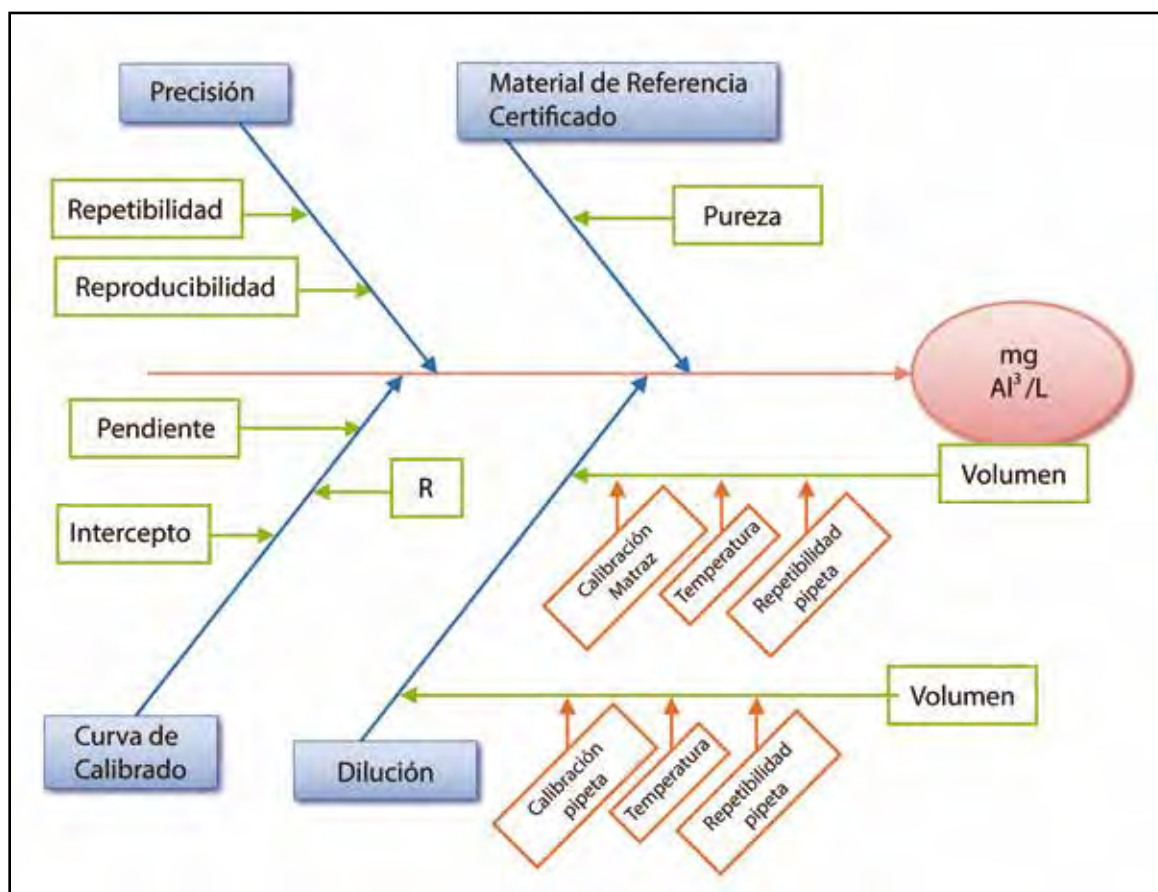


Figura 1.Diagrama de Causa-Efecto, fuentes de incertidumbre.

Fuente: Autores del proyecto

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Condiciones de trabajo

Tabla 1. Condiciones de trabajo del equipo para el análisis de aluminio

Compuesto	λ
Al ³⁺	535 nm

Fuente: Autores del proyecto

3.2. Evaluación de los parámetros de validación

El análisis estadístico, fue realizado en los softwares estadísticos STATGRAPHICS Plus versión 5.1, licencia universidad de Córdoba y Excel versión 2010, licencia que tiene el SENA.

3.2.1. Linealidad y rango lineal

El análisis de regresión lineal para los diferentes ensayos realizados arroja que el método cumple con los supuestos de aplicación, es decir que para cada ecuación de regresión la ordena en el origen es no significativa con respecto al p-valoré (intercepto < p-value), el coeficiente determinación (r^2) es del orden de 0.999, lo que indica que el 99.9% de la variación de la variable dependiente (absorbancia del analito) se explica por la variable independiente concentración (mgAl³⁺/L), el análisis de varianza deduce que existe una relación lineal entre la variable dependiente (absorbancia del analito) y la variable independiente concentración, puesto que F y la significación de 0.000 ($P < F$) son muy diferentes por lo tanto se acepta la hipótesis de que, en efecto existe una relación de dependencia significativa, igualdad de varianzas (homoscedasticidad) en los gráficos Residuales, los residuales no adoptan ningún patrón consistente, el estadístico Durbin Watson es menor que dos lo que significa que los errores están positivamente correlacionados, es decir que los ensayos a pesar de ser realizados en forma secuencial en el tiempo presentan muy buena correlación. Al conocer que una recta está definida por dos parámetros, pendiente y punto de corte con el eje de ordenadas, la comparación de las rectas de calibración aplicando el análisis estadístico encaminó a que se aceptan los

criterios de aceptación o pruebas estadísticas entre las cuales las rectas presentan la misma pendiente (hipótesis de paralelismo), igual punto de corte, es

decir que $F_{exp} > F_{tabla}$ y por último que las rectas coinciden ($P_{exp} > P_{tabla}$) entre los diferentes ensayos realizados por lo

tanto se asume que las rectas de calibración son estadísticamente iguales, además otro criterio de aceptación para la comparación de rectas se explica mediante la pendiente y el intercepto ya que en los diferentes ensayos se observa que estos parámetros tienden a 0 y 1 es decir dentro del intervalo de confianza del 95 % (estadísticamente iguales), prueba simple que sirve de apoyo para la comparación de curvas, por lo tanto cualquiera de las curvas realizadas según los ensayos secuenciales en tiempo se puede utilizar para las determinaciones. Sin embargo, se utilizó la Figura 2. Curva de calibrado de aluminio 1, debido a que se obtuvo el mejor coeficiente de determinación.

Los valores de absorbancia frente a las concentraciones de los estándares de calibración, se les realizó el procedimiento estadístico (ajuste a un modelo lineal) y los distintos parámetros obtenidos para este modelo se muestran a continuación junto a la ecuación hallada para este modelo.

La ecuación de la recta según el modelo es de la forma $Y = A + BX$, donde:

A: Intercepto y B: Pendiente de la ecuación de la recta conociendo la pendiente y el intercepto es la siguiente

$$y = 2,90243X - 0,00235482 \quad (6)$$

Donde la concentración según el modelo viene dado de la siguiente forma

$$X = \frac{Y - A}{B}$$

Los residuos atípicos nos indican todas las observaciones que tienen residuos Estudentizados mayores a 2, en valor absoluto. Los residuos Estudentizados miden cuántas desviaciones estándar se desvía cada valor observado de Absorbancia del modelo ajustado, utilizando todos los datos

excepto esa observación. En este caso, hay 2 residuos Estudentizados mayores que 2, pero ninguno mayor que 3, lo que indica que no hay valores aberrantes que debieran ser eliminados del modelo y tratados por separado.

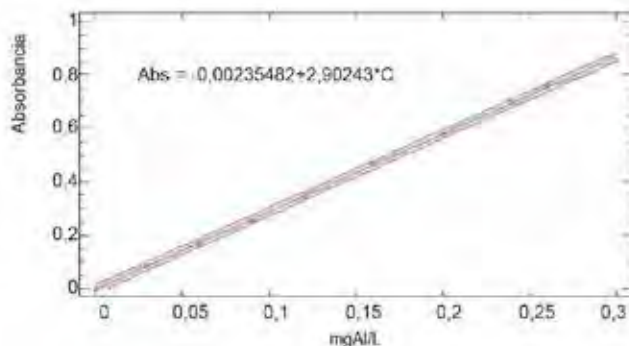


Figura 2. Gráfico del modelo ajustado curva de calibrado de aluminio 1. Fuente: Autores del proyecto

Tabla 2. Ecuación de la curva de calibrado de aluminio 1 y sus respectivas desviaciones.

