

# MEMORIAS

## II ENCUENTRO DE GRUPOS Y SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA DEL SENA

I EDICIÓN

MONTERÍA, COLOMBIA

2017



Catalogación en la publicación. SENA Sistema de Bibliotecas

Encuentro de Grupos y Semilleros de Investigación Agropecuaria del SENA (2do : Montería : 2017)  
Memorias II Encuentro de Grupos y Semilleros de Investigación Agropecuaria del SENA. -- Montería : Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Centro Agropecuario y de Biotecnología El Porvenir, [2017].

1 recurso en línea (132 páginas : PDF). -- (Encuentro de Grupos y Semilleros de Investigación Agropecuaria del SENA, ISSN 2619-5178)

Contenido: Comparación de técnicas de conservación de bacterias de interés agrícola *Bacillus thuringiensis* -- Evaluación de crecimiento y la sobrevivencia de post-larvas de bagre pintadillo (*Pseudoplatystoma punctifer*) -- Fabricación de un ladrillo y páneles en láminas para construcciones internas no estructurales a partir de papel y cartón reciclado -- Aplicación de tecnologías para el aprovechamiento de los residuos sólidos en el Centro Agropecuario y Biotecnología el Porvenir.

1. Investigación agrícola--Congresos, conferencias, etc. 2. Agricultura--Congresos, conferencias, etc. 3. Investigación y desarrollo--Congresos, conferencias, etc. I. Ruiz Corrales, Cristina Margarita, compilador II. Ortega Vergara, Bleydy, compilador III. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).

CDD: 630.72

**Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA**

**Regional Córdoba**

**Título:** Memorias II Encuentro de Grupos y Semilleros de Investigación Agropecuaria del Sena

Compilado por: Cristina Margarita Ruiz Corrales y Bleydy Ortega Vergara

**Centro Agropecuario y de Biotecnología El Porvenir**

Primera Edición

**Director Regional**

Víctor Ariza Palma

**Subdirector Centro Agropecuario y de Biotecnología El Porvenir**

José Nicolás Barrios Sierra

**Comité Editorial:**

Cristina Margarita Ruiz Corrales

Bleydy Ortega Vergara

ISSN:2619-5178

© Centro Agropecuario y de Biotecnología El Porvenir

Sena Regional Córdoba

Km 42 vía Tierralta Vereda Santa Isabel

Montería, Colombia.

Tel.: 094-7959109

Email: [sennovaporvenir@gmail.com](mailto:sennovaporvenir@gmail.com)

[www.sennovaporvenir.com](http://www.sennovaporvenir.com)

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	9
COMPARACIÓN DE TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN DE BACTERIAS DE INTERÉS AGRÍCOLA. BACILLUS THURINGIENS	13
AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE BACILLUS THURINGIENSIS COMO BIOCONTROL SOBRE EL GUSANO COGOLLERO DEL MAÍZ (SPODOPTERA FRUGIPERDA)	23
EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTAGÓNICA DE HONGOS NATIVOS FRENTE AL DESARROLLO DE <i>COLLETOTRICHUM GLOEOSPORIOIDES</i> AGENTE CAUSAL DE LA ANTRACNOSIS EN ÑAME ( <i>DIOSCOREA ALATA</i> )	35
EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE CONSORCIOS BACTERIANOS REMEDIADORES DE AGUAS RESIDUALES CONTAMINADAS CON DETERGENTES	45
EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y LA SOBREVIVENCIA DE POST-LARVAS DE BAGRE PINTADILLO ( <i>PSEUDOPLATYSTOMA PUNCTIFER</i> )	61
FABRICACIÓN DE UN LADRILLO Y PÁNELES EN LÁMINAS PARA CONSTRUCCIONES INTERNAS NO ESTRUCTURALES A PARTIR DE PAPEL Y CARTÓN RECICLADO	79

EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES EN CUBIERTAS DE CHOCOLATE BLANCO CON ADICIÓN DE POLIFENOLES DE CACAO VARIEDAD FSV 41	93
DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN BIOFILTRO UTILIZANDO PLANTAS DEL GENERO HELICONIACEAE “HELICONIAS” PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PRODUCIDAS POR EL BENEFICIO HÚMEDO DEL CAFÉ	105
APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA EL APROVECHAMIENTOS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN EL CENTRO AGROPECUARIO Y BIOTECNOLOGÍA EL PORVENIR	122





## INTRODUCCIÓN

El Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación del Sena SENNOVA, tiene como propósito fortalecer los estándares de calidad y pertinencia en las áreas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación de la formación profesional impartida en la entidad.

El Centro Agropecuario y de Biotecnología El Porvenir Sena, Regional Córdoba, mediante el Grupo Investigaciones CABP busca a través de la línea Cultura de la Innovación SENNOVA, propiciar espacios para la divulgación de proyectos de investigación, innovación y desarrollo tecnológico aplicables a los sectores productivos.

El desarrollo del II Encuentro de Grupos y Semilleros de Investigación Agropecuaria del Sena, propició un ambiente donde los diferentes actores —aprendices de semilleros, instructores, investigadores, coordinadores de formación y directivos— interactuaron mediante intercambio de ideas y conocimientos desarrollados a través de procesos de investigación, innovación y desarrollo tecnológico.

En el evento de divulgación, se priorizaron las áreas de trabajo correspondientes a pecuaria, agrícola, acuícola, agroindustria, desarrollo sostenible y medio ambiente, soluciones y desarrollo tecnológico aplicadas al sector agropecuario, en el cual participaron Centros de diferentes regionales del país, tales como Antioquia, Atlántico, Bolívar, Casanare, Sucre, Santander, Putumayo, Valle del Cauca, Meta, Huila, Cundinamarca, y Distrito Capital.





PONENCIAS ÁREA: MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE



**COMPARACIÓN DE TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN DE BACTERIAS DE INTERÉS AGRÍCOLA.  
BACILLUS THURINGIENS**

**COMPARISON OF TECHNIQUES OF CONSERVATION OF BACTERIA OF AGRICULTURAL  
INTEREST. BACILLUS THURINGIENS**

**AUTOR**

Karen Fabiola Flórez Ceballos.

**RESUMEN**

El uso de insecticidas químicos está generando problemas muchas veces irremediables. Los bioinsecticidas a base de la bacteria *Bacillus thuringiensis* es la una de las opciones más utilizadas, al ser eficiente contra varias de las plagas que atacan comúnmente a cultivos de gran importancia comercial, tales como el maíz, el arroz, el algodón y la papa. En este proyecto se pretende evaluar técnicas de conservación de *Bacillus thuringiensis* de una cepa nativa del municipio de Arjona, Bolívar, donde se hará seguimiento de sus características luego de su conservación, con el fin de estimular el uso de bioplaguicidas biológicamente útiles, con cepas nativas sin ninguna clase de manipulación.

**ABSTRACT**

*The use of chemical insecticides is generating problems that are often irremediable. The bioinsecticides based on *Bacillus thuringiensis* bacteria is one of the most used options, being efficient against several of the pests that commonly attack crops of great commercial importance, such as corn, rice, cotton and potatoes. This project aims to evaluate *Bacillus thuringiensis* conservation techniques of a native strain of the municipality of Arjona, Bolívar, where its characteristics will be monitored after conservation, in order to stimulate the use of biologically useful biopesticides, with native strains without any kind of manipulation.*

## **PALABRAS CLAVES**

(Español/Inglés): conservación / conservación, *Bacillus thuringiensis*, agricultura / agricultura, bacterias / bacteria.

## **INTRODUCCIÓN**

La Biotecnología industrial forma parte de la investigación científica en Colombia. La explotación de los microorganismos por el hombre no es un hecho nuevo, al igual que su interés por el mantenimiento de cultivos y preservación de los mismos, debido a la importancia que estos representan aplicados en la salud, agricultura, ambiente e industria. El aprovechamiento de estos es vital en la solución de problemas, como lo son las plagas agrícolas.

Las bacterias *Bacillus thuringiensis* juegan un rol importante hoy en día, gracias a su uso como bioinsecticidas en cultivos agrícolas, árboles y plantas ornamentales. Una ventaja de este microorganismo es que se encuentra en el suelo y es de fácil aislamiento. Para la investigación de estos, se hace necesaria una conservación viable y económica en un lapso de tiempo determinado.

Estudios han demostrado que la congelación por glicerol como crioprotector es uno de los métodos más eficaces, para que las bacterias conserven sus características y viabilidad. Por otro lado, de la leche utilizada como crioprotector no se encuentra información bibliográfica que sustente su desempeño, razón por la cual se quiere evaluar su utilidad en esta bacteria.

En el presente proyecto se evaluarán los métodos de conservación mencionados anteriormente con el propósito de prolongar la vida y uso de *Bacillus thuringiensis* para apoyar el desarrollo biotecnológico en el que se encuentra Colombia.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN**

¿Por qué es importante la conservación de *Bacillus thuringiensis* nativa?

Los insecticidas han sido de gran ayuda para el desarrollo agrícola, porque previenen ciertas plagas que arrasan hasta con un cultivo entero. Pero los insecticidas químicos han desencadenado problemas que van desde afectar la salud humana, hasta efectos dañinos para el medio ambiente. En cambio, los bioinsecticidas, en este caso los que utilizan la bacteria *Bacillus thuringiensis*, han demostrado ser efectivo para controlar larvas de diversos insectos; se activan en el tracto digestivo de estos y no tienen efectos perjudiciales sobre otras especies.

Este proyecto está basado en la evaluación de 3 técnicas de conservación, utilizando crioprotectores para la conservación a largo plazo de la bacteria *Bacillus thuringiensis* nativa, con el propósito de incentivar al uso de bioplaguicidas no transgénicos sobre agroecosistemas.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Determinar la técnica más eficiente para la conservación del *Bacillus thuringiensis* en las condiciones del laboratorio de biotecnología Sena Cartagena.

### **Objetivos específicos**

- Aplicar técnicas de conservación, utilizando como criopreservantes glicerol al 50%, DMSO al 20% y leche entera al 10%, a una cepa de *thuringiensis* nativa.
- Determinar la viabilidad, pureza y estabilidad morfológica de la cepa de *Bacillus thuringiensis* conservada con los 3 criopreservantes aplicados.
- Comparar resultados de las 3 técnicas utilizadas, para determinar la más eficiente.

## **METODOLOGÍA**

Experimental.

Población de estudio: Se tomó una cepa nativa de *Bacillus thuringiensis* codificada TX1-01, proveniente del municipio de Arjona, Bolívar, aislada de suelo de uso agrícola el día 04/05/2017.

Variabes de estudio: Se conserva la cepa nativa de Bt utilizando como criopreservantes glicerol al 50%, DMSO al 20% y leche entera al 10%, evaluando viabilidad, pureza y estabilidad morfológica cada mes.

Métodos:

1. Conservar la cepa nativa utilizando 3 criopreservante.
2. Caracterización macroscópica mensual de cada crioprotector.
3. Caracterización microscópica mensual de cada crioprotector.
4. Viabilidad mensual de cada crioprotector.
5. Comparación de resultados de las 3 técnicas de conservación aplicadas.

## **RESULTADOS OBTENIDOS**

1. Se realizó conservación de la cepa TX1-01 utilizando leche entera al 20%, DMSO al 10% y Glicerol al 50%, por el método de ultra congelación a  $-87^{\circ}\text{C}$ . Conservando 15 viales de cada técnica en el cepario del Laboratorio de Biotecnología del laboratorio de Biotecnología Sena Cartagena.



2. Determinación de viabilidad, pureza y estabilidad morfológica de la cepa TX1-01 conservada con glicerol al 50%.

Tabla 1.

*Viabilidad, pureza y estabilidad morfológica de la cepa TX1-01*

ÍTEM	FECHA	CONCENTRACIÓN UFC	COLOR	ELEVACION	BORDE	TEXTURA	FORMA	BACILOS	COCOS
Concentración Inicial	05/04/2017	$7 \times 10^7$	Blanco Opaco	Plana	Entero	Cremosa	Circular	Gram (+)	No
Viabilidad 1	12/05/2017	$7 \times 10^6$	Blanco Opaco	Plana	Entero	Cremosa	Circular	Gram (+)	No
Viabilidad 2	14/06/2017	$7 \times 10^6$	Blanco Opaco	Plana	Entero	Cremosa	Circular	Gram (+)	No

Se evaluó la pureza y viabilidad de la cepa conservada bajo el criopreservante glicerol al 50%, donde se refleja características propias del *Bacillus thuringiensis* y se mantiene la concentración luego de 3 meses de conservación.



## RESULTADOS ESPERADOS

1. Viabilidad y pureza de 70% a 80% de la cepa conservadas de *Bacillus thuringiensis* TX1-01 por el método de congelación utilizando glicerol, DMSO y leche como crioprotectores.
2. Publicación del artículo en una revista científica.
3. Participación en eventos de divulgación Biotecnológica.

## DISCUSIÓN

Se aplicó el método de conservación con glicerol a una concentración de 50% v/v, a una temperatura de  $-87^{\circ}\text{C}$ , y se evidencia una buena conservación y mantenimiento de características típicas de las bacterias Bt, luego de realizar viabilidades, tal como la tesis del Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional (2016), donde se recomienda la conservación de bacterias a bajas temperaturas.

A pesar de que sobre la conservación de *Bacillus thuringiensis* no se encuentra bibliografía a fondo, se está evaluando agentes crioprotectores conocidos para otros tipos de bacterias, en las que ha dado que el glicerol y el DMSO presentan una buena protección a las membranas citoplasmáticas de las bacterias.