	Mínimos Cuadrados	Estándar	Estadístico	
--	-------------------	----------	-------------	--

Tabla 3. Análisis de rechazo de datos

ENSAYO	LDM*	MUESTRAS	ESTANDAR			RECUPERACIÓN		
		AT	Eb	Em	Ea	ATRb	ATRm	ATRa
T rechazo	1,94	1,82	2,11	2,110	2,11	1,82	1,82	1,82
Valor mínimo	0,015	0,024	0,056	0,155	0,255	0,082	0,173	0,260
Valor máximo	0,016	0,025	0,058	0,160	0,260	0,084	0,175	0,262
T bajo	0,80	0,65	1,42	0,93	1,09	1,12	1,55	0,82
T alto	1,70	1,29	1,14	1,53	1,36	1,12	1,11	1,63
Nº total datos	7	6	9	9	9	6	6	6
Nº datos OK	7	6	9	9	9	6	6	6

*LDM: límite detección del método, AT: Agua Tratada, Eb: Estándar bajo, Em: Estándar medio, Ea: Estándar alto, ATRb: Agua Tratada adicionado Rango bajo, ATRm: Agua Tratada adicionado Rango medio, ATRa: Agua Tratada adicionado Rango alto.

Fuente: Autores del proyecto.

Parámetro	Estimado	Error	T	Valor-P
Intercepto	-0,00235482	0,00363738	-0,647395	0,5355
Pendiente	2,90243	0,0207326	139,994	0,0000

Fuente: Autores del proyecto

3.2.2. Rechazo de datos

La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos del análisis estadístico de rechazo de datos. Los datos obtenidos no generaron ningún dato anómalo, por lo cual no fue necesario rechazo. Este criterio fue aplicado para verificar que en esta serie de datos, alguno o algunos de los valores no difirieran del resto de forma inexplicable para ello se aplicó el contraste de Grubbs. Se aceptó la hipótesis nula (Hipótesis nula H0: todas las medidas proceden de la misma población) al presentarse que el contraste de Grubbs (T) calculado para bajo y T alto en todos los ensayos son menores al T de rechazo con nivel de confianza del 95 %.

Como los resultados no presentan datos anómalos se calcularon las variables estadísticas necesarias establecidas para la validación del método.

3.2.3. Precisión

Tabla 4. Repetibilidad y Reproducibilidad

mgAl ³⁺ /L	Día 1	Día 2	Día 3	Reproducibilidad
0,060	0,056	0,058	0,057	%CV(0,060mgAl ³⁺ /L)
0,060	0,057	0,057	0,058	
0,060	0,058	0,056	0,057	
%CV	1,75	1,75	1,01	1,37
0,160	0,155	0,158	0,155	%CV(0,160mgAl ³⁺ /L)
0,160	0,155	0,160	0,157	
0,160	0,156	0,156	0,155	
% CV	0,37	1,27	0,74	1,11
0,260	0,260	0,259	0,258	%CV(0,260mgAl ³⁺ /L)
0,260	0,256	0,260	0,255	
0,260	0,256	0,256	0,255	
%CV	0,90	0,81	0,68	0,80

Fuente: Autores del proyecto

Los valores obtenidos del coeficiente de variación CV son menores a los valores máximos aceptados por la AOAC en función de la concentración del analito y menor al 10% establecido por el IDEAM. Por lo tanto vemos que se cumple con las especificaciones establecidas.

3.2.4. Exactitud

La exactitud fue evaluada como porcentaje de error aplicado a diferentes niveles concentración de estándares y porcentaje de recuperación en función del dopaje de muestras.

• Porcentaje de Error (%E)

Tabla 5. %E y %CV para estándares de 0,060, 0,160 y 0,260 mgAl³⁺/L

mgAl ³⁺ /L	% E	% CV
0,060	4,81	1,37
0,160	2,29	1,11
0,260	1,07	0,80
	2,72	1,09

Fuente: Autores del proyecto

Los porcentajes de error y el CV son menores del 10% valor aceptado por el IDEAM.

• Porcentaje de Recuperación

Los resultados en base al porcentaje de recuperación se encuentran dentro del intervalo de aceptación de AOAC entre el 80- 110 % lo cual indica que el método no presenta pérdidas de analito (<80 %) o interferencia de matriz (>110 %). Para determinar si el factor concentración tiene alguna influencia en los resultados de aplicación para las diferentes niveles evaluados (ver anexo C resultados de porcentajes de recuperación en muestras dopadas).

Tabla 6. %R aplicado a muestras de agua tratada (AT)

Dopaje (mgAl ³⁺ /L)	AT
	%R
0,060	97,8
0,160	93,6
0,260	90,9
	94,1

Fuente: Autores del proyecto

3.2.5. Límite de detección

Para la determinación del límite de detección se analizaron siete (7) réplicas de blancos de reactivos, se calculó la desviación estándar de las siete réplicas, se calculó el valor promedio de todas las lecturas y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 7. Límite de Detección del método

Ensayos	mg/L
1	0,015
2	0,015
3	0,016
4	0,015
5	0,016
6	0,016
7	0,015
	0,015
S	0,00053

Fuente: Autores del proyecto

Aplicando la ecuación 4 para LDM, el límite de detección encontrado fue:

$$0,060 \pm 0,009$$

$$\text{LDM} = 0,017 \text{ mgAl}^{3+}/\text{L}$$

$$0,160 \pm 0,05$$

3.2.6. Límite de cuantificación

$$0,260 \pm 0,07$$

Para la determinación del límite de cuantificación se procedió análogamente como se hizo con el límite de detección, pero el cálculo se realizó con la ecuación 5 para LCM:

$$\text{LCM} = 0,021 \text{ mgAl}^{3+}/\text{L}$$

3.2.7. Incertidumbre

Se realizaron los cálculos de la incertidumbre del método espectrofotométrico de análisis de aluminio residual por la técnica Eriocromo Cianina R, para las soluciones estándar de 0,060, 0,160 y 0,260 mgAl³⁺/L preparadas en el laboratorio, se tuvieron en cuenta a nivel general las siguientes variables:

- Incertidumbre debida a la preparación de estándares
- Incertidumbre debida al aforo
- Incertidumbre debida a la repetibilidad
- Incertidumbre debida a la reproducibilidad

De las anteriores el factor que aporta mayor grado de incertidumbre a los resultados es reproducibilidad entre días y analistas, asociados al análisis de estándares y muestras. Relacionado posiblemente a condiciones ambientales como temperatura y porcentaje de humedad, indicando que existen distribuciones de tipo normal en que los datos varían aleatoriamente con este tipo de probabilidad.

Para el cálculo de la incertidumbre se utilizó el programa de Excel. (ANEXO D). Con las variables analizadas se obtuvo la incertidumbre para cada una de las soluciones estándar que cubren el rango de concentraciones que se trabajan en el laboratorio.

La expresión de los resultados queda de la siguiente manera:

Para reporte de incertidumbre en análisis de muestras, concentraciones entre el límite de detección del método (0,017mg/L) y 0,060 mg/L se aplica incertidumbre de $\pm 0,009$. En concentraciones en el rango de 0,060 a 0,160 mg/L se utiliza incertidumbre de $\pm 0,030$ (promedio de incertidumbres 0,009 y 0,05). Concentraciones en el rango de 0,160 a 0,260 mg/L la incertidumbre se reportara como $\pm 0,06$ (promedio de incertidumbres 0,05 y 0,07). Concentraciones mayores de 0,260 mg/L se aplicaría incertidumbre de $\pm 0,07$.

4. CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos se pudo comprobar la linealidad del método para el análisis de aluminio residual en agua potable y se estableció como intervalo de trabajo de (0,03 - 0,3) mg Al³⁺/L, asimismo, se determinó que el límite de detección del método fue de 0,017 mg Al³⁺/L, la precisión del método fue evaluada como repetibilidad y reproducibilidad, expresado como coeficiente de variación presentando valores que se encuentran dentro de los aceptados por la AOAC en función de la concentración del analito y de los permitidos por el IDEAM el cual establece que debe ser menor <10 %, además, la exactitud del método, expresada como porcentaje de error fue <10% en la determinación de aluminio residual por la técnica Eriocromo Cianina R, valor que se encuentra dentro de los límites permitidos por el IDEAM. En cuanto a la recuperación del método encontramos valores entre 90,9 y 97,8 %, los cuales son aceptados por la AOAC para el factor de recuperación en función de la concentración del analito. Por último teniendo en cuenta que este trabajo se hizo en el laboratorio de Calidad de Aguas de la empresa Proactiva, se puede decir que este cumple los requerimientos de calidad analítica al aplicar el método espectrofotométrico para la determinación de aluminio residual, alcanzando así uno de los requisitos exigidos por la NTC/ISO/IEC/17025:2005

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. A.E.F.I. Validación de métodos analíticos [Libro]. - Catalaño : -, 2001. - Vols. -.
2. Association American Public Health, Association American Water Works y Federation Water Environment Standard Methods: for the examination of water and wastewater [Libro]. - United States of America : JOINT EDITORIAL BOARD, 2012.
3. Asuero A., González A. y Sayago A. La problemática del ajuste en al etapa de la calibración [Publicación periódica]. - Sevilla : TUMBAGA, 2006. - 1 : Vol. 1.
4. Augusto F., DE Andrade J. y Custodio R. Rango Lineal de Una Curva de Calibración [Publicación periódica]. - Sao Paulo : [s.n.], 2000.
5. Cenam Guia Técnica Sobre Trazabilidad e Incertidumbre en Mediciones Analíticas [Informe]. - Mexico : EMA, 2009.
6. González M. y Hernández C. Determinación de aluminio en el agua potable de Valencia y localidades cercanos [Informe]. - Venezuela : Universidad de Carabobo, 1991.
7. Instituto de Salud Pública Validación de métodos y determinación de la incertidumbre de la medición: "Aspectos generales sobre la validación de métodos" [Informe]. - Santiago : -, 2010.
8. Lesme L. Incertidumbre en Mediciones Químicas. Subdirección de Ensayos y Servicios Tecnológicos [Libro]. - Bogotá : Ingeominas, 2010. - Vol. 1.
9. Llamosa R., Arbelaez M. y Contreras L. Estudio de la repetibilidad y reproducibilidad utilizando el método de promedios y rangos para el aseguramiento de la calidad de los resultados de calibración de acuerdo con la norma técnica NTC-ISO/IEC 17025 [Publicación periódica]. - Pereira : Scientia Et Technica, 2007. - 35 : Vol. XIII.
10. Maroto A. Incertidumbre en Métodos Analíticos de Rutina [Informe]. - España : Tarragona, 2012.
11. Martinez R. y Schmid W. Guia para Estimar la Incertidumbre de la Medición [Informe]. - Mexico : EL MÁRQUEZ, 2009.
12. Miller J. y Miller J. Estadística y Quimiometría para Química Analítica [Libro]. - Madrid : Pearson Educación S.A, 2002. - Vol. 1.
13. Miranda J. Evaluación de la Incertidumbre de Datos Experimentales [Informe]. - México : UNAM, 2009.
14. NTC/ISO/IEC 17025:2005 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración [Informe]. - Bogotá : 2005.
15. Proactiva Laboratio de Calidad de Aguas Procedimiento para Control Interno de Calidad [Informe]. - Montería : ., 2015.
16. Romero J. Acuiquímica [Libro]. - Bogotá : PRESENCIA, 1996. - Vol. 1.
17. Sierra I., Pérez D. y Gómez S. Análisis Instrumental [Libro]. - España : NetbibloSL, 2010. -Vols. -.
18. Suay L. y Ballester F. Revisión de los Estudios Sobre Exposición de Aluminio y Enfermedad de Alzheimer [Publicación periódica]. - Madrid : [s.n.], 2002. - 2 : Vol. 76.
19. Unicef UNICEF Colombia [En línea]. - 9 de Marzo de 2014. - 9 de Marzo de 2015. - <http://www.unicef.org.co/pdf/Agua3.pdf>.

EVALUACIÓN PRODUCTIVIDAD DEL ENSILAJE DE MAÍZ (Zea mays) PARA LA ALIMENTACIÓN BOVINA EMPLEANDO AGRICULTURA DE PRECISIÓN

EVALUATION OF MAIZE SILAGE PRODUCTIVITY (ZEA MAYS) FOR BOVINE FEED USING PRECISION AGRICULTURE

Octavio Clavijo Cabrera¹
Rafael Morantes Daza²

Recibido: 26-09-2016 Aceptado: 21-12-2016

Resumen

En el sector ganadero, las condiciones actuales de producción de forraje verde mediante ensilado de maíz (Zea mays) no es rentable, debido a los altos costos de producción y a la baja productividad establecida mediante el manejo tradicional del cultivo de maíz. El presente estudio tiene por objeto evaluar la producción por área de maíz, sin incrementar los costos, aplicando principios de Agricultura específica por sitio, mediante un manejo agronómico específico por sitio de producción y evitar consecuencias como bajos ingresos al productor y deterioro de las condiciones agroambientales de los lotes.

El estudio realizado con aprendices del Tecnólogo en Producción Agropecuaria Ecológica, consistió en determinar el contenido de nutrientes en el suelo utilizando un muestreo segmentado estadísticamente para fertilizar cada fracción de acuerdo con los requerimientos del cultivo; aplicando los nutrientes de forma racional en cada sector del lote, grado y dosis necesario para una alta producción de forraje, es decir, que la productividad se incrementa al utilizar la agricultura de precisión en la producción de maíz, con fines de ensilaje

Palabras claves: Alimentación Bovina, Agricultura de Precisión, Cosecha, Ensilajes de Maíz,

Abstract

In the livestock sector, the current conditions for the production of green fodder by means of maize silage (Zea mays) are not enough profitable due to the high production costs and the low productivity established through the traditional management of the maize crop. The objective of this study is to evaluate the production per maize area, without increasing costs,

1. Colombiano, Médico veterinario, Instructor Servicio Nacional de aprendizaje (SENA) Grupo de Investigación Nova. La Plata, Huila. oclavijo@sena.edu.co, Tel: 56 – 3122104086

2. Colombiano, Ingeniero Agrónomo; Especialista Tecnológico en Agricultura Específica Por Sitio, Gestor Unidad de Emprendimiento (SENA), Grupo de Investigación Nova, La Plata, Huila. rafamorantes@misena.edu.co Tel: 56 – 83166839999

applying specific principles of Site-specific Farming, through a specific agronomic management per production site and thus avoid consequences such as low income to the producer and deterioration of agrienviromental conditions of the lots.

The study was carried out with apprentices of the Technologist in Ecological Agricultural Production. The study consisted in determining the content of nutrients in the soil using a statistically segmented sampling to fertilize each fraction according to the requirements of the crop; by applying the nutrients rationally in each sector of the lot, in a the necessary grade and dose for a high forage production.

Keywords: Agriculture, Bovine Food, Harvesting, Silage, Corn, Precision

Introducción

El mayor inconveniente en la producción de Silo de Maíz es el elevado costo de producción en la etapa de obtención del cultivo cuando como se realiza de forma convencional en la actualidad (Rodríguez, 2008); excluyendo actividades como el suministro adecuado y oportuno de fertilizantes al cultivo mediante un análisis previo de suelos. Tradicionalmente el muestreo de suelos se ha realizado aplicando el concepto matemático del promedio (Espinosa, 2012), concepto que en la práctica trae como CONSECUENCIA UNA ALTA HETEROGENEIDAD DE RESPUESTA DE LA MASA VEGETAL AL MANEJO NUTRICIONAL DEL CULTIVO. EL OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN ES MANEJAR EN FORMA ESPECÍFICA POR SITIO LA ADICIÓN DE NUTRIENTES AL CULTIVO CON LA UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS CLAVES DENTRO DEL SISTEMA COMO LO SON EL GPS PARA EL GEO-POSICIONAMIENTO, (García, Flego, 2008). TENIENDO UNA RESPUESTA HOMOGÉNEA DEL CULTIVAR. Como consecuencia de lo anterior se presenta una alta producción de biomasa por área sembrada (Segura, 2010), lo que ocasiona que se alcance el punto de equilibrio económico que lo haga rentable para el productor y su familia.