## BIBLIOGRAFÍA

Benavides, B. (2008). Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado de <http://javeriana.edu.co/mwg-internal/de5fs23hu73ds/progress?id=hUD55evFynqflxLONj7OxsjySlvYphxmCU6XF3tae2c>,

Bernal Morales, M., Montoya Castaño, D., Parra Huertas, S., Pérez Casas, M., & Suárez Moreno, Z. (2006). *Implementación y evaluación de dos métodos de conservación y generación de la base de datos del banco de cepas y genes del Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia (IBUN)*. Unicolmayor. Recuperado de:  
[http://www.unicolmayor.edu.co/invest\\_nova/NOVA/ARTORIG3\\_5.pdf](http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/ARTORIG3_5.pdf)

Caballero, P., Carnero, A., Ruiz de Escudero, Ibañez, I. & Padilla, M. A. (2004). *Aislamiento y caracterización de nuevas cepas de Bacillus thuringiensis procedentes de muestras de tierra de Canarias*. Ministerio de agricultura y pesca. Alimentacion y medio ambiente. Recuperado de:  
[http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_plagas/BSVP-30-04-703-712.pdf](http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_plagas/BSVP-30-04-703-712.pdf)

Cabezas, M. d. (2009). *Repositorio Institucional de la Escuela Superior Politecnica de Chimborazo*. Recuperado de:  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/214/1/56T00188.pdf>

Cardenas, Y. G. (2010). Métodos de conservación y formulación de trichoderma harzianum. *Fitosanidad*, 14(3), 189-195. Recuperado de:  
<http://www.redalyc.org/pdf/2091/209115199008.pdf>

Corrales Ramírez, L, Sánchez Leal, L., Arévalo Galvez, Z., Moreno Burbano, V. (2014). Bacillus: género bacteriano que demuestra ser un importante solubilizador de fosfato. *Revista NOVA*, 12(22). Recuperado de:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-24702014000200006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702014000200006)

García López, M.D. & Uruburu Fernández F. (s.f.). *La conservación de cepas microbianas*. Recuperado de: [https://www.sem microbiologia.org/pdf/actualidad/SEM30\\_12.pdf](https://www.sem microbiologia.org/pdf/actualidad/SEM30_12.pdf)

Hernandez Serna, D. & Loaiza Cano, A. (2014). *Selección de un método para la conservación y preservación de actinomicetos aislados del suelo del Jardín botánico de la Universidad Tecnológica de Pereira*. Recuperado de:

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4316/57192H557.pdf?sequence=1>

Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia. (2016). *Fundamentos y técnicas para la preservación de bacterias, hongos y levaduras I bun Universidad Nacional de Colombia*. Recuperado de:

<http://www.ibun.unal.edu.co/lineasGrupos/GruposTransversales/doc/lineamientos.pdf>

Martin, P., Reichelderfer, C. & Travers, R. (1987). *Selective Process for Efficient Isolation of Soil Bacillus spp.* American Society for Microbiology. Recuperado, de:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC203852/pdf/aem00123-0067.pdf>

Morales García, E., Duque, E., Rodríguez Andrade, O., De la Torre, J., Martínez Contreras, R., Pérez Terón, R., & Muñoz Rojas, J. (2010). Bacterias Preservadas, una Fuente Importante de Recursos Biotecnológicos. *Sociedad mexicana de biotecnología y Bioingeniería*, 14(2), 11-29. Recuperado de:

[http://www.smbb.com.mx/revista/Revista\\_2010\\_2/GALERAS\\_47.pdf](http://www.smbb.com.mx/revista/Revista_2010_2/GALERAS_47.pdf)

Ríos R., & Buitrago G. (1999). Transferencia de oxígeno en la fermentación con *Bacillus Thuringiensis*. *Revista Biotecnología de la Universidad Nacional*, 2(2), 43-50. Recuperado de: <http://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/30051/30250>

Sánchez Leal, L. C. (2005). Congelación bacteriana: Factores que intervienen en el proceso. *Revista NOVA*, 3(3), 109-113. Recuperado de:

[http://www.unicolmayor.edu.co/invest\\_nova/NOVA/ENSAYO1\\_3.pdf](http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/ENSAYO1_3.pdf)

Sánchez Leal, L. C. (2005). *Evaluación de la congelación para conservación de especies autoctonas bacterianas*. Universidad Colegio mayor de Cundinamarca, 3(4), 21-29. Recuperado de:

[http://www.unicolmayor.edu.co/invest\\_nova/NOVA/ARTORIG2\\_4.pdf](http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/ARTORIG2_4.pdf)

Solís Carrera, B. (2009). *Obtención de aislados de Bacillus thuringiensis Berliner autóctonos de Cuba*. Recuperado de:

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1562-30092009000200006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1562-30092009000200006)

Weng Alemán, Z., Díaz Rosa, O. & Álvarez Molina, I. (2005). Conservación de microorganismos: ¿qué debemos conocer? *Revista Cubana de Higiene y epidemiología*, 43(3), 1-4. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223214847006>



**AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE BACILLUS THURINGIENSIS COMO BIOCONTROL  
SOBRE EL GUSANO COGOLLERO DEL MAÍZ (SPODOPTERA FRUGIPERDA)**

***ISOLATION AND IDENTIFICATION OF BACILLUS THURINGIENSIS AS A BIOCONTROL ON  
THE CORNWORM (SPODOPTERA FRUGIPERDA)***

**AUTORES**

Milton De Jesús Martínez Herrera, Kevin Orozco y Elles Juliana Aguilar.

**RESUMEN**

*Bacillus thuringiensis* es una bacteria Gram positiva con capacidad de esporular. Es muy semejante a *Bacillus cereus* y *Bacillus anthracis*, pero se diferencia de ellas por la formación de un cristal proteico en el momento de la esporulación. El cristal está compuesto por proteínas, las cuales son extremadamente tóxicas contra insectos y organismos plaga. Esto la hace un insumo de gran importancia para el sector agropecuario.

En la actualidad se presentan diversos tipos de plagas en los cultivos agrícolas de todo el mundo, lo que ha generado un uso considerable de plaguicidas químicos, los cuales, al hacer contacto con el medio ambiente, ocasionan problemas a los ecosistemas, contaminan las cuencas de aguas y los suelos.

En la región de la zona sur de Bolívar se presentan problemas en la producción del maíz, debido a que el desarrollo de las plantas es afectado por el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), el cual ataca desde la germinación hasta la madurez del cultivo —selecciona partes tiernas como el cogollo de la planta de maíz—. A causa de esto, este proyecto va dirigido a utilizar microorganismos biocontroladores, tales como *Bacillus thuringiensis*, en cultivos agrícolas. El *Bacillus thuringiensis* se encuentra en el suelo y también se puede hallar en fósiles de insectos muertos.

En el marco del desarrollo de este proyecto se aislaron diferentes tipos de microorganismos procedentes de muestras de suelos de la zona sur del departamento de Bolívar. La metodología utilizada para el aislamiento de *Bacillus thuringiensis* ha sido la propuesta por Travers, en la cual se exponen procedimientos específicos tratando de hacer el método selectivo para *Bacillus Thuringiensis*; en esta metodología se toma una alícuota de la muestra de suelo inoculándola en caldo lb, posteriormente, se provoca un choque térmico a 80°C, luego se baja la temperatura a 4°C, y finalmente se siembra en agar lb. Bajo este método hemos logrado aislar 15 cepas de *Bacillus spp*, provenientes de muestras de suelos del departamento de Bolívar, también se han caracterizado, identificado bioquímicamente y conservado las 15 cepas aisladas.

Se utilizó *Bacillus thuringiensis* nativo del departamento de Bolívar en los de maíz; se pudo determinar que éste es efectivo resolviendo el problema de esta plaga de una forma más limpia, la cual no contamina ni hace daño al medio ambiente, ya que se utilizan organismos que tienen la capacidad de ser enemigos biológicos contra insectos de orden coleoptera, lipidoptera.

#### **ABSTRACT**

*Bacillus thuringiensis* is a Gram-positive bacterium with the ability to sporulate. It is very similar to *Bacillus cereus* and *Bacillus anthracis*, but it differs from them by the formation of a protein crystal at the time of sporulation. The crystal is composed of proteins, which are extremely toxic against insects and plague organisms. This makes it an important input for the agricultural sector.

Currently, there are several types of pests in agricultural crops around the world, which has generated a considerable use of chemical pesticides, which, when making contact with the environment, cause problems to the ecosystems, contaminate the watersheds and soils.

In the southern zone of Bolívar there are problems in the production of corn, because the development of the plants is affected by the armyworm (*Spodoptera frugiperda*), which

*attacks from the germination to the maturity of the crop —selects tender parts like the head of the corn plant—. Because of this, this project is aimed at using biocontrol microorganisms, such as *Bacillus thuringiensis*, in agricultural crops. *Bacillus thuringiensis* is found in the soil and can also be found in dead insect fossils.*

*In the framework of the development of this project, different types of microorganisms were isolated from soil samples from the southern area of the department of Bolívar. The methodology used for the isolation of *Bacillus thuringiensis* has been the one proposed by Travers, in which specific procedures are exposed trying to make the selective method for *Bacillus Thuringiensis*; in this methodology an aliquot of the soil sample is taken by inoculating it into lb broth, subsequently a thermal shock is caused at 80°C, then the temperature is lowered to 4°C, and finally it is sown on lb agar. Under this method we have been able to isolate 15 strains of *Bacillus* spp. From soil samples from the department of Bolívar. The 15 isolates have also been characterized, biochemically identified and conserved.*

**Bacillus thuringiensis* used in those corn crops was native of the department of Bolívar; it could be determined that this is effective in solving the problem of this pest in a cleaner way, which does not pollute or harm the environment, since organisms have the capacity to be biological enemies against coleoptera insects, lipidoptera.*

## **PALABRAS CLAVES**

(Español / Inglés) *Bacillus thuringiensis* / *Bacillus thuringiensis*, gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) / *wormtail* (*Spodoptera frugiperda*), bioinsumos / *biosupplies*, plaguicidas / *pesticides*, plagas/ *plagues*, biocontroladores biológicos / *biological controllers*.

## **INTRODUCCIÓN**

“A nivel mundial se vienen estudiando los problemas creados por el uso excesivo de plaguicidas y herbicidas, no sólo por los residuos tóxicos que pueden afectar un cultivo,



sino también por los que pueden contaminar el medio ambiente en perjuicio del recurso humano” (Gobernación de Antioquia, 2015). En la agricultura convencional, para disminuir el efecto de las enfermedades y ataques de plagas en los cultivos se prefieren especies resistentes al ataque de patógenos y plagas. “Cuando se presentan enfermedades en los cultivos, éstas se tratan principalmente con productos químicos como plaguicidas, herbicidas (fundamentalmente insectos, nemátodos y hongos patógenos de vegetales), esto con el objetivo de reducir las pérdidas en cultivos agrícolas” (Barrios, Galván, Morris, 2015). Por ello, en la actualidad se están diseñando nuevas técnicas de control biológico con un propósito específico en la prevención o control de plagas o enfermedades en los cultivos agrícolas. Los controles biológicos son un método que emplea organismos vivos para reducir la densidad de la población de otros organismos plaga.

La producción de maíz en Bolívar continúa creciendo en un alto porcentaje —21,71%—. Sin embargo, hay que resaltar que existen factores adversos que han incidido en el deterioro continuo del sector productivo, como son los fenómenos climáticos, ataques por plagas y enfermedades infecciosas provocadas por hongos, bacterias, algas, virus. Los cultivos de maíz en el departamento de Bolívar están siendo afectados fuertemente por *Spodoptera frugiperda*, esta es una plaga polífaga que causa severas pérdidas si no se controla oportunamente; esta plaga selecciona hojas y brotes tiernos, especialmente, de los cogollos para alimentarse, convirtiéndose en un masticador del tejido vegetal. “La oruga militar tardía puede atacar al maíz desde su germinación hasta la madurez del cultivo. Los ataques tempranos pueden afectar estados vegetativos de desarrollo mientras que los tardíos pueden dañar las espigas” (Aragón, 2002, citado por Lezaun, 2014).

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN**

El maíz es el cultivo de mayor área sembrada, el más producido y consumido en el mundo desde 1998, cuando sobrepasó al trigo en volumen de producción; además, ha venido creciendo en los últimos años a una tasa anual del 2,5%. Se estima que el 92% de las siembras corresponden a maíz amarillo y el 8% restante al maíz blanco. (Gobernación de Antioquia, 2015)

El maíz se produce en todos los continentes; siendo 168 los países que lo cultivan dentro de los cuales se destacan Estados Unidos, China, Brasil, Argentina y Ucrania por su mayor producción en todo el mundo.

El maíz, el arroz y la papa son los principales cultivos transitorios de la agricultura colombiana. El maíz se cultiva en todo el territorio y sus siembras se realizan en dos temporadas al año, coincidiendo con las épocas de lluvia de cada semestre. El maíz es considerado el principal cultivo de ciclo corto ya que ocupa el 15% del área agrícola.

El área de siembra se distribuye entre dos tipos: maíz blanco, que ocupa el 33,2% de la superficie, y maíz amarillo, con el 66,8%, el primero dedicado principalmente a consumo humano y el segundo para consumo animal, ya sea en forma directa o como insumo para la fabricación de alimentos balanceados. (Gobernación de Antioquia, 2015)

A nivel mundial, cerca de 66% del total de maíz cosechado se destina a la alimentación animal, 20% es consumido directamente, 8% es usado en procesos industriales para producir alimentos y otros productos y 6% se utiliza para semilla o se pierde. (Gobernación de Antioquia, 2015)

La agricultura bolivarenses continúa siendo explotada bajo un sistema productivo tradicional, de economía campesina, que se caracteriza por tener poco acceso a los medios de producción. “La producción de maíz tradicional en el departamento de Bolívar obtuvo una variación positiva del 21,71% del área sembrada en los cultivos de maíz tradicionales” (Contreras, 2016). Los cultivos de maíz en el departamento de Bolívar están siendo afectados fuertemente por el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), esta es una plaga polífaga que causa severas pérdidas si no se controla oportunamente; esta plaga selecciona hojas y brotes tiernos, especialmente de los cogollos, para alimentarse, convirtiéndose en un masticador del tejido vegetal; la oruga militar puede atacar al maíz desde su germinación hasta la madurez del cultivo, los daños más importantes se producen desde los primeros estados vegetativos, “la cuantificación del daño de gusano cogollero (*Spodoptera*

frugiperda) depende del nivel de infestación y el estado fenológico del cultivo, pudiendo oscilar el umbral económico entre 10% y 50 % de plantas infestadas” (Lezaun, 2014).

La calidad de los alimentos se manifiesta en su capacidad de nutrir sin causar daño o lesión, “se considera que los principales peligros asociados con la producción primaria de alimentos de origen vegetal, son los adulterantes, la carga microbiana, las micotoxinas, los metales pesados y los residuos de plaguicidas” (Gobernacion de Antioquia, 2015). “Ante la exigencia de producir alimentos inocuos y proteger al medio ambiente, la agricultura empieza a dar un giro hacia el uso de los bioinsumos. Lo anterior está marcando una nueva tendencia en la producción agrícola al sustituir agroquímicos por insumos biológicos”. (Reyes, 2011). Las ventajas de estos productos son que no generan residuos en el agua, el aire, el suelo o en los productos alimenticios y tampoco ponen en riesgo la salud de los agricultores y consumidores.