El estudio se realizó en La Granja del SENA, finca la Victoria, vereda la Azufrada, a 75°52'03,3", a 1.173 ms.n.m., con una temperatura promedio de 22 °C y una precipitación promedio anual de 1.057mm. El lote donde se realizó la investigación, ha sido utilizado

para la producción de maíz con fines de ensilaje en forma tradicional, con la metodología empleada se logró alcanzar una mayor producción por área, con los mismo costos empleados anteriormente, aumentando los ingresos económicos. En el área de estudio se realizaron siembras tradicionales que al aplicar la agricultura de precisión se obtuvo el 21.35% más de producción.

1. Materiales y métodos

En la realización del estudio, se utilizaron materiales empleados en la zona y de fácil adquisición por los productores de la región, para que quienes deseen replicar el trabajo lo puedan hacer sin mayor dificultad.

1.1. Materiales

Semilla de maíz ICA-V-305, bolsas plásticas de un kilogramo nuevas, Penetrómetro para medición de compactación del suelo, análisis de suelos parcial (Carrillo P, 1995), balanza con capacidad de 25 kilos, bolsa plástica de polietileno negro con capacidad de 40 kilos, banda elástica para amarre, GPS-garmin, equipo de cómputo.

1.2. Variable evaluadas

Las variables evaluadas en la investigación fueron: compactación del suelo, en Newton/cm², para estimar la dificultad de crecimiento de las raíces del cultivo de maíz; Color-textura al tacto, propiedad física del suelo que permite rápidamente observar cambios en el tipo de suelos; Análisis de suelos parcial para determinar las cantidades de los nutrientes mayores y secundarios presentes en el suelo para realizar la fertilización de acuerdo al requerimiento del cultivo (Espinosa, 2006) y Producción de forraje verde (Kg) para medir la respuesta del cultivo de acuerdo al suelo y fertilización.

1.3. Metodología

Inicialmente se realizó la medición del lote mediante un GPS-Garmin, para determinar el área, que correspondió a 1.420 m². Luego se procedió a calcular el tamaño de grilla, empleando el concepto estadístico de tamaño de muestra, con un Nivel de Confianza del 90%, proporción del 50% y precisión

del 10,0%, para un tamaño de muestra de 64,62 m² y una distancia de grilla de 8,04 metros.(Sánchez, Ligarreto, Leiva, 2012)

1.3.1.Compactación del suelo, en Newton/cm2.



Figura 1. Medición de la resistencia del suelo a ser roturado

La evaluación de la compactación del suelo se realizó en cada uno de los puntos de muestreos determinados en la grilla, mediante un Penetrómetro, el cual mide la resistencia del suelo a ser roturado en Newton/cm².

Para la preparación del suelo se realizó una arada con cincel rígido a una profundidad de 20 cm y luego se hicieron dos pases de rastrillo, cruzados, con intervalo de 15 días.

En el mismo punto donde se determinó la resistencia del suelo a ser roturado, se procedió a tomar las muestras de suelo, utilizando un barreno Holandés. (Carrillo ,Suárez, Sanz ,1995).



Figura 2. Toma de muestras de suelos

1.3.2. Color-textura al tacto.

Cada una de las muestras de suelo se empacó en bolsas nuevas de forma independiente para luego construir una “maqueta de suelos” y congregar mediante la propiedad física del color. Se realizó la agrupación de muestras idénticas, asignando las letras A, B y C para identificar los sublotes.

1.3.3. Análisis de suelos parcial

Las muestras de suelo A, B y C se enviaron al laboratorio de suelos para determinar los principales contenidos de: Acidez (pH), Nitrógeno total (N), Fósforo (P₂O₅), Potasio (K₂O), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Producción (Kg).

1.3.4. Fertilización y Siembra

Inicialmente se trazaron los surcos cada 60 cm, para colocar al fondo el fertilizante de la pre siembra, se tapó con suelo y se sembraron dos granos de maíz cada 20 cm, las siguientes fertilizaciones se realizaron espaciadas cada 15 días, colocando el fertilizante en banda a 10 cm del sur.(Torres, 2012).

De acuerdo con los análisis de suelo, se realizaron las siguientes aplicaciones de fertilización:

Tabla 1. Fertilización lote “A”

LOTE A	DAP (Kg*)	KCl (Kg*)	ÚREA (Kg*)	TOTAL	Grs/m
1 abonada	20	5	0	25	18
2 abonada	0	7	8	15	11
3 abonada	0	7	12	19	14
TOTAL (Kg*)	20	19	20	59	

* Producto comercial

Tabla 2. Fertilización empleada en lote "B"

LOTE B	DAP (Kg*)	KCl (Kg*)	ÚREA (Kg*)	TOTAL	Grs/m
1 abonada	20	5	0	25	89
2 abonada	0	6	7	13	46
3 abonada	0	6	10	16	57
TOTAL (Kg*)	20	17	17	54	

* Producto comercial

Tabla 3. Fertilización empleada en lote "C"

LOTE C	DAP (Kg*)	KCl (Kg*)	ÚREA (Kg*)	TOTAL	Grs/m
1 abonada	19	4	0	23	33
2 abonada	0	4	9	13	19
3 abonada	0	4	14	18	26
TOTAL (Kg*)	19	12	23	54	

* Producto comercial

Durante el periodo de desarrollo vegetativo, al cultivo se le realizaron prácticas de control cultural y físico, tanto para arvenses como para plagas.

1.5 . Cosecha

El lote fue cosechado a los 100 días de la siembra; realizando esta labor a ras de tierra, empleando como herramienta un machete y recolectando la totalidad de la planta (tallo, hojas, mazorcas e inflorescencia). El grano de maíz presentaba un estado pastoso-lechoso.

1.6. Ensilado

El material recolectado en campo se transportó al área de corte. Para esta labor, se utilizó una maquina pica pasto, obteniendo un material de 3-4 centímetros de longitud. El material picado se empacó en bolsa plástica negra, calibre 6, mediante el uso de máquina Silopack, con un peso promedio de 40 kilogramos por bolsa, selladas mediante amarre a mano con fibra de polipropileno.

La variable ambiental de pluviometría, durante el estudio, fue de 783 mm.

2. Resultados

Para la evaluación de los datos obtenidos en las diferentes variables estudiadas, se construyeron

tablas de frecuencia, análisis de regresión y varianza.

2.2. Resultados de la compactación del suelo

Se define la compactación del suelo como a la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de tierra debido a fuerzas externas que actúan sobre él. Esta se puede medir como la cantidad de fuerza que se debe realizar sobre un área y se expresa en Newton/centímetro cuadrado (Nwt/cm²)

La mayor resistencia del suelo se presentó en el 8% del área del lote con un rango de 837 a 903 Newton/cm², siendo la resistencia menor de 100 Newton/cm², que correspondió a un 12% del área; el 80% restante está comprendido entre 100 a 837 Newton/cm².

De acuerdo con los anteriores resultados, se decidió utilizar el arado de cincel en la preparación del suelo.



Figura 3. Mapa de compactación de suelos, en Newton/cm²,. Granja La Victoria. La Plata Huila -2015

2.3. Resultados Variabilidad del suelo, por color-textura al tacto

De acuerdo con la grilla de muestreo construida (Rodríguez), se tomaron muestras de suelo debidamente rotuladas para luego montar una “maqueta de suelos” y realizar la segmentación de las muestras mediante la propiedad física del color, identificando claramente tres (3) tipos de color, a los cuales se les asignaron las letras A, B y C para enviar al laboratorio de suelos.

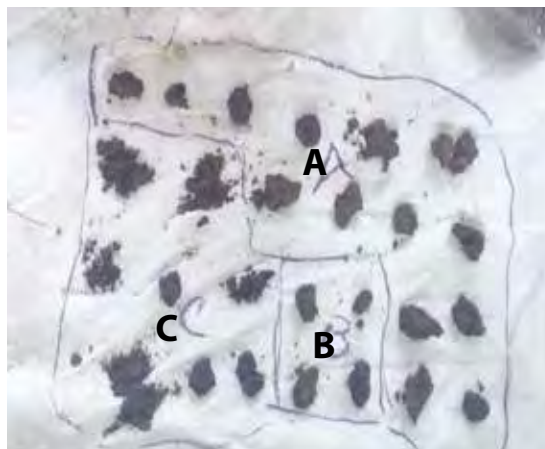


Figura 4. Maqueta de Suelos – Segmentación.

2.4. Resultados Análisis de suelos

Tabla 4. Resultados de Laboratorio del Análisis físico-químico de Suelos

Muestra	pH	M.O %	Aluminio (Al ₃ ⁺)	Amonio (NH ₃ -N)	Nitratos (NO ₃ -N)	Nitritos (NO ₂ -N)	Nitrógeno total	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)	Calcio (Ca ²⁺)
A	5,2	2,6	150	10	15	1	26	7,5	40	2800
B	5,0	4,6	0	40	5	1	46	7,5	55	1400
C	5,0	1,6	300	5	10	1	16	10	80	2800

Muestra	Magnesio (Mg ²⁺)	Densidad Aparente	% satur de humedad	C.E	% Arena	% Limo	% Arcilla	Textura
A	5	1	48	100	55,23	26,01	18,76	FAr
B	5	1	50	100	51,09	28,75	20,16	FAr
C	5	1	50	100	47,23	34,01	18,76	FAr

Acidez (pH): la acidez del suelo, medida como Potencial de Hidrógeno (pH) estuvo comprendida entre 5,0 a 5,2, que se interpreta estadísticamente como sin diferencias.

Nitrógeno Total-N (ppm): al revisar los contenidos de Nitrógeno total (ppm), se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los sublotes que conforman el lote de producción de maíz para ensilaje, con valores de 16 ppm a 46 ppm, lo que implica la adición diferenciada de fertilizantes nitrogenados.

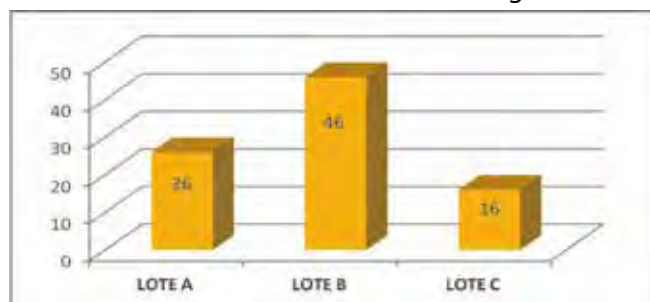


Figura 5. Contenido de nitrógeno total (ppm). Granja La Victoria. La Plata -2015

Fósforo (P₂O₅): los resultados encontrados en cuanto a los contenidos de fósforo, estuvieron entre 7,5 a 10,0 ppm, que correspondió a contenidos bajos. El 67% del área presenta contenidos de 7,5 ppm, mientras el restante 33% correspondió a 10,0 ppm, presentándose diferencias estadísticamente altamente significativas, es decir la adición de fertilizantes fosfatados debe hacerse en forma localizada, variando las dosis, de acuerdo a los contenidos encontrados en el suelo.



Figura 6. Contenido de Fósforo (P₂O₅) en ppm. Granja La Victoria. La Plata -2015

Potasio (K₂O): La evaluación del contenido de Potasio se enmarcaron entre 40 y 80 ppm. que correspondería a contenidos bajos. El 67% del área presenta contenidos inferiores a 57,2 ppm, mientras el restante 33% correspondió a 80,0 ppm, presentándose diferencias estadísticamente altamente significativas; es decir, la adición de fertilizantes potásicos debe hacerse en forma localizada, variando las dosis, de acuerdo a los contenidos encontrados en el suelo.

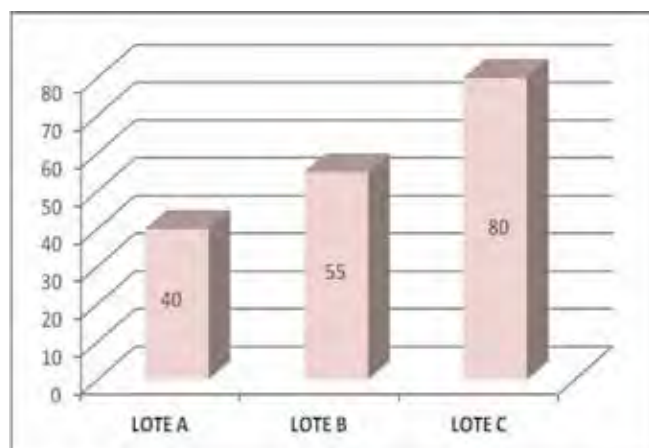


Figura 7. Contenido de Potasio (K₂O) en ppm. Granja La Victoria. La Plata -2015

Calcio (Ca⁺⁺): los contenidos de calcio encontrados en las muestras, estuvieron entre 1.400 a 2.800 ppm, que corresponde a contenidos altos en el suelo. El 33% del área presenta contenidos de 1.400 ppm, mientras que el 67% correspondió a 2.800 ppm, presentándose diferencias estadísticamente altamente significativas entre los sublotes.

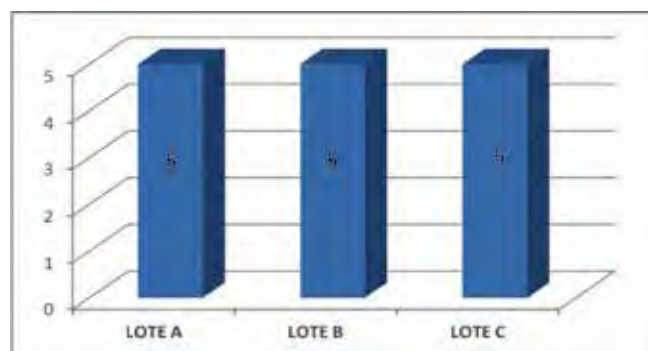


Figura 8. Contenido de Calcio (CaO) en ppm. Granja La Victoria. La Plata -2015

Magnesio (Mg⁺⁺): En cuanto al contenido de magnesio, no se presentan diferencias estadísticas, mostrando un único valor de 5 ppm en todas las muestras, siendo este resultado bajo en el contenido del suelo. La adición de este nutriente está supeditando al equilibrio entre las bases intercambiables.

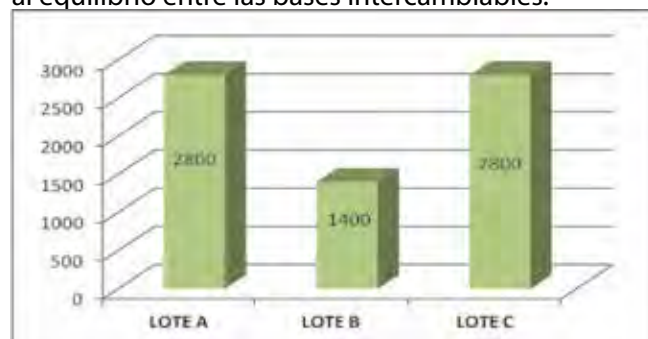


Figura 9. Contenido de Magnesio (MgO) en ppm. Granja La Victoria. La Plata -2015

Relación entre bases intercambiables: En cuanto al balance de los cationes de Ca, Mg y K, se presentó un desbalance entre ellos, donde se presenta un exceso de calcio y un déficit de magnesio y potasio

respectivamente.

Tabla 5. Tabla comparativa de las relaciones de los cationes Ca, Mg y K.

Muestra	Ca + Mg/ k		Ca/Mg		Ca/K		Mg/K	
	Encontrado	Ideal	Encontrado	Ideal	Encontrado	Ideal	Encontrado	Ideal
LOTE A	70,13	8,00	560,00	3,00	70,00	6,00	0,13	2,00
LOTE B	25,55	8,00	280,00	3,00	25,45	6,00	0,09	2,00
LOTE C	35,06	8,00	560,00	3,00	35,00	6,00	0,06	2,00

2.5. Producción de maíz para ensilaje

Para esta variable, se definió evaluar la productividad a los 100 días de la siembra, presentándose diferencias estadísticas altamente significativas entre los lotes "B"- "C" y el lote "A"; el sub lote "A" presentó la mayor productividad, con 4,83 kilogramos de maíz (planta completa) por metro cuadrado, mientras que el sub lote "B" registró la menor productividad con 3,00 kilogramos de maíz (planta completa) por metro cuadrado, La producción total del lote fue de 5.807 kilogramos de forraje verde, para un indicador de 40,8 toneladas/hectárea.