Entre el grupo de bioinsumos es posible identificar a los biofertilizantes, usados principalmente para la fijación biológica de nitrógeno de nutrientes en el suelo y a los bio-plaguicidas empleados para el control biológico de plagas y enfermedades en los cultivos. “Actualmente, se ha encontrado mayor efectividad con el uso de bacterias como la *Bacillus thuringiensis* control biológico de plagas en cultivos agrícolas” (Reyes, 2011). *Bacillus thuringiensis* es una bacteria Gram positiva con la capacidad de esporular. Es muy semejante a otras especies del genero *Bacillus*, como *Bacillus cereus* y *Bacillus anthracis*, pero se diferencia de ellas por la formación de un cristal proteico en el momento de la esporulación. El cristal está compuesto por proteínas, algunas de las cuales son extremadamente tóxicas contra insectos, mientras que los mamíferos, incluido el hombre no se ven afectados. Además, estas proteínas son biodegradables, por lo que no contaminan suelos ni agua. Por estos motivos esta bacteria está siendo utilizada como una alternativa ecológicamente sostenible para control de plagas agrícolas, plagas forestales y vectores de enfermedades.

“*Bacillus thuringiensis* fue aislado por primera vez en Japon por Ishiwata en 1901, como patógeno del gusano de seda, *Bombyx mori* (Lepidoptera bombycidae), causándole la enfermedad de Sototo” (Carrera, 2009).

El uso de *Bacillus thuringiensis* para el control de insectos se inició en los años 30 contra el barrenador europeo del maíz, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera, pyralidae). El primer producto comercial salió en Francia en 1938 bajo el nombre de sporeine; en estados unidos se comercializó por primera vez en 1957 bajo el nombre de thuricide. Desde entonces se ha desarrollado la producción de forma masiva en varios países de todo el mundo (Carrera, 2009).

El presente trabajo busca saber si es posible emplear *Bacillus thuringiensis* como controlador biológico del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en los cultivos de maíz en el departamento de Bolívar.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Aislar e identificar *Bacillus thuringiensis* con efecto tóxico sobre larva del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

### **Objetivos específicos**

1. Aislar *Bacillus thuringiensis* a partir de muestras de suelo nativos de los municipios del sur del departamento de Bolívar.
2. Identificar microscópica y macroscópicamente *Bacillus thuringiensis* aislados de las muestras de suelo.

3. Establecer la cinética de crecimiento de las cepas identificadas como *Bacillus thuringiensis*.
4. Determinar la actividad toxica de *Bacillus thuringiensis* sobre larvas de gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*.

## **METODOLOGÍA**

Localización de la investigación: Los muestreos de campo se realizarán en suelos de uso agrícola de los Municipios de Arjona, María la baja, San Jacinto y El Carmen de Bolívar en el departamento de Bolívar. Los ensayos de actividad biológica se llevarán a cabo en el Laboratorio de Biotecnología del Centro Agroempresarial y Minero.

Población de estudio: *Bacillus thuringiensis* será obtenido a partir de un muestreo de suelo en las zonas de María la baja, San Jacinto y El Carmen de Bolívar, de igual modo se recolectarán larvas jóvenes de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en los cultivos de maíz que presenten la plaga; se realizará un ensayo que demuestre la actividad tóxica de *Bacillus thuringiensis* sobre el gusano cogollero de maíz en el laboratorio de biotecnología del Centro Agroempresarial y Minero - SENA, ubicado en el Km 1 vía a Turbaco.

Muestra: Se tomaron muestras de suelos de uso agrícola en los municipios de El Carmen de Bolívar, María la baja y San Jacinto. Se recolectaron larvas jóvenes de gusano cogollero de maíz, los muestreos y la recolección de las larvas se ubicaron en puntos de interés para la investigación, en cuanto a la recolección de las larvas se recolectaron en zonas donde se encontró un historial de posibles ataques de gusano cogollero en cultivos de maíz.

VARIABLES DE ESTUDIO: Se aislaron e igualmente se identificaron cepas nativas de *Bacillus* spp, obtenidas en los suelos agrícolas de la zona sur del departamento de Bolívar; posterior, se determinó la actividad tóxica de *Bacillus thuringiensis* sobre el gusano cogollero del maíz en el laboratorio de biotecnología, además se determinó la cinética de crecimiento de las

cepas de *Bacillus thuringiensis* con mayor efecto tóxico sobre larvas de gusano cogollero del maíz.

Métodos:

1. Toma de muestras de suelos de uso agrícolas: El muestreo de suelo se realizó en los municipios de Arjona, San Jacinto, María la baja y en El Carmen de Bolívar en el departamento de Bolívar. Una vez establecida el área de muestreo, en cada muestreo de suelo se tomaron cinco submuestras en forma aleatoria siguiendo un patrón zigzag.
2. Aislamiento de microorganismos de muestras de suelo: La metodología utilizada para los aislamientos de *Bacillus thuringiensis* se realizó según la de Travers, R., Martin, P. & Reichelderfer, C. (1987), ésta propone utilizar medios tales como agar lb (luria bertani) y caldo lb suplementado con acetato de sodio para proteger la espora de *Bacillus thuringiensis* en el momento de esporular, posterior a la inoculación en el caldo se provoca un choque térmico a altas temperaturas, luego de esto se baja la temperatura a 4°C y por último se siembra en agar lb. Se sembraron los inóculos de *Bacillus thuringiensis* en medio agar Luria Bertani, tras el crecimiento se caracterizó microscópica y macroscópica todas las morfologías de las colonias obtenidas en el medio. Se aplicaron pruebas de toxicidad de *Bacillus thuringiensis* sobre la larva de primer estadio de gusano cogollero del maíz en condiciones de laboratorio. Se utilizó la metodología de cría de las larvas según el método de Garcia, Gonzales, & Gonzales (2013). Se evaluó la cinética de crecimiento de las cepas de *Bacillus thuringiensis* con mayor efecto tóxico sobre larvas de gusano cogollero de maíz.

## RESULTADOS

1. Se aislaron 15 cepas de *Bacillus thuringiensis*.

2. Se caracterizaron microscópicamente 9 cepas de *Bacillus thuringiensis* codificando cada cepa como AX1, AX2, AX3, MX1, MX2, MX3, SJX1, SJX2, y se conservaron en el cepario del Laboratorio de Biotecnología del Centro Agroempresarial y Minero, de las cuales se realizaron pruebas de viabilidad a 4 cepas conservadas hace un mes (AX1-01, AX1-02, AX2-01 Y AX2-02).
3. Se conocieron las fases de crecimiento de las cepas aisladas de *Bacillus thuringiensis*.
4. Se realizó una prueba de toxicidad de las cepas identificadas de *Bacillus thuringiensis* sobre la larva del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).
5. Se hizo un informe científico final que incluye datos eficientes sobre el porcentaje del efecto tóxico de *Bacillus thuringiensis* sobre la larva de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).
6. Se escribió un artículo de divulgación en la Revista del Centro Agroempresarial y Minero.
7. Se participó en eventos de divulgación científica con el fin de exponer resultados obtenidos en la investigación.

## CONCLUSIONES

*Bacillus thuringiensis* es una bacteria Gram positiva, esporulada, forma cristales, lo que lo hace un biocontrolador de plagas en los cultivos agrícolas. Se encuentra normalmente en el suelo y en fósiles de insectos. Fue aislada en medio agar LB (LURIA BERTANI), mediante una serie de procedimientos netamente selectivos para *Bacillus thuringiensis*, luego del aislamiento se caracterizó microscópica, macroscópicamente, todas sus morfologías. Posterior a las caracterizaciones se realizaron pruebas bioquímicas a cada una de las cepas aisladas. Luego de la identificación bioquímica se conservó por el método en glicerol a  $-87^{\circ}\text{C}$ ; posterior de la conservación se realizaron pruebas de viabilidad a las cepas (CSAX1-

01 con concentración  $3,3 \times 10^7$  UFC/ml; CSAX1-02 con concentración de  $5,6 \times 10^7$  UFC/ml; CSAX2-01 con concentración de  $2,4 \times 10^8$  UFC/ml; CSAX2-02 con concentración de  $3,3 \times 10^8$ ) de las cuales se obtuvieron resultados de viabilidad en los meses descritos a continuación: CSAX1-01 con concentración de  $3,5 \times 10^7$ ; CSAX1-02 con concentración de  $6,4 \times 10^7$ ; CSAX2-01 con concentración de  $1,6 \times 10^7$ ; CSAX2-02 con concentración de  $1,5 \times 10^7$ ); se estableció la cinética de crecimiento de las cepas identificadas como *Bacillus thuringiensis*, también se realizó un ensayo en condiciones de laboratorio que demostró la toxicidad de las cepas identificadas como *Bacillus thuringiensis* sobre las larvas de gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*).

## DISCUSIÓN

Se aislaron 15 cepas de los municipios de María la baja, Arjona, San Jacinto y El Carmen de Bolívar, dentro de las cuales tan solo 7 resultaron ser posiblemente *Bacillus thuringiensis*. En cuanto a la metodología de aislamiento propuesta por Travers es muy buena, cabe destacar que no es muy selectiva para *Bacillus thuringiensis* puesto hubieron diversos tipos de microorganismos que tuvieron buen desarrollo durante todo el proceso del aislamiento, pero de igual modo es de resaltar que bajo este método se minimizó la cantidad de microorganismos presentes en las muestras de suelos obtenidas en los cultivos agrícolas dejando a los microorganismos que poseen la capacidad de esporular. Se realizaron diversas pruebas para la identificación de *Bacillus thuringiensis*, tales como bioquímicas, de catalasa, tinción de Gram y tinción de esporas. Muchas de estas pruebas bioquímicas resultaron dudosas, ya que en correlación a la referencia bibliográfica los resultados no fueron los deseados; 7 cepas presentaron resultados positivos en las pruebas de identificación realizadas. Todas las 15 cepas fueron conservadas, y se lleva un control periódico sobre el comportamiento de cada una en condiciones de conservación.



## BIBLIOGRAFÍA

Barrios, J., Galvan, L., & Morris, L. (2015). *Enfermedades infecciosas en cultivos agrícolas*. Cartagena, Bolívar: GF publicidad Diseño Grafico.

Carrera, M. (2009). *Produccion de bacillus thuringiensis a nivel de laboratorio*. Tesis de grado. Riobombo, Ecuador.

Contreras, D. (07 de JUNIO de 2016). *Bolivar y Holanda*. El Universal.

García, C., Gonzales, M., & Gonzales, A. (2013). Parasitismo natural de Braconidae e Ichneumonidae (Hymenoptera) sobre Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 39 (2).

Gobernacion de Antioquia. (2015). *Manual Tecnico del Cultivo de Maiz Bajo Buenas Practicas Agrícolas*. Medellín, Colombia: Fotomontajes S.A.S.

Lezaun, J. (2014). *Gusano Cogollero*. Croplife Latin america. Recuperado de: <http://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/gusano-cogollero>

Reyes, M. (17 de enero de 2011). Bioinsumos, alternativa sostenible. *El Economista*.

Travers, R., Martin, P. & Reichelderfer, C. (1987). Selective Process for Efficient Isolation of Soil Bacillus spp. *Applied and environmental microbiology*, 53 (6), 1263-1266.

**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTAGÓNICA DE HONGOS NATIVOS FRENTE AL DESARROLLO DE *COLLETOTRICHUM GLOEOSPORIOIDES* AGENTE CAUSAL DE LA ANTRACNOSIS EN ÑAME (*DIOSCOREA ALATA*)**

***EVALUATION OF THE ANTAGONIC CAPACITY OF NATIVE FUNGUS AGAINST THE DEVELOPMENT OF COLLETOTRICHUM GLOEOSPORIOIDES AGENT CAUSAL OF THE ANTRACNOSIS IN ÑAME (DIOSCOREA ALATA)***

**AUTORES**

Ana Milena Suárez, Yucelis Hernández Moreno y Yénifer Zambrano Marrugo.

**RESUMEN**

Los cultivos de ñame en la actualidad se han visto afectados por hongos causantes de enfermedades en los que podemos encontrar *Colletotrichum Gloeosporioides*, que es uno de los géneros patógenos de plantas más importantes y de mayor distribución en el mundo. Este hongo es el principal causante de la antracnosis, la cual se presenta con pequeñas manchas café y algunas con bordes amarillentos permitiendo que la planta reduzca su rendimiento, afectando hojas y ramas, siendo el daño más notorio en los frutos.

Para llevar a cabo este proyecto se realizaron los siguientes procedimientos: aislamiento del hongo patógeno (material vegetal), caracterización macroscópica y microscópica, purificación, conservación, aislamiento de hongos nativos (rizosfera del suelo), e identificación.

Teniendo en cuenta los procedimientos expuestos obtuvimos como resultados el aislamiento e identificación del hongo patógeno (*Colletotrichum Gloeosporioides*) y de hongos nativos, los cuales no se ha podido identificar.

Con la utilización y aplicación de hongos nativos, le daremos una posible solución a esta problemática que se ha venido presentando, donde se evaluará la capacidad antagónica de

Trichoderma frente a Colletotrichum gloeosporioides, con el fin de disminuir la pérdida de este cultivo e incentivar a los agricultores a continuar con esta actividad.

El propósito de este proyecto de investigación fue aislar hongos nativos del suelo para utilizarlos como agente de control biológico; dentro de estos se encuentran los del género *Trichoderma spp*, que se destacan entre los más utilizados para el biocontrol de patógenos fúngicos del suelo, es un hongo aeróbico con capacidad para resistir un amplio intervalo de temperaturas, rápido crecimiento y desarrollo

### **ABSTRACT**

*Today, yam crops have been affected by fungi that cause diseases in which we can find Colletotrichum Gloeosporioides, which is one of the most important and widely distributed plant pathogens in the world. This fungus is the main cause of anthracnose, which occurs with small brown spots and some with yellowish edges allowing the plant to reduce its yield, affecting leaves and branches, being the most noticeable damage in the fruits.*

*To carry out this project, the following procedures were carried out: isolation of the pathogenic fungus (plant material), macroscopic and microscopic characterization, purification, conservation, isolation of native fungi (soil rhizosphere), and identification.*

*Taking into account the exposed procedures, we obtained the results of the isolation and identification of the pathogenic fungus (Colletotrichum Gloeosporioides) and of native fungi, which could not be identified.*

*The purpose of this research project was to isolate native fungi from the soil to be used as a biological control agent; within these are those of the genus Trichoderma spp, which stand out among the most used for the biocontrol of fungal pathogens of the soil, is an aerobic fungus with capacity to withstand a wide range of temperatures, rapid growth and development.*

## **PALABRAS CLAVES**

(Español / Inglés) Hongos / *mushroom*, *Trichoderma spp* / *Trichoderma spp*, *Colletotrichum* / *Gloeosporioides* / *Colletotrichum Gloeosporioides*, Antracnosis / *Anthracnose*, ñame / *yam*.

## **INTRODUCCIÓN**

Una de las causas que afecta el rendimiento en la producción del cultivo de ñame, es la presencia de hongos patógenos como *Colletotrichum spp*, agente causal de la Antracnosis. “En la actualidad esta enfermedad es uno de los principales problemas en los cultivos ya que ocasiona pérdidas notorias hasta de un 80%” (Green, Abang & Iloba, 2000), reduciendo el rendimiento de las plantas. La sintomatología de la enfermedad se ve expresada en la mayoría de sus órganos, afectando hojas y ramas siendo el daño más notorio en los frutos. Esta enfermedad se presenta con pequeñas manchas cafés, algunas con bordes amarillentos, principalmente en las hojas de la parte baja de las plantas.

Es de gran importancia utilizar controladores biológicos en la agroindustria, para disminuir el uso de plaguicidas en el suelo sin traer riesgos al medio ambiente. Dentro de los microorganismos más utilizados en el control biológico están los hongos del género *Trichoderma spp* los que todavía son objeto de investigación y desarrollo en muchos países. (Corrêa, Mello, Ávila, Minaré Braúna, Pádua, Gomes, 2007)

“En su ciclo toma nutrientes de los hongos patógenos (a los cuales degrada), y de materiales orgánicos ayudando a su descomposición, siendo capaz de parasitar, controlar y destruir muchos hongos, nemátodos, y otros Fitopatógenos que atacan y destruyen muchos cultivos” (Agroineco, s.f.). “Con el uso de microorganismos en los cultivos, las plagas no generan resistencia como sucede cuando utiliza agroquímicos”. (Infante, 2009)

De acuerdo a lo anterior, este proyecto de investigación aplicada tiene como objeto evaluar la acción antagónica de hongos nativos frente al desarrollo de *Colletotrichum gloeosporioides* bajo condiciones in vitro y ex vitro

Mediante el desarrollo de este proyecto se obtendrían herramientas efectivas para control del hongo fitopatógeno, lo cual contribuye a la disminución de los efectos negativos del mismo en los cultivos de ñame y otras especies vegetales sensibles a la antracnosis.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN**

Una de las causas que afecta el rendimiento en la producción del cultivo de ñame, es la presencia de hongos patógenos como *Colletotrichum gloeosporioides* agente causal de la Antracnosis. En la actualidad esta enfermedad es uno de los principales problemas en los cultivos ya que ocasiona pérdidas notorias hasta de un 85% (Green, 2000), reduciendo el rendimiento de las plantas, la sintomatología de la enfermedad se ve expresada en la mayoría de sus órganos, afectando hojas y ramas siendo el daño más notorio en los frutos. La severidad de la antracnosis ha llevado a los productores a realizar aplicaciones exageradas de fungicidas, causando contaminación ambiental, un aumento en los costos de producción y en algunos casos el abandono total del cultivo ante el fracaso de esta práctica (Pérez, 2003). Una de las principales soluciones para combatir la antracnosis es la utilización de un controlador biológico ya que estos poseen un rápido crecimiento y desarrollo, produce una gran cantidad de enzimas, y pueden desarrollarse en una amplia gama de sustratos; también ayudan a descomponer la materia orgánica, haciendo que los nutrientes se conviertan en formas disponibles para la planta. Por tal motivo, el propósito de esta investigación es disminuir la pérdida de este cultivo aplicando hongos nativos como controladores biológicos, se evaluará la capacidad antagónica de hongos nativos frente al desarrollo de *Colletotrichum gloeosporioides*, Reducir el uso de plaguicidas causantes del deterioro de las plantas e Incentivar a los cultivadores a continuar realizando esta actividad. ¿Cuál es la capacidad antagónica generada por los hongos nativos frente al desarrollo de *colletotrichum gloeosporioides* bajo condiciones in vitro?

## OBJETIVO

### Objetivo general

Evaluación de la capacidad antagónica de hongos nativos frente al desarrollo de *Colletotrichum gloeosporioides* agente causal de la antracnosis en ñame (*Dioscorea alata*).

### Objetivos específicos

1. Aislar *Colletotrichum gloeosporioides* de material vegetal enfermo y hongos nativos de muestras de suelo (Rizosfera) en cultivos de ñame locales.
2. Determinar la capacidad antagónica in vitro de hongos nativos frente al hongo fitopatógeno *Colletotrichum Gloeosporioides*.
3. Comprobar la actividad biocontroladora de hongos nativos en plantas de ñame bajo condiciones semi-controladas

## METODOLOGÍA

Lugar donde se desarrolla la investigación: Este proyecto se llevará a cabo en el laboratorio de biotecnología del centro Agroempresarial y Minero del Sena, ubicado en la sede ternera km1 vía Turbaco Cartagena de Indias, Colombia. Adicionalmente, se realizarán actividades de muestreo en campo, en distintos municipios del departamento de bolívar, especialmente donde existen mayor población dedicada al cultivo de ñame.

Variables de estudio: Se determinó la efectividad antagónica de hongos nativos aislados del suelo frente al hongo patógeno *Colletotrichum gloeosporioides*. Donde se halló el porcentaje de recuperación de cepas de *Colletotrichum gloeosporioides*, % de recuperación de hongos nativos, % de inhibición de hongos nativos frente al hongo fitopatógeno, % supervivencia de plantas de ñame inoculadas.

## Métodos:

1. Aislamiento de *Colletotrichum gloeosporioides*: Se tomó el procedimiento descrito por (Deras, 2014), en el cual se modificó la concentración de etanol de 2% al 75% para desinfección de material vegetal con presencia de antracnosis, el primer muestreo se realizó en el Sena Regional Bolívar en los cultivos de ñame, el segundo muestreo se realizó en el municipio de Arjona, Bolívar, en la finca casa azul, las muestras fueron sembradas en los medios de cultivo Agar Papa Dextrosa (PDA), Agar Avena (AA), y Agar Sabouraud(AS), donde el objetivo era aislar el hongo patógeno *Colletotrichum gloeosporioides*.
2. Aislamiento de hongos nativos de Rizosfera: se utilizó el procedimiento de aislamiento descrito por (Benítez, Rincón, Limón, & Codón, 2004). Se realizaron diluciones en base diez a partir de 1g de cada una de las muestras de suelo, se sembraron 0.1 mL en cajas de A.S, PDA por duplicado, Se incubaron por 7 días a 25°C, para hongos filamentosos. Luego se realizó una observación macroscópica y microscópica para la selección de hongos. Posteriormente, se realizaron aislamientos secundarios en agar PDA, de todos los morfotipos microbiológicos seleccionados; se utilizará una cepa comercial y se purificará en medio A.A para realizar las diferentes técnicas de enfrentamiento.
3. Conservación: se realizará de acuerdo a la investigación realizada por Yeimi (2009). En donde se utilizará la técnica de suelo estéril y crioconservacion; luego se realizará el % de recuperación de las cepas de *Colletotrichum gloeosporioides* y hongos nativos.
4. Ensayo in vitro: se evaluarán 8 tratamientos de 4 cepas de hongos nativos en medios PDA y AA enfrentados con el hongo patógeno mediante las técnicas de enfrentamiento dual y Microcultivo.

5. Pruebas de antagonismo in vitro: Técnica de Enfrentamiento Dual: Esta técnica se realizará según lo descrito por Barbosa & Suarez (2009).
6. Técnica de Microcultivo: Para realizar esta técnica se tomará en cuenta la investigación expuesta por Sánchez & Diego (2013).

## RESULTADOS

De los muestreos realizados se obtuvieron diferentes morfotipos de hongos filamentosos nativos, los cuales se codificaron de la siguiente manera:

1. N°de cepas aisladas: Se aislaron 16 cepas diferentes: CTH1, CTH2, CTH3, CTH4, CTH5, CTH6, CTH7, CTH8, CAH9, CAH10, CAH11, CAH12, CAH13, CAH14, CAH15, CAH16.
2. Frecuencia de crecimiento fúngico: En el primer muestreo se pudo determinar que la cepa que más predominaba contaba con las siguientes características macroscópicas y microscópicas: textura: algodonosa, color anverso: gris, color reverso: negro, pigmento difusible: negro.
3. Frecuencia de crecimiento fúngico: En el segundo muestreo se pudo determinar que la cepa CAH9 corresponde al hongo *Colletotrichum gloeosporioides* debido a sus características macroscópicas y microscópicas. (Figura 1)
4. Textura: algodonosa, color anverso: café, color reverso: café oscuro, pigmento difusible: salmón.

Se pudo determinar que el medio más efectivo fue PDA donde se logró aislar el hongo patógeno *colletotrichum gloeosporioides* identificando de manera clara sus características morfológicas, mediante la técnica de microscopia.



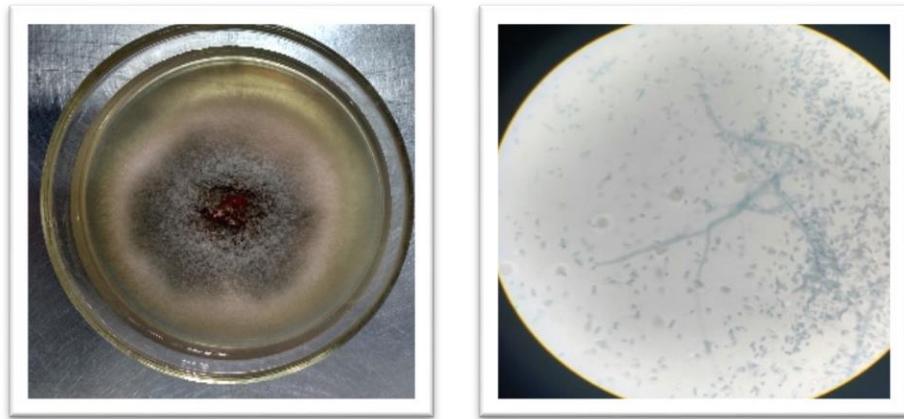


Figura 1: Características macroscópicas y microscópicas del hongo nativo *Colletotrichum gloeosporioides*.

Para el aislamiento de hongos nativos se colectaron 6 muestras de suelo: M1: Santa Catalina, M2: Suelo Micorrizado, M3: Sena de Ternera, M4: Arjona, Bolívar, M5: Turbaco, Bolívar, M6: Arjona, Bolívar, donde no obtuvimos los resultados esperados, identificando de manera clara otras especies de hongos (*penicillium*, *Aspergillus*). De las siembras realizadas en A.A Y PDA de la cepa comercial, solo se obtuvo crecimiento de *Trichoderma* spp. en medio A.A, esta se purificó y se caracterizó macro y microscópicamente (Figura 2), la cepa fue codificada con el siguiente código CH1



Figura 2: Caracterización macroscópica de cepa comercial *Trichoderma* sp.

Estas cepas se conservaron de acuerdo a la investigación realizada por Pinzón (2009), En donde se utilizó la técnica de suelo estéril y crioconservación.

Se realizará un ensayo in vitro donde se evaluarán 8 tratamientos de 2 cepas de hongos nativos en medios PDA y AA y el hongo comercial CH1, los cuales serán enfrentados con el hongo patógeno mediante las técnicas de enfrentamiento dual y microcultivó. Lo anterior se realizará con el objeto de determinar la capacidad antagónica de diferentes hongos nativos y comerciales frente al desarrollo de *Colletotrichum gloeosporioides*.

## **DISCUSION**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el aislamiento del patógeno y las investigaciones realizadas por Deras (2014), se puede evidenciar, que los métodos empleados para aislamiento de este patógeno funcionaron correctamente, debido al crecimiento del hongo *colletotrichum gloeosporioides*, lo cual nos permitió aislar sin ningún problema; las características morfológicas de este hongo aislado fueron las mismas de la investigación del autor Pérez (2003); se recomienda utilizar cloranfenicol en el medio PDA para inhibir el crecimiento de bacterias, ya que este antibiótico hace selectivo al medio.

En los aislamientos realizados en los diferentes municipios de Bolívar, no se logro aislar el hongo antagonista *Trichoderma sp* ya que solo hubo crecimiento de otros hongos nativos sin potencial antagonista; lo cual se puede discutir que los suelos de estos lugares no poseen las características nutricionales descritas por Barbosa & Suarez, (2009). Se recomienda utilizar suelos ricos en materia orgánica, con presencia de material fecal y arboles caídos donde hay más probabilidades de aislar el hongo antagonista; debido a esto se utilizó la cepa comercial *Trichoderma sp* como lo muestran los resultados, se espera realizar las técnicas de enfrentamiento dual y Microcultivo utilizando los hongos con potencial antagonista y el hongo patógeno.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Agroineco (s.f). *Trichoderma*. Recuperado de:  
<http://www.agroineco.com/principios-activos/tricoderma/>

Barbosa, R. & Suarez, C. (2009). Antagonismo in vitro de *Trichoderma harzianum* RIFAI sobre *Fusarium oxysporum* schlecht f. sp *passiflorae* en maracuyá (*Passiflora edulis* sims var. *flavicarpa*) del municipio zona bananera Colombiana. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 62 (1), 4743-4748.

Benítez T., Rincón A., Limón C. & Codón C. (2004). Biocontrol Mechanisms of *Trichoderma* Strains. *International Microbiology*, (4), 249-260.

Corrêa, S., Mello, M., Ávila, Z., Minaré Braúna, L., Pádua & R., Gomes, D. (2007). *Cepas de Trichoderma spp para control biológico de Seclerotium spp*. Brasilia.