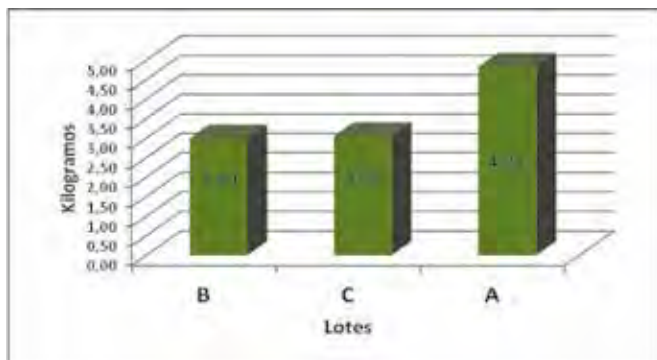


Figura 9. Producción en kg/m². Granja La Victoria. La Plata -2015

2.6. Interacciones entre la producción de forraje verde y el suelo

Para determinar el grado de interacción entre la producción de forraje verde para ensilaje y el suelo, se realizaron comparaciones mediante análisis de regresión.

2.6.1. Producción de Forraje Verde vs. Acidez del suelo (pH).

Al efectuar el análisis de regresión para el PH vs Producción de maíz por metro cuadrado se obtuvo un Coeficiente de correlación múltiple de 0,9996 lo que nos indica, una alta correlación de la producción de maíz en función del PH del Suelo. El análisis de varianza para estas dos variables, arrojo un valor de $F=43.020$ frente al F tabulado de 0,096; lo anterior nos indican que existe una diferencia estadística significativa de la

producción de maíz en función del pH del suelo. La curva de regresión ajustada dio como resultado $R^2 = 0,9994$, con una ecuación lineal: $Y=9,0428x-42,19$; donde y = Producción de Maíz y X = pH.

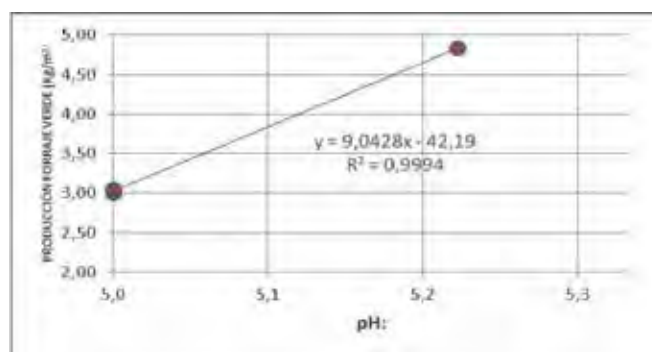


Figura 9. Curva de regresión ajustada para el pH vs Producción de Forraje Verde de Maíz

2.6.2. Producción de Forraje Verde vs. Nitrógeno Total

Al efectuar el análisis de regresión para el Nitrógeno vs Producción de maíz por metro cuadrado se obtuvo un Coeficiente de correlación múltiple de 0,8767 lo que nos indica, una alta correlación de la producción de maíz en función del Nitrógeno total del Suelo. El análisis de varianza para estas dos variables, arrojo un valor de $F= 6,6437$ frente al F tabulado de 0,2356; lo anterior nos indica que existe una diferencia estadística significativa de la producción de maíz en función del Nitrógeno total del suelo. La curva de regresión ajustada dio como resultado $R^2 = 1,0000$, con una ecuación lineal: $y = -0,009x^2 + 0,5562x - 3,5457$; donde y = Producción de Maíz y X = N total. Se encontró que después de 30 ppm de Nitrógeno total la producción de maíz decreció notoriamente, posiblemente debido al desbalance nutricional del suelo.

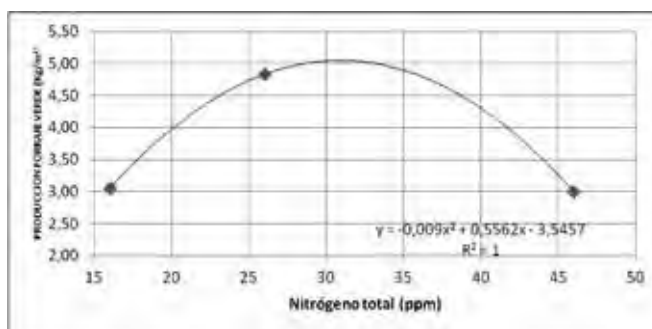


Figura 10. Curva de regresión ajustada para el N total vs Producción de Forraje Verde de Maíz

2.6.3. Producción de Forraje Verde vs. Fósforo (P2O5)

Al efectuar el análisis de regresión para el Fósforo vs Producción de maíz por metro cuadrado se obtuvo un Coeficiente de correlación múltiple de 0,9485 lo que nos indica una alta correlación de la producción de maíz en función del Fósforo del Suelo. El análisis de varianza para estas dos variables, arrojó un valor de $F = 17,9411$ frente al F tabulado de 0,1475; lo anterior nos indican que existe una diferencia estadística significativa de la producción de maíz en función del Fósforo del suelo. La curva de regresión ajustada dio como resultado $R^2 = 0,2287$, con una ecuación lineal: $y = -0,346x + 6,5102$; donde $y =$ Producción de Maíz y $X = P2O5$. Al determinar el coeficiente de correlación, este fue de -0,47817, lo que indica una correlación inversa de tipo medio.

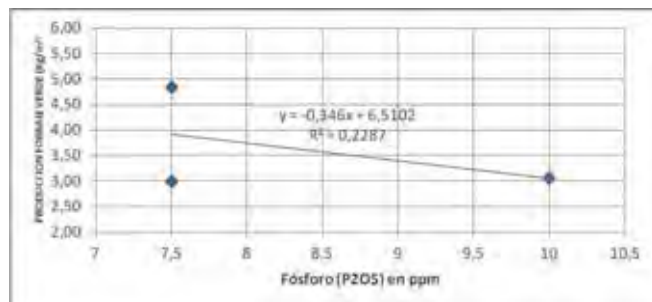


Figura 11. Curva de regresión ajustada para el Fósforo vs Producción de Forraje Verde de Maíz

2.6.4. Producción de Forraje Verde vs. Potasio (K2O)

Al efectuar el análisis de regresión para el Potasio vs Producción de maíz por metro cuadrado se obtuvo un Coeficiente de correlación múltiple de 0,8887 lo que indica, una alta correlación de la producción de maíz en función del Potasio del Suelo. El análisis de varianza para estas dos variables, arrojó un valor de $F = 7,5163$ frente al F tabulado de 0,2226; lo anterior nos indican que existe una diferencia estadística significativa de la producción de maíz en función del Fósforo del suelo. La curva de regresión ajustada dio como resultado $R^2 = 1,000$, con una ecuación lineal: $y = 0,0031x^2 - 0,4178x + 16,567$; donde $y =$ Producción de Maíz y $X = K2O$. Al determinar el coeficiente de correlación, este fue de -0,7699, lo que indica una correlación inversa de tipo alto.

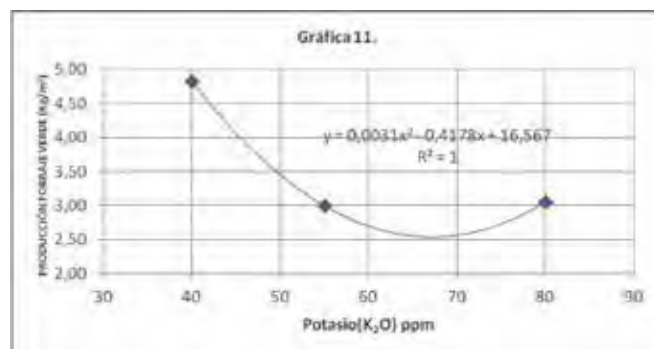


Figura 12. Curva de regresión ajustada para el Potasio vs Producción de Forraje Verde de Maíz

2.6.5. Producción de Forraje Verde vs. Calcio (Ca++)

Al efectuar el análisis de regresión para el Calcio vs Producción de maíz por metro cuadrado se obtuvo un Coeficiente de correlación múltiple de 0,9691 lo que nos indica, una alta correlación de la producción de maíz en función del Calcio del Suelo. El análisis de varianza para estas dos variables, arrojó un valor de $F = 30,9656$ frente al F tabulado de 0,1131; lo anterior indican que existe una diferencia estadística significativa de la producción de maíz en función del Calcio del suelo. La curva de regresión ajustada dio como resultado $R^2 = 0,272$, con una ecuación lineal: $y = 0,0007x + 2,0541$; donde $y =$ Producción de Maíz y $X = Ca^{++}$. Al determinar el coeficiente de correlación, este fue de 0,5215, lo que indica una correlación directa de tipo medio.