Deras, M. (2014). *Aislamiento de fitopatógenos*. Universidad Autónoma de Honduras.

Green, K. R., Abang, M. M. and Iloba C. 2000. A rapid Bioassay for Screening Yam Germplasm for Response to Anthracnose. *Tropical Science*. 40 (3): 132-138.

Infante D., Martínez, B., González, N & Reyes, Y. (2009). Mecanismo de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Revista Protección Vegetal*, 24 (1), 14-21. La Habana.

Pérez, L. (2003) Características morfológicas y patogénicas de *Colletotrichum* sp. como agente causal de la antracnosis en ñame *Dioscorea* sp. *Revista colombiana de biotecnología*, 25 (1), 24-35.

Pinzón, Y. (2009). Evaluación de métodos para la conservación de hongos fitopatógenos del ñame (*Dioscorea* sp). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 11 (2), 8-18.

Sánchez, D. & Diego J. (2013). *Aislamiento y clasificación de mohos y levaduras de subproductos de mango*. Tesis. Universidad técnica particular de Loja.

**EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE CONSORCIOS BACTERIANOS  
REMIEDIADORES DE AGUAS RESIDUALES CONTAMINADAS CON DETERGENTES**

***EVALUATION OF THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF BACTERIAL CONSORTIA OF DETERGENT  
POLLUTED WASTEWATER***

**AUTORES**

Sara Escobar Macías y Sandra Vásquez Lara.

**RESUMEN**

“La contaminación de las aguas constituye actualmente un grave problema ambiental en el contexto global como consecuencia de la industrialización, globalización, crecimiento poblacional y urbanización” (UN-Water 2006), “además debido a que los residuales son vertidos directamente a los ecosistemas acuáticos sin tratar o con tratamientos deficientes” (Salgado, Durán, Cruz, Carballo, & Martínez, 2012.), lo que ocasiona la eutrofización de los cuerpos de aguas receptores y las consecuentes problemáticas ambientales, tales como el crecimiento desmesurado de algas, descensos abruptos del oxígeno disuelto y la muerte de fauna por asfixia.

El principal objetivo de este proyecto es evaluar la actividad biológica de consorcios bacterianos como remediadores de aguas residuales contaminadas con detergentes, lo cual se realizó muestreando en diferentes puntos de la ciudad de Cartagena que cumplieran con características físicas de eutrofización. Luego se realizó el análisis de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua muestreada, se realizaron pruebas bioquímicas para determinar principalmente la solubilización de fosfatos y la reducción de nitratos, y se conservaron las cepas con mayor capacidad para degradar nitratos y solubilizar fosfatos, las cuales fueron 2 de las 6 cepas aisladas, y una de estas se presume de acuerdo a sus características morfológicas macroscópicas y microscópicas que corresponde

al género *Klebsiella* sp; el propósito es diseñar un prototipo de bajo costo, que emplee los microorganismos aislados de las muestras tomadas.

### **ABSTRACT**

*"Water pollution is currently a serious environmental problem in the global context as a result of industrialization, globalization, population growth and urbanization" (UN-Water 2006), "in addition because the waste is discharged directly into aquatic ecosystems without treatment or with deficient treatments "( Salgado, Durán, Cruz, Carballo & Martínez, 2012.), which causes the eutrophication of the receptive water bodies and the consequent environmental problems, such as the demesured growth of algae, abrupt declines in dissolved oxygen and the death of fauna due to suffocation.*

*The main objective of this project is to evaluate the biological activity of bacterial consortiums as wastewater remediators contaminated with detergents, which was done by sampling in different points of the city of Cartagena that complied with physical characteristics of eutrophication. Then the analysis of the physicochemical and microbiological characteristics of the sampled water was carried out, biochemical tests were carried out to determine mainly the solubilization of phosphates and the reduction of nitrates, and the strains with greater capacity to degrade nitrates and solubilize phosphates were conserved. which were 2 of the 6 isolated strains, and one of these is presumed according to its macroscopic and microscopic morphological characteristics that corresponds to the genus *Klebsiella* sp; The purpose is to design a low-cost prototype that uses the microorganisms isolated from the samples taken.*

### **PALABRAS CLAVES**

(Español / inglés) Contaminación / pollution, aguas residuales / wastewater, biorremediación / bioremediation.

## INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua es una modificación que por lo general es causada directa o indirectamente por las acciones del ser humano. La contaminación del agua provoca que la misma se vuelva peligrosa tanto para su consumo como para uso en general, ya sea a nivel personal o industrial. El agua contaminada también resulta peligrosa para el resto de las especies de animales y para las plantas y prácticamente todas las formas de vida que dependan de ella. (EcologíaHoy, 2013)

La contaminación hídrica puede afectar desde el lago más pequeño hasta el ecosistema acuático más grande, debido a que está dada en su mayoría por la mala disposición de residuos sólidos como por vertimientos de cualquier tipo de sustancia. Debido a esta creciente contaminación, tanto de suelo y agua, generada por vertimiento de diversas sustancias en estos ambientes, en la actualidad muchas investigaciones están focalizadas en la implementación de sistemas biológicos que permitan la limpieza y recuperación de las áreas impactadas por estos contaminantes orgánicos y algunos de ellos inorgánicos.

“La mayoría de los vertidos de aguas residuales que se hacen en nuestra región no son tratados, simplemente se descargan en los ríos, el mar, y/o humedales, lo que provoca una gran problemática, conocida como eutrofización, el cual se debe al enriquecimiento de las aguas con nutrientes, en especial con los fosfatos” (Frías & Garrido, 2012), produciéndose de esta manera un “crecimiento excesivo de algas, que al morir se depositan en el fondo de los ríos o lagos, generando residuos orgánicos que, al descomponerse, consumen gran parte del oxígeno disuelto y de esta manera pueden afectar a la vida acuática y producir la muerte por asfixia de la fauna y flora”. (Romero, 2010)

En la ciudad de Cartagena de Indias se presenta vertimiento excesivo de aguas domésticas contaminadas con sustancias orgánicas (detergentes) a los canales, debido, principalmente “a la falta de alcantarillado” (Arcieri, 2014), por ello se considera de gran importancia aplicar estrategias biotecnológicas para el tratamiento de dichas aguas, con el fin de brindar soluciones eficientes y económicas.

De la gran cantidad de nutrientes que son depositados en los cuerpos de agua, los que se encuentran con mayor predominancia son los nitratos de forma contaminante y los fosfatos en formas insolubles. Este proyecto surge por la necesidad que hay de minimizar el impacto ambiental que generan las aguas residuales con alto contenido de detergentes y materia orgánica que son vertidos en los cuerpos de agua; el objetivo es aislar bacterias nativas de estos ambientes con altas cantidades de estos.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN**

En la ciudad de Cartagena, aunque hay numerosos avances en materia estructural en cuanto a la planificación y correcta ejecución del sistema de limpieza y alcantarillado, se encuentran muchas fallas, la principal es que muchos barrios y corregimientos de la misma no cuentan con el sistema de alcantarillado y servicio de acueducto, lo que obliga a las comunidades a verter sus residuos de manera directa a los cuerpos de agua aledaños, mismos que utilizan a su vez para abastecerse, lo cual fue evidenciado por los autores de este proyecto al momento de tomar las muestras de agua en los caños seleccionados; por consiguiente la captación de estas aguas utilizadas por la comunidad podría generar numerosas enfermedades de tipo entéricas y virales.

La problemática mencionada anteriormente, en muchas ocasiones se minimiza con el empleo de tratamientos físico-químicos, que parcialmente hacen remoción de materia orgánica, pero el costo de los reactivos puede ser alto, la remoción de la demanda química de oxígeno es pobre e incluso podría producir residuos, por eso el propósito de este proyecto es implementar técnicas sostenibles y que no generen consecuencias en los ecosistemas, haciendo uso de procesos, como los biológicos, considerados por la biotecnología ambiental como una excelente estrategia para la remediación de aguas contaminadas por compuestos orgánicos, a través de la evaluación del efecto biorremediador que ejercen consorcios microbianos en la degradación de estos compuestos.

¿Cuál es el efecto biorremediador que ejercen los consorcios microbianos en la degradación de contaminantes, como el detergente, en aguas residuales?

## **OBJETIVOS**

### **General**

Evaluar la actividad biológica de consorcios bacterianos remediadores de aguas residuales contaminadas con detergentes.

### **Específicos**

1. Realizar la caracterización físico-química de las muestras de aguas residuales obtenidas de diferentes puntos ubicados en la ciudad de Cartagena de Indias.
2. Aislar consorcios microbianos biodegradadores a partir de las muestras de agua.
3. Evaluar el efecto biorremediador de consorcios microbianos nativos en aguas residuales.
4. Diseñar un sistema piloto para el tratamiento biológico de las aguas residuales.

## **METODOLOGÍA**

Investigación analítica-experimental, metodología cuantitativa.

Localización de la investigación: Los ensayos de biorremediación se realizarán en el laboratorio de biotecnología del Centro Agroempresarial y Minero.

Población de estudio: Se evaluará la actividad biológica de consorcios microbianos obtenidos de muestras de aguas residuales en distintos sectores de la ciudad de Cartagena.

Puntos de muestreo: Se organizó un muestreo de acuerdo a lo planteado en la NTC- ISO 5667-1995 referente a técnicas generales de muestreo. Inicialmente, para seleccionar los



puntos de muestreo se tuvo en cuenta lugares donde hubiese gran cantidad de asentamientos urbanos o comerciales, para de esta manera contrastar las cantidades de vertimientos de aguas contaminadas con detergentes a los cuerpos de agua en el estudio de nitratos y fosfatos presentes en ésta. Otro de los aspectos que se tuvo en cuenta para localizar los puntos de muestreo fue el de ubicar comunidades que no contaran con el óptimo servicio de alcantarillado, lo cual ocasiona vertimientos puntuales a los cuerpos de agua; ya que al no haber conexión con el alcantarillado hay una descarga directa de los desechos a estos. Partiendo de esto se tomó como primer punto los alrededores de la Laguna el Cabrero (Barrio Marbella), Caño Ricaurte (Olaya Herrera), y la Ciénaga de la Virgen (Vía perimetral).

**Métodos:** Los métodos aplicados se realizaron con el fin de obtener datos que nos permitieran hacer una comparación del comportamiento que se desea de los microorganismos a aislar con las condiciones de crecimiento de cada uno de ellos en este medio, puesto que será determinante a la hora de realizar bioensayos para probar la capacidad de degradación de cada uno en el medio al cual serán adaptados.

1. **Análisis fisicoquímico:** Se aplicaron distintos procedimientos para realizar el análisis fisicoquímico y microbiológico de las muestras de agua residual. Primeramente, se tomaron parámetros en sitio respecto a pH, temperatura y oxígeno disuelto, con el multiparámetros. Para medir la concentración de nitratos y fosfatos, se tomaron cantidades de agua significativa y se transportaron hasta el laboratorio de Biotecnología del Centro Agroempresarial y Minero. Se realizó el análisis de Nitratos por espectrofotometría UV de acuerdo a la metodología de Herrera (2009), en el cual se midió la concentración de nitratos presentes en las muestras de agua residual obtenidas en cada punto muestreado, mediante la realización de una curva de calibración a partir de la preparación de una solución madre y una solución patrón de nitrato de potasio ( $KNO_3$ ) y la medición de la absorbancia a 220 y 273 nm en el espectrofotómetro UV.

Luego el procedimiento realizado fue el de análisis de fosfatos por colorimetría, en el cual se midió la concentración de fosfatos presentes en las muestras de agua residual obtenidas en cada punto muestreado tomando una muestra de agua y midiendo la concentración colorimétricamente.

2. Análisis microbiológico: Para la medición de parámetros microbiológicos de las muestras de agua residual, primeramente, se aplicó la técnica de las diluciones seriadas para bajar la concentración de cada una de las muestras y luego se realizó la siembra en los medios de cultivo selectivo y diferencial de Agar nitrato y Agar SRSM. Se incubó por 24 horas a 35°C y se realizó caracterización macroscópica de acuerdo a las características morfológicas de las colonias y microscópica, utilizando la técnica de tinción según Gram, que de acuerdo a la coloración determina si las bacterias son Gram negativas (Fucsia) o Gram positivas (Violeta), lo que nos permitió identificarlas en los objetivos 4x, 10x y 100x.
  
3. Prueba de reducción de nitratos, solubilización de fosfatos y conservación de cepas: Para la determinación de la reducción de nitrato de las cepas aisladas se aplicó en tubos de ensayo con el inóculo de cada una de las cepas obtenidas, el reactivo A y B de Griess-Ilosvay, el cual proporciona información de las cepas reductoras mediante un cambio de color en el medio o la ausencia de éste, igualmente, se procedió a analizar la capacidad de solubilizar fosfatos por parte de estas cepas en un medio solido de Agar SRSM con purpura de Bromocresol, en el que se determina esta capacidad por la acidificación del medio, la aparición de halos y cambio de color del mismo.

También se realizó el análisis para determinar la patogenicidad de las cepas aisladas, mediante la técnica del número más probable (NMP); esto se realizó aplicando 2 fases, una presuntiva y una confirmativa. Para la prueba presuntiva se inocularon tubos con cada una de las cepas y se incubó por 24 horas a 35°C. Luego de implementar la metodología para determinar coliformes en las muestras de agua residual se realizó el conteo de los tubos positivos. Igualmente, se procedió para la

fase confirmativa haciendo réplicas de los tubos positivos que resultaron en la fase presuntiva.

Finalmente, se realizaron repiques de las cepas en medio con Agar nutritivo y se procedió a hacer la conservación de las mismas en donde se utilizó el método de crio-preservación por ultracongelación a  $-87^{\circ}\text{C}$  con el crio-preservante dimetil sulfoxido (DMSO) al 50%. Se prepararon medios con caldo BHI como suspensión celular, dimetil sulfoxido (DMSO), para la conservación de las cepas y agua peptonada. Se realizó purificación con la técnica de la siembra masiva para luego hacer raspado de cajas e inocular en la suspensión. Se prepararon 10 viales por cada una de las cepas aisladas y se crio-preservaron en ultracongelación.

4. Preparación de agua residual sintética: Para la preparación del agua residual sintética, se utilizó la preparación usada por Leal (2015), que es un agua residual de concentración media, con la adición de los siguientes componentes: Peptona- 160 mg/L,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 2 mg/L,  $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ - 4 mg/L, NaCl- 7 mg/L, en donde se agregó como fuente de fosforo  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  y como fuente de nitrógeno  $\text{KNO}_3$ .
5. Producción del inóculo: Se prepararon tubos con caldo nutritivo y se realizó el raspado de cajas con la cepa a inocular, y se colocó en el shaker a 250 rpm,  $35^{\circ}\text{C}$  por 12 horas, Luego de 12 horas se realizó el traspaso del inóculo a un recipiente con caldo nutritivo de mayor tamaño y se colocó en el shaker en las mismas condiciones, por último, se hizo el traspaso en un recipiente de mayor tamaño y luego de colocar al shaker en las mismas condiciones se sirvió 5 ml en frascos preparados de agua residual sintética.

## **RESULTADOS PARCIALES**

1. Análisis de parámetros físicoquímicos: Al medir con el Multiparámetros los parámetros físicoquímicos en cada punto y en el laboratorio, arrojaron los siguientes resultados presentados en la tabla 1.

Tabla 1.

Resultado de la medición de parámetros fisicoquímicos en sitio y en el laboratorio.

Punto Parámetro	P1-MARBELLA 10°26'3.17"N- 75°32'5.49"O	P2-VÍA PERIMETRAL 10°24'56.55"N- 75°30'41.48"O	P3-CAÑO RICAURTE 10°24'23.97"N- 75°29'20.04"O
pH	7.3	8,0	7.5
Temperatura	33.4°C	37,2°C	37°C
O <sub>2</sub> Disuelto	1,21 mg/L	1,77 mg/L	1,70 mg/L
Fosfato	2,0 mg/L	7,2 mg/L	3,4 mg/L
Nitrato	18,54 mg/L	32,4 mg/L	29,12 mg/L

En la tabla 1 se muestra la relación que guarda cada parámetro, en tanto que algunos llegan a ser directamente proporcional a los demás, como es el caso del oxígeno disuelto y la temperatura, que alcanzan a ser directamente proporcional dado que a mayor temperatura, mayor cantidad de oxígeno disuelto; además, se muestran niveles elevados de nitratos y fosfatos, dado que en Colombia el nivel máximo permitido de nitratos en agua es de 10 mg/L y de Fosfatos 5mg/L (Res 2115, 2007), cantidad que se vio excedida en la medición de este parámetro en los 3 puntos analizados y para fosfatos en el punto 2.

2. Análisis de parámetros microbiológicos: Luego de realizar el procedimiento de diluciones seriadas se caracterizó macro y microscópicamente las colonias bacterianas en los medios con Agar nitrato y SRSM con púrpura de Bromocresol. Se realizó el conteo en placa de las UFC (unidades formadoras de colonias) presentes en medio con Agar Nitrato, mediante la fórmula:

N° de colonias X inverso de dilución X Factor de corrección

$$60 \times 10.000 \times 10 = 6.000.000 = 6 \times 10^6 \text{ UFC/mL}$$

Y luego las UFC que crecieron en Agar SRSM, que mediante el colorante púrpura de Bromocresol, mostró las cepas que fueron capaces de degradar el fosfato presente en el medio, mediante el desarrollo de un halo de color amarillo.

N° de colonias X inverso de dilución X Factor de corrección

$$72 \times 10.000 \times 10 = 7.200.000 = 7.2 \times 10^6 \text{ UFC/mL}$$

3. Caracterización macroscópica: Generalmente, en el medio de Agar nitrato crecieron 2 tipos de bacterias, y en el medio de Agar SRSM crecieron 4 tipos de bacterias que fueron capaces de degradar el fosfato, como lo muestra la tabla 2:

Tabla 2.

Caracterización macroscópica de cepas aisladas en medios de cultivo selectivo y diferencial.

Cepas en Agar Nitrato					
Código	Borde	Textura	Elevación	Forma	Tipo
CAM2-N	Entero	Cremosa	Elevadas	Circular	Bacilos cortos Gram negativos.
CAM2-N2	Dentado	Cremosa	Planas	Rizoide	Bacilos cortos Gram negativos.
Cepas en Agar SRSM					
Código	Borde	Textura	Elevación	Forma	Tipo
CAM2-F	Entero	Cremosa	Convexa	Circular	Bacilos cortos Gram negativos.
CAM2-F	Ondulado	Cremosa	Planas	Irregular	Bacilos cortos Gram negativos.
CAM3-F	Entero	Cremosa	Planas	Puntiformes	Bacilos cortos Gram negativos.
CAM3-F	Entero	Cremosa	Pulvinada	Circular	Bacilos cortos Gram negativos.

4. Caracterización Microscópica: En la caracterización microscópica se obtuvieron los siguientes datos: Bacilos Gram negativos, cortos. Estas características fueron determinadas mediante tinción de Gram que a bacilos Gram negativos les da un color fucsia, lo que permitió identificarlos bajo la luz del microscopio óptico.
5. Prueba de reducción de nitrato: En tubos inoculados por 24H a 35°C en caldo Nitrato, se aplicó 1 mL de reactivo A y B de Griess-Ilosvay en cada tubo del cual se obtuvo que la cepa CAM2-N es positiva, es decir que si son reductoras de Nitrato y la cepa CAM2-N2 resultó negativa, estas no son reductoras de Nitrato, esto fue determinado mediante un cambio de color en el medio de transparente a Rojo, cambio que no fue

notado con la otra cepa en estudio.

6. Determinación de coliformes por el método del número más probable (NMP): Luego implementar la metodología para determinar coliformes en las muestras de agua residual, se obtuvieron los siguientes resultados en la prueba presuntiva:

- Punto 1 - Marbella: 1100 NMP/mL
- Punto 2 - Vía perimetral: 42 NMP/mL
- Punto 3 - Caño Ricaurte: >1100 NMP/mL

Luego se realizó la réplica de los tubos positivos y se incubaron a 45 °C por 48 H para determinar coliformes fecales en la prueba confirmativa, de la cual se obtuvieron los siguientes resultados:

- Punto 1 - Marbella: 1100 NMP/mL
- Punto 2 - Vía perimetral: 42 NMP/mL
- Punto 3 - Caño Ricaurte: >1100 NMP/mL

Después de realizar pruebas bioquímicas a las 6 cepas obtenidas en el aislamiento, se eligieron 3 cepas, 1 fue capaz de reducir nitratos a nitritos, aislado que fue contaminado, y 2 que fueron capaces de solubilizar fosfatos, a las cuales para reducir el gasto de reactivos se les realizaron pruebas para determinar si las cepas resultantes eran capaces de hacer el mismo trabajo, por esto se evaluó la capacidad reductora de las cepas solubilizadoras de fosfato y se determinó que poseen la capacidad de reducir nitratos y solubilizar fosfatos. Luego, se realizó siembra en medios de cultivo selectivo y diferencial de Agar EMB y Agar McConkey que son medios para creci-

miento de enterobacterias en los cuales de acuerdo a las características macro y microscópicas de las colonias, se presume pertenecen al género *Klebsiella* sp.

## RESULTADOS ESPERADOS

1. Diseño de prototipo a bajo costo de un sistema de tratamiento biológico de aguas residuales a partir de bacterias nativas solubilizadoras de fosfato y reductoras de Nitrato, para así lograr obtener un producto con características eficientes, en la recuperación de aguas residuales contaminadas con detergentes, y reducir el foco de contaminación generada por estos componentes.
2. Realizar informe científico, que incluya todos los procedimientos realizados, evidencias fotográficas de cada proceso y datos eficientes sobre el porcentaje de remoción de fosfatos y nitratos en aguas residuales a partir de técnicas de Biorremediación, y a su vez dejar datos eficientes que sirvan para hacer comparaciones y referencias.
3. Artículo de divulgación para la Revista del Centro Agroempresarial y Minero, una vez finalizado el proyecto y de esta manera inspirar y motivar la participación en investigación de otros aprendices con iniciativas.

## CONCLUSIÓN

Dado que nuestro proyecto aún se encuentra en curso, se concluye acerca de la caracterización físico-química y microbiológica de las muestras de agua tomadas.

La medida cuantitativa de cada parámetro permitió determinar que las condiciones en las que se encuentran los cuerpos de agua en los que se realizaron los muestreos están en estado crítico, debido a la gran cantidad de residuales vertidos, donde se notó la escasa cantidad de oxígeno disuelto presente en ellas y la alta concentración de nutrientes como el nitrato y el fosfato, los cuales fueron características importantes a la hora de hallar los microorganismos nativos que se requieren para este estudio.

Aún en estas precarias condiciones se notó la permanencia de algunos microorganismos cuyas condiciones de vida poco exigentes les permitieron crecer en medios con alta concentración de nutrientes, como en el caso de la presunta cepa del género *Klebsiella* sp, a la cual se le realizarán las evaluaciones pertinentes del potencial para la degradación del contaminante objeto de este estudio —detergente.

## **DISCUSIÓN**

Hay una alta influencia de las condiciones fisicoquímicas sobre el crecimiento de los microorganismos que éstas deben favorecer, por eso se realizó la medición de los parámetros fisicoquímicos en distintos puntos de la ciudad de Cartagena, en receptores de aguas residuales domésticas y comerciales, los cuales mostraron una degradación de la calidad ambiental por la contaminación a la que están sometidos, puesto que las condiciones del oxígeno disuelto eran significativamente bajas como para mantener las condiciones óptimas para albergar la vida de muchos microorganismos y mantener la calidad del agua. Caso similar a lo que plantea Leal (2015), en su trabajo de grado, realizado para determinar la capacidad biodegradadora de bacterias aisladas de rizósfera de plantas de la ribera del Río Combeima, que al tomar los parámetros fisicoquímicos determinaron que estaba siendo afectado por la contaminación, dado que, al igual que en la toma de nuestros parámetros, notaron descensos en los niveles de oxígeno disuelto. Por esta razón se ha decidido tomar medidas en cuanto a tratamiento en este importante recurso; nuestro proyecto, planteándolo desde la remediación con microorganismos nativos de las aguas residuales, mientras que Leal, atacaría la problemática con microorganismos aislados de rizósfera de plantas que están alrededor del río combeima.

Por otro lado, se tuvo el crecimiento de una cepa presuntiva de *Klebsiella* sp, microorganismo con la capacidad de crecer y/o adaptarse a ambientes con condiciones ambientales precarias, lo cual sustenta la presencia de ésta en las muestras de agua tomadas. Al realizarle pruebas bioquímicas se pudo determinar que es reductora de nitrato y solubilizadora de fosfato, capacidad natural conferida a los microorganismos pertenecientes a la familia de las enterobacterias, de acuerdo a lo planteado por Beltrán (2014) y Pachón



(2004), donde se determina lo buen reductor de nitratos que es este género bacteriano, lo cual está sustentado por Morales (2006), donde evidencia en la presentación de sus resultados que si es posible la remoción simultanea de fosfato y nitrato en agua residual a partir de bacterias que son capaces de acumular fosfatos a partir del oxígeno de los nitratos.

#### **BIBLIOGRAFÍA:**

Arcieri G. (2004). *La contaminación amenaza dos balnearios de cartagena*. El tiempo. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1500437>

Beltrán Pineda, M.E. (2014). La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.* 15 (1), 101-113.

Ecología Hoy (2013). *Contaminación del agua*. Recuperado de: <http://www.ecologiahoy.com/contaminacion-del-agua>.

Frías, J. & Garrido N. (2012). *Biorremediación de aguas contaminadas con detergentes por medio de bacterias quimiosintetizadoras*. La Serena, Chile: Colegio Gerónimo Rendic.

Herrera, R. (2009). *Espectrofotometría-ultravioleta. Análisis de nitratos de aguas*.

Leal, J. (2015). *Evaluación de la capacidad biodegradadora de materia orgánica de bacterias aisladas de la rizósfera de dos plantas de la ribera del río Combeima-tramo ut*. Trabajo de grado. Universidad del Tolima.

López, N. (2009). *Propuesta de programa para el manejo de los residuos sólidos en la Plaza de mercado de Cerete, Cereabastos*. Tesis. UPB.

Morales, J., Gonzáles, M. & González, O. (2006). *Remoción biológica simultánea de fósforo y nitrógeno de agua residual*.

Pachón, D. (2009). *Aislamiento, identificación y serotipificación de enterobacterias del genero salmonella en una población de crocodylus intermedius y testudinos mantenidos en cautiverio en la estación de biología tropical roberto franco e.b.t.r.b de la Facultad de ciencias - Universidad Nacional de Colombia en Villavicencio - Meta*. Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana.

Resolución 2115. Ministerio de Ambiente y Desarrollo. Bogotá, 22 de junio de 2007.

Romero, M. (2010). Proceso de eutrofización de afluentes y su prevención por medio de tratamiento de efluentes. *Ingeniería primero*, (17), 64-74.

Salgado, I., Durán, C., Cruz, M., Carballo, M. & Martínez, A. (2012). Bacterias rizosféricas con potencialidades fisiológicas para eliminar materia orgánica de aguas residuales. *Revista Internacional Contaminación Ambiental*, 28(1), 17-26.

UN-Water (United Nations World Water Assessment Programme) (2006). *United Nations World Water Development Report: Water, a Shared Responsibility*. World Water Development Report Editors.

Villegas, S. (2009). *Aislamiento de microorganismos degradadores de 2, 4, 6-trinitrotolueno (tnt) a partir de ambientes contaminados con explosivos*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.



**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y LA SOBREVIVENCIA DE POST-LARVAS DE BAGRE  
PINTADILLO (PSEUDOPLATYSTOMA PUNCTIFER)**

***EVALUACIÓN OF THE GROWTH AND SURVIVAL OF POST-LARVA OF BAGRE PINTADILLO  
(PSEUDOPLATYSTOMA PUNCTIFER)***

**AUTORES**

Gustavo Juris Torregrosa, Alejandro Giraldo Obregón y Jhon Didier Pérez.