2.6.6. Producción de Forraje Verde vs. Magnesio (Mg++)

Al efectuar el análisis de regresión para el Magnesio vs Producción de maíz por metro cuadrado se obtuvo un Coeficiente de correlación múltiple de 0,9734 lo que indica una alta correlación de la producción de maíz en función del Magnesio del Suelo. El análisis de varianza para estas dos variables, arrojó un valor de $F = 36,1662$ frente al F tabulado de 0,1048. Lo anterior indica que existe una diferencia estadística significativa de la producción de maíz en función del Magnesio del suelo. Se destaca que el contenido de Magnesio en el suelo fue el mismo para todos los sublotos.

2.6.7. Producción de Forraje Verde vs. Compactación del suelo (Nwt/cm²)

Al efectuar el análisis de regresión para la Compactación del suelo vs Producción de maíz por metro cuadrado se obtuvo un Coeficiente de correlación múltiple de 0,9329 lo que indica, una alta correlación de la producción de maíz en función de la Compactación del Suelo. El análisis de varianza para estas dos variables, arrojo un valor de $F = 13,4421$ frente al F tabulado de 0,1695; lo anterior nos indican que existe una diferencia estadística significativa de la producción de maíz en función de la Compactación del suelo. Al determinar el coeficiente de correlación, este fue de -0,9268, lo que indica una correlación inversa de tipo alto.

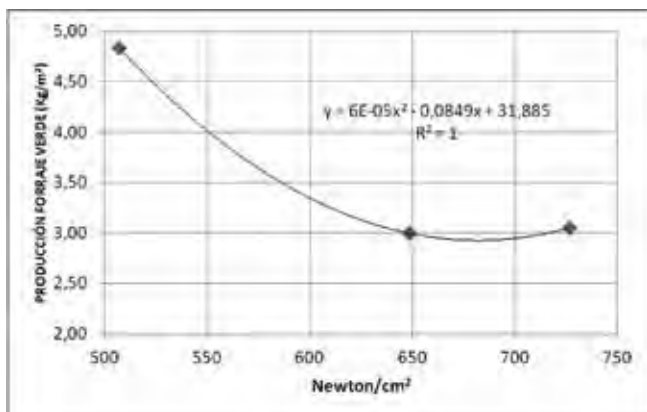


Figura 13. Curva de regresión ajustada para Resistencia del Suelo vs Producción de Forraje Verde de Maíz

Conclusiones

En el suelo del lote se encontraron diferencias significativas en lo físico; no se puede homogenizar las muestras de suelos, pretendiendo emplear el concepto de promedio, ya que son suelos inexistentes, lo cual se comprueba con los resultados de los análisis de suelos realizados. Se debe enviar a laboratorio las muestras que sean necesarias, de acuerdo a la precisión que se quiera tener en los resultados.

La productividad se incrementa en un 20% al utilizar la agricultura de precisión en la producción de maíz, con fines de ensilaje y se puede utilizar por un productor promedio de la región.

El mayor costo de los planes de fertilización no es un factor que influya negativamente en la productividad del ensilaje de maíz, por el contrario mejora la producción por unidad de área.

Bibliografía

1. Adolfo, G., & Moreno, L. (2012). Variabilidad del Crecimiento y Rendimiento del Cultivo de Maíz para Choclo (*Zea mays* L.) como Respuesta a Diferencias en las Propiedades Químicas del Suelo en la Sabana de Bogotá, Colombia, 65(26), 6579–6583.
2. García, E., Flego, Fernando. (2008). Agricultura de precisión. Revista Ciencia y Tecnología. Recuperado de http://www.palermo.edu/ingenieria/Ciencia_y_tecnologia/ciencia_y_tecno_8.html
3. Sánchez Torres, Jaiver Danilo; Ligarreto Moreno, Gustavo Adolfo; Leiva Barón, Fabio Rodrigo Variabilidad del Crecimiento y Rendimiento del Cultivo de Maíz para Choclo (*Zea mays* L.) como Respuesta a Diferencias en las Propiedades Químicas del Suelo en la Sabana de Bogotá, Colombia Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín, vol. 65, núm. 2, 2012, pp. 6579-6590 Universidad Nacional de Colombia Medellín, Colombia.
4. Carrillo P, Federico I. Suárez V, Senén. Sanz U, J. R. (1995). Cómo obtener una buena muestra para el análisis de suelos. ISSN-0120-0178, AVANCES T^É, 1–4.
5. Espinosa, J. (n.d.). Manejo de nutrientes en agricultura por sitio específico en cultivos tropicales. INFORMACIONES AGRONÓMICAS, (2012), 39(39), 9–13.
6. Espinosa, J. (2006). Tendencia en el manejo sostenible de la fertilidad del suelo. X Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo, 1–7.
7. Rodríguez, J., González, A. M., Rodrigo, F., & Guerrero, L. (2008). Fertilización por sitio específico en un cultivo de maíz (*Zea mays*

L.) en la Sabana de Bogotá Site-specific soil fertilization in maize crop (*Zea mays* L.) at Bogotá plateau, 26(2), 308–321.

8. Segura, L. F., Correa, S., Vásquez, J. M., Valle, U., & Arte, E. D. E. L. (2010). EJERCICIO EAD Agricultura de Precisión. Facultad de Ciencias de La Administración Universidad Del Valle Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, 53.

Parámetros de publicación para autores

La Revista NOVA es una publicación del Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación del SENA para fortalecer y visibilizar la investigación en Colombia. Se propone publicar artículos de alta calidad científica para promover y divulgar los resultados de investigación aplicada, desarrollo tecnológico e innovación enfocados hacia la industria, con el fin de establecer un intercambio científico activo a nivel local, regional y global.

Objeto de la convocatoria

Convocar a los investigadores de los Centros de Formación Profesional del SENA y grupos de investigación para que presenten artículos producto de la investigación aplicada, la innovación y el desarrollo tecnológico, tendientes al fortalecimiento de la visibilidad y difusión de resultados, a través de las siguientes modalidades:

- A.** Artículos científicos terminados que muestren resultados de investigación aplicada, innovación y desarrollo tecnológico. Máximo 15 páginas.
- B.** Artículos de reflexión que presenten resultados de investigación aplicada, innovación y desarrollo tecnológico desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor. Máximo 15 páginas.
- C.** Artículos de revisión que analicen, sistematicen e integren los resultados de investigaciones publicadas o no, sobre investigación aplicada, innovación y desarrollo tecnológico con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Máximo 15 páginas.
- D.** Artículos cortos que presenten resultados originales, preliminares o parciales, de investigación aplicada, innovación y desarrollo tecnológico. Máximo 10 páginas.
- E.** Reportes de caso que presenten los resultados de un estudio sobre una situación particular, con el fin de dar a conocer las experiencias técnicas y metodológicas de la investigación aplicada, la innovación y el desarrollo tecnológico. Entre 5 y 10 páginas.

Requisitos de participación

Envío de resúmenes

1. Los autores interesados en publicar deben enviar un resumen de su artículo al correo hcoronado@sena.edu.co máximo de 400 palabras, en el que identifiquen la investigación de la cual se origina su artículo, el problema que se aborda, la metodología y los resultados obtenidos.
2. El resumen debe ir acompañado de la siguiente información:
 - a. Título del artículo (en español).
 - b. Datos del autor o los autores con los nombres y apellidos completos.
 - c. Fecha elaboración del resumen.

- d.** Centro de formación al que pertenece.
 - e.** Grupo de investigación al que pertenece.
 - f.** Línea de investigación o Red de Conocimiento a la que pertenece.
 - g.** Correo electrónico de los autores.
 - h.** Dirección, teléfono fijo, celular.
- 3.** La recepción de los resúmenes no implica necesariamente la publicación del artículo en tanto los textos deben seguir un riguroso proceso de evaluación realizado por pares académicos.
- 4.** Las personas cuyos resúmenes sean aprobados recibirán un correo electrónico con el plazo máximo de entrega del artículo final.
- 5.** Si los árbitros llegaran a sugerir ajustes, los autores se comprometerán a entregar la nueva versión en un plazo no mayor a dos semanas (15 días calendarios), luego de recibidas las observaciones.

Parámetros de publicación:

- 1.** Los artículos remitidos deben ser inéditos, originales, escritos en español o en inglés y no publicados con anterioridad o simultáneamente en otra revista o en línea.
- 2.** Para su publicación, los artículos deben ser enviados en las fechas establecidas dentro del cronograma del proceso de edición; la recepción de los artículos se hará con el rigor de estas fechas.
- 3.** Los artículos deben ser enviados al correo electrónico hcoronadoh@sena.edu.co
- 4.** El proceso de producción editorial iniciará cuando los artículos cumplan con las características de entrega y presentación de documentos incluidas en este documento.
- 5.** El autor o los autores deben presentar el artículo original en formato digital, o enviarlo por correo electrónico en una versión reciente de Microsoft Word, en tamaño carta, a espacio doble y en letra Arial de 12 puntos.
- 6.** El artículo científico debe tener una extensión máxima de 15 páginas y una mínima de 10 páginas.
- 7.** El artículo debe contener el título, resumen, palabras clave y cuerpo del trabajo (materiales y métodos, resultados, conclusiones y bibliografía).
- 8.** En la primera página del artículo debe escribirse la siguiente información:
 - a. Título del artículo (en español).
 - b. Datos del autor o los autores con los nombres y apellidos completos.
 - c. Fecha de recepción y aceptación del artículo.
 - d. Reseña del autor o de los autores con una extensión máxima de 800 caracteres con formación, ocupación actual y cargos anteriores.
 - e. Centro de formación al que pertenece.
 - f. Grupo de investigación al que pertenece.

g. Línea de investigación o Red de Conocimiento a la que pertenece.

h. Correo electrónico de los autores.

i. Dirección, teléfono fijo, celular.

9. Imágenes, gráficos y tablas. En caso de contener mapas, cuadros, tablas, fórmulas o ilustraciones, estas deben estar claramente descritas, en orden y en los programas originales o en los formatos gráficos: jpg, tiff o bmp, con resolución de 300 dpi (dots per inch o puntos por pulgada).

10. En el caso de tratarse de cuadros, tablas o gráficos de elaboración propia, es indispensable presentarlos en formato editable (por ejemplo en programa Excel).

11. La información de texto, gráficos e imágenes debe ser presentada en una sola tinta y debe tener la correspondiente autorización para su publicación.

12. Cada tabla, cuadro, figura o imagen debe llevar una leyenda que describa con claridad el material presentado y la fuente en normas APA.

13. En caso de ser necesario, se deben anexar los permisos para la reproducción de tablas, cuadros, figuras e imágenes que estén protegidos por el derecho de autor.

14. El artículo debe traer un resumen en español con una extensión máxima de 250 palabras que sintetizen los objetivos, metodología, resultados y conclusiones de la investigación.

15. Se deben adicionar las palabras clave (de 4 a 6).

16. Se deben presentar el resumen (Abstract) y las palabras clave (Keywords) en inglés.

17. Los artículos de la revista de investigación utilizarán el sistema de referencias APA

18. Los artículos serán sometidos a una evaluación del comité científico y editorial y de árbitros anónimos. Estos estudiarán cada artículo y decidirán si es conveniente su publicación.

19. En algunos casos, podrán aceptar el artículo con algunas modificaciones o podrán sugerir la forma más adecuada para su presentación.

20. El artículo definitivo se remite al autor o a los autores para la aprobación de su versión final.

21. La aceptación y el rechazo para la publicación de este serán notificadas al autor

o a los autores, quienes conocerán el concepto de los jueces anónimos que lo evaluaron.

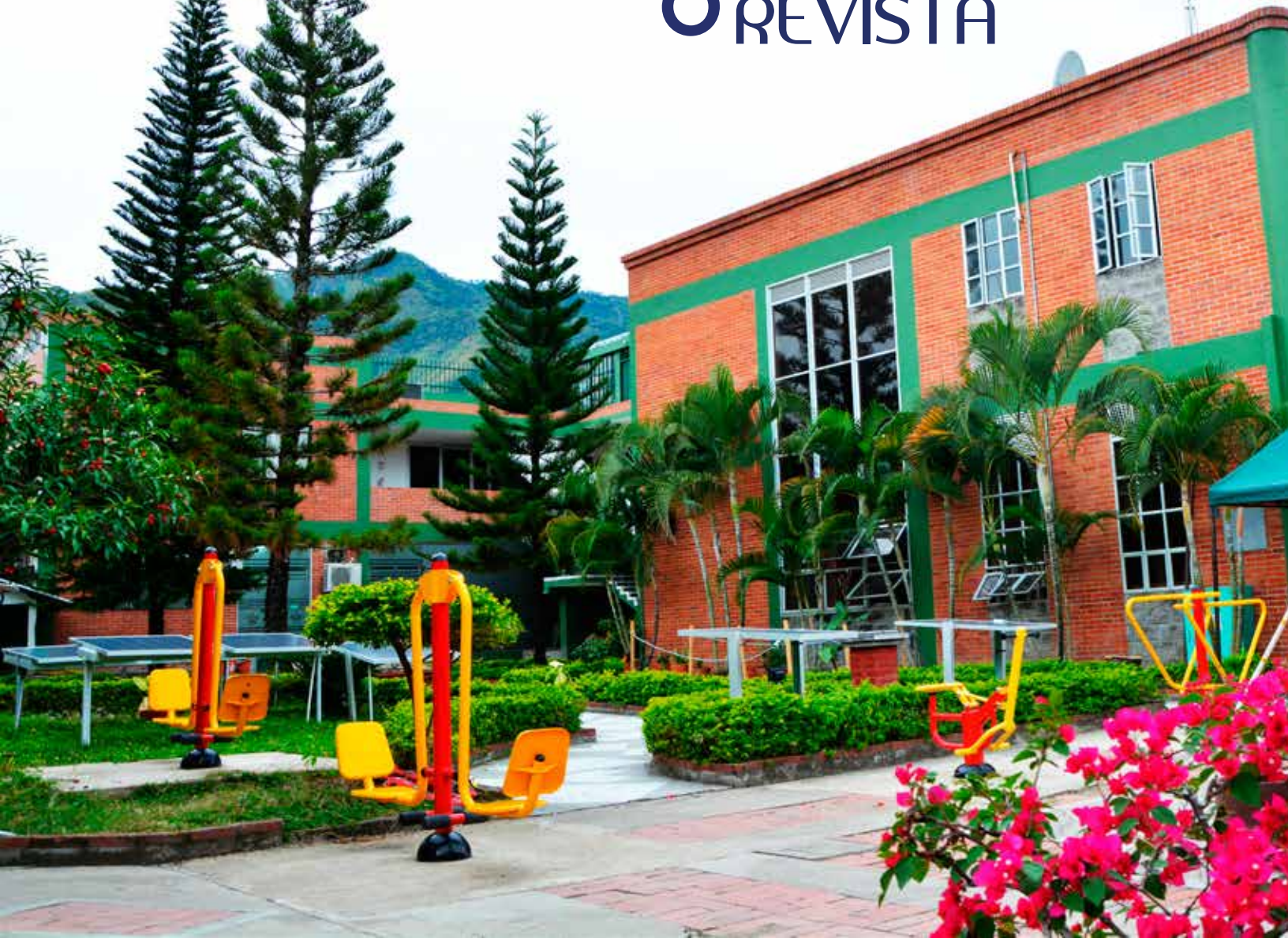
22. En caso de ser aceptado, el autor o los autores deben firmar una autorización cuyo formato será suministrado por el profesional de apoyo a la gestión editorial. El documento se debe entregar en un archivo de Word (Versión 2000 en adelante).

23. El autor o los autores recibirán tres ejemplares de la publicación una vez impresa.

24. Si alguien ajeno al autor o a los autores presenta un artículo representándolo(s), debe adjuntar un poder que lo acredita como apoderado o una prueba de adquisición del derecho a publicar a nombre del autor o autores.

.....





Centro de Desarrollo Agroempresarial y Turístico del Huila