**RESUMEN**

La necesidad de dar solución a las principales problemáticas de producción de silúridos, proporciona estrategias técnicas y científicas orientadas al uso de diferentes tipos de alimento y condiciones controladas que proporcionen un mayor crecimiento y porcentaje de sobrevivencia al disminuir el nivel de canibalismo. Por lo cual esta investigación se enfoca en evaluar 10 dietas y su efecto sobre el crecimiento y la sobrevivencia en post-larvas de *Pseudoplatystoma punctifer* con 72 horas post-eclosión y talla inicial de  $5.57 \pm 0.61$  mm con  $1.20 \pm 0.52$  mg de peso durante 45 días; obteniéndose que T1 (100% artemia salina), mostró diferencia significativa en cuanto a talla (mm), siendo el mejor y T4 (100% alimento comercial 45% PB) el que menor desempeño obtuvo; sin encontrarse diferencia significativa para peso (mg) según ANOVA ( $p < 0.05$ ); e igualmente este análisis sirvió para comprobar que la única variable físico-química del agua que presentó diferencia significativa entre tratamientos fue temperatura, siendo esto directamente asociado a sobrevivencia. La mejor sobrevivencia fue para T6 (50% Artemia y 50% Bocachico) con  $42 \pm 8,40\%$  y la menor reportada para los tratamientos T9 (50% Zooplacton y 50% alimento comercial (45%PB) con  $1,33 \pm 8,40$  y T4 con  $2,67 \pm 0,62\%$ .

## ABSTRACT

*The need to solve the main problems of silurid production, provides technical and scientific strategies oriented to the use of different types of food and controlled conditions that provide a greater growth and survival percentage by decreasing the level of cannibalism. Therefore, this research focuses on evaluating 10 diets and their effect on growth and survival in post-larvae of *Pseudoplatystoma punctifer* with 72 hours post-hatch and initial size of  $5.57 \pm 0.61$  mm with  $1.20 \pm 0.52$  mg of weight for 45 days; obtaining that T1 (100% brine shrimp), showed significant difference in size (mm), being the best and T4 (100% commercial feed 45% PB) the lowest performance obtained; without finding significant difference for weight (mg) according to ANOVA ( $p < 0.05$ ); and also this analysis served to verify that the only physical-chemical variable of the water that presented significant difference between treatments was temperature, being this directly associated with over-experience. The best survival was for T6 (50% Artemia and 50% Bocachico) with  $42 \pm 8.40\%$  and the lowest reported for T9 treatments (50% Zooplacton and 50% commercial feed (45% PB) with  $1.33 \pm 8$ , 40 and T4 with  $2.67 \pm 0.62\%$ .*

## PALABRAS CLAVES

(Español/Inglés) Crecimiento / *growth*, sobrevivencia / *survival*, canibalismo / *cannibalism*, dietas / *diets*.

## INTRODUCCIÓN

Leyendo a Fernández, & Núñez, (s.f.), Marciales, Díaz, Medina & Cruz, (2010), y Núñez, Castro, Fernández, Dugué, Chu-koo, Dunpochelle, García, & Franco (2011), se puede deducir que la larvicultura del bagre pintadillo (*Pseudoplatystoma punctifer*) es uno de los puntos más críticos en cuanto a sobrevivencia se refiere, siendo esto relacionado principalmente a su alta tendencia al canibalismo; así mismo, como se encuentra en el documento de FAO (2010), los peces del género *pseudoplatystoma* son individuos con

habito nocturno, los cuales no poseen dientes cortantes y por lo cual tragan sus presas enteras, apoyándose de la gran capacidad de su apertura bucal.

Según Atencio & Zaniboni (2006) “factores como la diferencia de tamaño, la disponibilidad de alimento, frecuencia de alimentación, densidad poblacional, ausencia de refugios, y la intensidad de luz, facilitan la depredación entre los individuos”; por lo cual si estos se controlan y/o adaptan para que logren satisfacer los requerimientos en *Pseudoplatystoma punctifer* se obtendrá una mayor tasa de sobrevivencia y crecimiento.

Igualmente, la falta de conocimiento acertado sobre el manejo de los individuos de *Pseudoplatystoma* en sus primeras etapas de vida (larvicultura y alevinaje) es la principal causante de la baja producción de semilla para las fases futuras (precría y engorde); ya que esto se asocia al desconocimiento de técnicas eficientes para una óptima alimentación que ayude a reducir considerablemente el porcentaje de canibalismo y que además permita el acostumbramiento a dietas secas (concentrados y/o dietas artificiales) las cuales permiten reducir su costo de producción, tal como anota Martínez (2011).

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN**

Se crea la necesidad de investigar la larvicultura del bagre pintadillo (*Pseudoplatystoma punctifer*) en su primera alimentación exógena empleando diferentes dietas alimenticias, debido a que esta especie presenta altas tasas de canibalismo, siendo este factor el más influyente en la mortalidad durante etapas de larvicultura y alevinaje.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Determinar el crecimiento de post-larvas de Bagre Pintadillo (*Pseudoplatystoma punctifer*) en su primera alimentación exógena, empleando diferentes dietas alimenticias.

## **Objetivos específicos**

1. Evaluar el crecimiento en talla (mm) y peso (mg) de post-larvas de Bagre Pintadillo.
2. Cuantificar la sobrevivencia, asociada al canibalismo en las diferentes dietas.
3. Determinar los índices zootécnicos de los individuos sometidos a las diferentes dietas alimenticias.
4. Determinar la calidad del agua y su efecto sobre el desarrollo de los peces

## **METODOLOGÍA**

Los individuos que fueron utilizados para este estudio se obtuvieron mediante la técnica de reproducción inducida con extracto pituitario de carpa (EPC) establecida por FONDEPES (2015). Los reproductores que se utilizaron para la reproducción, fueron mantenidos en cautiverio dentro de estanques en tierra (área de 600 m<sup>2</sup>), con 1.4 metros de profundidad y alimentados con especies forrajeras (*Oreochromis mossambicus*).

Después de esto se distribuyeron las post-larvas (con 24 horas post-eclosión) en 30 recipientes de plástico a una densidad de 5 post-larvas por litro de agua, con un volumen total de agua de 10 litros cada uno (50 post-larvas/10Lts), para un total de 1500 post-larvas de bagre pintadillo, para todos los tratamientos en el experimento y el cual fue ejecutado por 45 días con un total de 4 refugios en tubo PVC de 1 pulgada con 5 cm de largo. Diariamente se realizó recambio de agua de un 20-30% y/o sifoneo de fondo cuando la concentración de materia orgánica en descomposición era considerable.

Además, contaron con aireación constante aportada por un blower y piedras difusoras para su distribución dentro del recipiente; asimismo, se empleó una técnica de fotoperiodo de 0,5-23,5 (luz: oscuridad) la cual consiste en cubrir los recipientes que contenían las post-larvas de bagre con plástico negro, sugerida en Martínez (2011).

Así pues, se evaluaron diez (10) tratamientos con tres (3) replicas cada uno; una vez que las post-larvas iniciaron la alimentación exógena a las 72 horas post-eclosión con una talla de  $5.57 \pm 0.61$  mm y peso de  $1.20 \pm 0.52$  mg. En donde se les suministró el alimento vivo a razón de 56 organismos de zooplancton silvestre y artemia salina, 7 larvas de bocachico (*Prochilodus nigricans*) por cada post-larva de pintadillo y el alimento concentrado en polvo (3 gramos por ración), al día, aumentando cada 15 días en un 200% la cantidad de alimento para todos los tratamientos, con una frecuencia de alimentación de 8 veces al día: 6:00 am, 9:00 am, 12:00 pm, 3:00 pm, 6: 00 pm, 9:00 pm, 12:00 pm, 3:00 am.

Los tratamientos evaluados fueron:

- T1: 100% de artemia salina.
- T2: 100% Zooplancton silvestre.
- T3: 100% de larva de Bocachico (*Prochilodus nigricans*).
- T4: 100% alimento comercial 45% PB.
- T5: 50% artemia salina y 50% Zooplancton silvestre.
- T6: 50% de artemia salina y 50% larva de Bocachico.
- T7: 50% de artemia salina y 50% alimento comercial (45%PB).
- T8: 50% zooplancton y 50% larva de Bocachico.
- T9: 50% Zooplacton y 50% alimento comercial (45%PB).
- T10: 50% larva de Bocachico y 50% alimento comercial (45%PB).



El zooplancton fue filtrado con malla de 250 micras de ojo, la artemia salina suministrada fue provista de cistos de artemia recién eclosionados (marca INVE), y el alimento comercial en polvo al 45% proteína bruta (PB) marca Solla.

Determinación del crecimiento y sobrevivencia: Se anestesiaron las post-larvas de bagre pintadillo implementando Benzocaína diluida en agua (0,01gr/ 100 ml) según lo propuesto por Ayres (2006); la cual mantiene anestesiadas las larvas por un periodo de 3 minutos aproximadamente, para su posterior pesaje y medición.

Cada 15 días se realizaron mediciones de talla (mm) y peso (mg) con el 100% de la población de cada unidad experimental, con el objetivo de determinar el crecimiento en los individuos. El peso se midió con en una balanza (marca OHAUS modelo PA323C, con precisión de  $\pm 1$  mg) y la longitud total fue medida por medio del uso del software libre de procesamiento de imágenes (Image J versión 1.51.), el cual se basa en fotografías digitales tomadas con cámaras de alta resolución, como se hizo en Berrocal (2012), Méndez, Castro, García, Duponchelle, Renno & Núñez (2012), Maynas (2015).

Al finalizar cada uno de los experimentos se calculó la ganancia de talla [GT=(Talla final (mm) - Talla inicial (mm))]; Ganancia de peso [GP=(Peso final (Mg) - peso inicial (Mg))]; Tasa específica de crecimiento (%/día) [TEC= Ln (Peso final - Peso Inicial)/tiempo de cultivo]\* 100, Sobrevivencia: S (%) = (número final de Post-larvas/número inicial de post-larvas) x 100 y Porcentaje de canibalismo [(Ca)= (n° peces faltantes que no se encontraron muertos x 100/ n° inicial de peces), basado en fórmulas propuestas por Castañeda & Ochoa (2012) y Prieto, Hernández, Gómez, Pardo, Atencio & Rosa (2013).

Calidad del agua: La calidad de agua dentro de los recipientes fue monitoreada mediante el uso de un pH-metro marca Hanna (modelo HI 98127), el cual permitió examinar las condiciones de pH. La temperatura y el oxígeno disuelto fueron medidos por medio de un oxímetro YSI 550A.

Análisis estadístico: Se realizó un diseño completamente al azar (DCA) con 3 repeticiones para cada uno de los 10 tratamientos, con un total 30 unidades experimentales. Los cuales se evaluaron con infostat 2016 versión estudiantil, en el cual se comparó estadísticamente, mediante análisis de varianza (ANOVA), análisis de varianza multivariado (MANOVA), y prueba de Hotelling, las medias para las variables de crecimiento (talla y peso), físico-químicas (temperatura, oxígeno disuelto y pH) con un criterio de significancia ( $p < 0.05$ ). Y, por último, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para la evaluación de la asociación y atribución de las variables físico-químicas y de crecimiento con los tratamientos, además, de su asociación con el tiempo. El porcentaje de sobrevivencia también fue evaluado con análisis de varianza (ANOVA ( $p < 0.05$ ), tal como se hizo en Correa (2004), Balzarini, Gonzalez, Tablada, Casanoves, Di Rienzo & Robledo (2008), Balzarini, Gonzalez, Tablada, Casanoves, Di Rienzo & Robledo (2011), Gómez, García & Navarro (2012), Gómez (2013), & Pérez, García & Rosas (2015).

## RESULTADOS

El análisis de varianza (ANOVA), manifestó que al comparar los promedios totales para las variables de crecimiento (talla y peso) obtenidos a los 45 días de experimentación se afirmó una diferencia significativa siendo la mejor talla (mm) para los tratamientos T1 y T6; el peor fue T4; en cuanto a peso (mg) no hubo diferencia significativa siendo el mejor tratamiento T1 y el peor T2. En las variables físico-químicas se obtuvo que no hubo diferencia significativa para oxígeno disuelto, y pH, pero si en temperatura siendo T6 ( $25,73 \pm 0,49$  °C) el mejor y T1 ( $23,71 \pm 0,49$  °C) el peor nivel ( $p < 0.05$ ).

El suministro de alimento vivo como naúplios de artemia, rotíferos, entre otros, es la mejor forma de obtener buenos resultados en larvicultura. Asimismo, permite mantener una alta sobrevivencia debido a que los individuos cultivados enfocan su instinto cazador al alimento vivo, disminuyendo el canibalismo, tal como sostienen Atencio & Zaniboni (2006) & Córdoba, Martínez, López, Campaña, Miranda, Ballester, & Marco (2010).

Autores como Núñez, Dugué, Corcuy, Duponchelle, Renno, Raynaud, Hubert, & Legendre (2008) y Marciales, Cruz, Díaz, Medina, & Cruz (2011) recomiendan el uso de naúplios de *Artemia* sp, ya que este alimento mantiene un alto porcentaje de sobrevivencia y crecimiento durante la primera alimentación exógena en larvas; su importancia se direcciona a su alto valor nutricional que posee ácidos grasos (n-3 y n-6), 12-30% lípidos, 4-21% cenizas, 31-47% de proteína que favorece el desempeño de las larvas, como sugieren Rodríguez, Maldonado & Carrillo (2006) y Prieto & Atencio (2008). Además, Prieto & Atencio (2008) recomiendan el uso de larvas de forraje cuando se trata de alimentar especies con conducta caníbal.

Guerrero, (2003); FAO, (2010); Martínez, (2011), Méndez, et al., (2012), Sánchez & Yahuarcani, (2014) y Castañeda, Gutiérrez, & Santamaría (2014) aconsejan que las especies de *Pseudoplatystoma* deben ser acostumbradas a dietas comerciales y/o artificiales, partiendo principalmente desde una dieta viva o una dieta húmeda, ya que estas especies tienen una alta dificultad de asimilar alimento artificial en etapas tempranas de vida. Siendo quizá esta la razón por la cual el T4 representó el menor desempeño en talla.

La calidad nutricional del zooplancton según Córdoba et al. (2010) depende de su alimentación previa y además de la especie. Marciales et al. (2010) evaluó el crecimiento y la sobrevivencia de larvas de *Pseudoplatystoma fasciatum* con 3 días post-eclosión, a las cuales alimentó 4 veces al día con naúplios de artemia y zooplancton nativo (*Diaphanosoma* sp. y *Moina* sp.) no enriquecidos y enriquecidos con una emulsión a base de 20% de aceite de canola, 7% de lecitina de soya y 73% de agua destilada; observando los mejores resultados en crecimiento con los tratamientos que se surtían con naúplios de *Artemia*. Siendo estos resultados similares a los de este estudio en donde el menor desempeño en peso se dio para el zooplancton (T2) y obteniéndose los mejores resultados talla-peso para la *Artemia* (T1).

Al evaluar las dietas en función del tiempo (ANOVA medidas repetidas) se evidenció que no se presentó diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) para talla (mm), pues se observó que a los 45 días los tratamientos T1 ( $34,42 \pm 4,03$ ) y T6 ( $33,23 \pm 4,03$ ) obtuvieron mejor desempeño y el menor fue para el T4 ( $7,20 \pm 4,03$ ) a los 30 días.

De igual forma el análisis (ANOVA medidas repetidas) verificó el desempeño en peso (mg) para los individuos de *Pseudoplatystoma punctifer* ( $p < 0.05$ ), en donde no se encontró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), siendo el T1 ( $382,55 \pm 54,45$  mg) a los 45 días el mejor; T9 ( $4,50 \pm 54,45$ ) y T4 ( $4,74 \pm 54,45$ ) a los 15 días los tratamientos que menor desempeño en peso obtuvieron.

Castañeda, Cruz, Moraes, Yossa & Cruz (2016) obtuvieron individuos de  $103.0 \pm 15.6$  mg a densidad de 10 larvas/L;  $76.1 \pm 19.8$  mg (50 Larvas/L) y  $66.7 \pm 9.3$  mg (100 Larvas/L) con artemia salina a 20 DPE, concluyendo que la densidad de siembra afecta la sobrevivencia y peso corporal de las larvas; lo que indica un buen resultado en el tratamiento con artemia (T1) con  $382.55 \pm 54,45$  mg y  $34,42 \pm 4,03$  mm, al ser la densidad en esta investigación menor a la reportada por este autor.

En cuanto a ganancia de talla (GP) y peso (GT) el T1 fue el más eficiente; siendo el T4 el que tuvo menor GT y T2 en cuanto a GP; la mejor tasa de crecimiento específico (TCE) fue para T1, la menor T2 (tabla 1).

*Tabla 1.*

Valores promedio de la ganancia de talla (GT), peso (GP) y tasa de crecimiento específico (TCE) en post-larvas de bagre pintadillo a los 45 días bajo diferentes dietas.

Tratamiento	GT	GP	TCE(%/día)
T1	28,85	381,35	12,81
T2	7,46	37,13	7,70
T3	22,42	166,78	10,98
T4	4,27	47,47	8,23
T5	24,04	154,62	10,81
T6	27,66	219,08	11,58
T7	24,84	197,74	11,36
T8	19,20	101,59	9,89
T9	8,40	44,80	8,10
T10	22,92	156,85	10,85

Asimismo, se realizó esta misma prueba (ANOVA medidas repetidas ( $p < 0.05$ )) para la única variable físico-química que mostró diferencia significativa entre los tratamientos, la cual fue temperatura, en donde a los 15 días el tratamiento T6 ( $28,33 \pm 0,84$  °C) fue quien mejor temperatura mantuvo, y T9 ( $21,63 \pm 0,84$  °C) el peor a los 45 días. En cuanto al mejor tiempo

para esta variable fue a los 15 días con una media de  $26.99 \pm 0,27$  °C, con diferencia muy significativa ( $p < 0.05$ ) para los 30 días  $23,92 \pm 0,27$  °C y 45 días  $23,30 \pm 0,27$  °C.

La temperatura influye en gran medida sobre los demás parámetros físico-químicos, y por consiguiente tiene relación directa en las respuestas de los organismos acuáticos en aspectos como crecimiento, tasa de alimentación, metabolismo, y demás funciones, tal como se plantea en Estupiñan & Silva (2014). En la etapa larval los peces son sumamente frágiles y con pocas capacidades de respuesta a todo tipo de cambios, en especial a los de temperatura; esto se debe a que sus estructuras y funciones apenas se encuentran en desarrollo o transición, como anotan Collazos & Arias (2007). Y por lo cual se debe resaltar la importancia de un grado de confort ambiental que facilite a los individuos mejorar y/o acelerar aspectos de desarrollo, siendo de 27-30°C para *Pseudoplatystoma punctifer*, como se señala en Mayor (2012) y FAO (2010).

El análisis de varianza multivariado (MANOVA) y la prueba Hotelling indicaron que el T4 logró una diferencia significativa para las variables de crecimiento y las variables físico-químicas frente a los demás tratamientos siendo el peor T6 ( $p < 0.05$ ) como se observa en la tabla 2.

*Tabla 2.*

Análisis de varianza multivariado y prueba de Hotelling para las variables de crecimiento y físico-químicas.

Dieta	Talla (mm)	Peso (mg)	OD	°C	pH	N	LSD fisher
T8	17,53	48,22	5,07	25,17	7,43	9	a-d
T10	19,25	78,85	4,88	25,14	7,52	9	a-d
T2	11,66	17,19	4,92	25,17	7,54	9	a-d
T9	11,23	20,22	4,6	24,41	7,17	9	ac
T4	9,37	21,47	5,28	25,3	7,43	9	a
T3	19,73	77,54	4,67	24,83	7,31	9	b-d
T7	20,36	88,01	5,01	23,8	7,6	9	b-d
T5	19,34	65,81	4,79	24,1	7,62	9	b-d
T1	22,14	157,53	5,16	23,71	7,53	9	b

Letras distintas indican diferencias significativas según prueba LSD Fisher  $p \leq 0,05$ .

En la sobrevivencia final dada a los 45 días se encuentra que el T6 ( $42 \pm 8,40\%$ ) fue el mejor y el T4 ( $0,67 \pm 8,40$ ) el de menor porcentaje de sobrevivencia; para canibalismo se presentó que T7 ( $4,11 \pm 0,62\%$ ) tuvo un mayor porcentaje de canibalismo y T4 ( $2,67 \pm 0,62\%$ ) el de menor durante la experimentación (tabla 3).

*Tabla 3.*

Porcentaje de sobrevivencia y canibalismo para los 10 tratamientos a los 45 días.

Tratamiento	Sobrevivencia (%)	Canibalismo (%)
T1	$29,33 \pm 8,40$	$2,89 \pm 0,62$
T2	$1,33 \pm 8,40$	$2,89 \pm 0,62$
T3	$25,33 \pm 8,40$	$3,11 \pm 0,62$
T4	$0,67 \pm 8,40$	$2,67 \pm 0,62$
T5	$35,33 \pm 8,40$	$4 \pm 0,62$
T6	$42 \pm 8,40$	$2,78 \pm 0,62$
T7	$20 \pm 8,40$	$4,11 \pm 0,62$
T8	$27,33 \pm 8,40$	$3,78 \pm 0,62$
T9	$1,33 \pm 8,40$	$3,33 \pm 0,62$
T10	$14,67 \pm 8,40$	$2,67 \pm 0,62$

En cuanto al porcentaje de sobrevivencia se manifestó una diferencia muy significativa ( $p < 0,05$ ), siendo el T6 el tratamiento que mayor sobrevivencia obtuvo; los de menor fueron T9 y T4, al comparar promedios totales; igualmente, se mantuvo diferencia muy significativa ( $p < 0,05$ ) para la mayor sobrevivencia en todos los tratamientos, la cual se dio a los 15 días con un  $73,07 \pm 2,66\%$  y las menores en los días 30 y 45 con  $24,67 \pm 2,66\%$  y  $19,73 \pm 2,66\%$ , respectivamente.

El ANOVA medidas repetidas ( $p < 0,05$ ) no mostró diferencia estadística significativa en sobrevivencia; siendo el T10 ( $86,00 \pm 8,40\%$ ) y T8 ( $83,33 \pm 8,40\%$ ) los mejores tratamientos a los 15 días, y el T4 ( $0,67 \pm 8,40\%$ ) el peor a los 45 días.

Castañeda et al. (2016) al usar artemia salina reporta mayor sobrevivencia a densidad de 10 larvas/L ( $86.5 \pm 1.9\%$ ;) y la menor para 100 larvas/L ( $46.9 \pm 3.1\%$ ), siendo estadísticamente diferentes. Núñez, Dugué, Corcuay, Duponchelle, Renno, Raynaud, Hubert & Legendre (2008) con larvas de *Pseudoptatystorna fasciatum* con 4 días post-eclosión obtuvieron sobrevivencias de 91% a los 15 días post-eclosión con nauplios de Artemia y 73% para zooplancton natural, al finalizar su investigación a los 35 días post-eclosión 50% para nauplios de Artemia y el zooplancton natural 0%. Por otro lado, Prieto et al. (2013) obtuvo sobrevivencias en *Sorubim cuspicaudus* del  $54.0 \pm 14.1\%$  al implementar zooplancton silvestre y  $64.8 \pm 16.3$  con naúplios de artemia.

Beux & Zaniboni (2008) al evaluar larvas de *Pseudoplatystoma corruscans* a una densidad de 15 larvas/litro, alimentadas a diferentes concentraciones de nauplios de artemia, consideró recomendar que el suministro de alimento debe ser de 200/Larva/día los primeros 5 días, 350/Larva/día de 5-10 día y 500/Larva/día desde el 10-15 día; y con esto garantizar una sobrevivencia de 66.9-97.14%.

El análisis de componentes principales (ACP) realizado sobre la matriz de correlación mostró que los primeros 2 componentes principales (CP) aportaron el 72,8% de la variabilidad total, los dos primeros componentes presentaron raíces características mayores a la unidad; capturando el 73% de la variabilidad total.

Al analizar los coeficientes de los vectores asociados al primer componente principal se encontró que las variables más importantes en su orden fueron: peso (mg), talla (mm) y pH.

El primer componente principal (CP1), con un aporte del 48% de la variabilidad, separó a los tratamientos T1, T7, T5 y T10 asociados fuertemente al extremo positivo de este componente. Así mismo, el segundo componente principal (CP2), con un aporte del 24.8%, separó el tratamiento T8 que se relaciona al extremo positivo con la variable oxígeno

disuelto (OD) del tratamiento T3 al extremo negativo asociado a la variable temperatura (°C).

Un segundo análisis de componentes principales (ACP) ejecutado sobre la matriz de correlación mostró que los primeros 2 componentes principales (CP) aportaron el 100% de la variabilidad total, los dos primeros componentes presentaron raíces características mayores a la unidad; capturando el 100% de la variabilidad total. Al analizar los coeficientes de los vectores asociados al primer componente principal se encontró que las variables más importantes en su orden fueron: talla (mm), peso (mg), y oxígeno disuelto (OD).

El primer componente principal (CP1) tuvo un aporte del 78% de la variabilidad, el cual separó al tiempo en días (45 días) asociados fuertemente al extremo positivo de este componente y presentó los mayores valores para talla, peso y oxígeno disuelto; de los 15 días asociados al extremo negativo de dicho componente con mayor valor para la variable temperatura (°C). Así mismo, el segundo componente principal (CP2), con un aporte del 22%, agrupó el tiempo 30 días con la variable pH al extremo positivo de dicho componente.

Finalmente, se logró evidenciar que la variable temperatura fue la que más influyó en los resultados de esta investigación; pues generalmente se mantuvo fuera del rango de confort térmico de la especie a partir de los 15 días hasta finalizar el periodo de experimentación; y lo que probablemente fue el principal problema asociado a la baja sobrevivencia en la mayoría de los tratamientos, además, de su bajo desempeño en crecimiento.

## **CONCLUSIONES**

En conclusión, dietas que usen artemia salina son una buena fuente de alimento para post-larvas de *Pseudoplatystoma punctifer*, pues permiten un óptimo crecimiento y un buen porcentaje de sobrevivencia, siempre y cuando condiciones como: su frecuencia



alimentaria, presencia de refugios, fotoperiodo y variables físico-químicas se mantengan dentro del rango de confort de esta especie.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Acuña, J., Domínguez, A. & Toro, E. (2012). Una comparación entre métodos estadísticos clásicos y técnicas metaheurísticas en el modelamiento estadístico. *Rev. Scientia et Technica*, (50), 68-77. Universidad Tecnológica de Pereira.

Atencio, V. & Zaniboni, E. (2006). El canibalismo en la larvicultura de peces. *Rev. MVZ Córdoba*, 11(1), 9-19.

Atencio, V., Pertuz, V., Pérez, F., Ortiz, R. & Pardo S. (2010). Manejo de la primera alimentación de dorada *Brycon sinuensis* ofreciendo larvas de bocachico *Prochilodus magdalenae*. *Rev. Colomb Cienc Pecu*, 23, 317-324.

Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J. A., & Robledo, C. W. (2011). *Introducción a la bioestadística aplicaciones con InfoStat en Agronomía*. Universidad Nacional de Córdoba.

Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J. A. & Robledo, C. W. (2008). *Manual del Usuario*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Brujas.

Berrocal, A. 2012. *Sistema para estimar la cuantificación de post larvas de "Gamitana" Colossoma macropomum (cuvier, 1818), empleando el procesamiento digital*. Tesis. Universidad Nacional Federico Villareal. Facultad de oceanografía, pesquería, ciencias alimentarias, y acuicultura. Escuela profesional de ingeniería en acuicultura. Lima. Perú.

Beux, L. F. & Zaniboni, E. (2008). Artemia sp. Proportions and Effects on Survival and Growth of Pintado, *Pseudoplatystoma corruscans* Larvae. *Journal of Applied Aquaculture*, 20(3), 184-199.

Castañeda, G., Cruz, P. F., Moraes, G., Yossa, M. & Cruz, P. E. (2016). Efecto de la densidad de siembra sobre el peso corporal y sobrevivencia de larvas de bagre rayado (*Pseudoplatystoma* sp) en un sistema cerrado de circulación. *Rev. Orinoquia*, 20(1), 56-61.

Castañeda, G., Gutiérrez, M. C. & Santamaría, F. (2014). Alimentación de alevinos de bagre rayado, *Pseudoplatystoma metaense* (Buitrago-Suárez y Burr 2007): cambio a dieta inerte. *Rev. Orinoquia suplemento*, 18(2), 198-202.

Castañeda, J. S. & Ochoa, N. J. (2012). *Ensayo de mantenimiento de alevinos de oncorhynchus mykiss (walbaum, 1792) (pisces: salmonidae) en acuarios y jaulas flotantes*. Tesis. Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de ciencias básicas.

Castro, D. (2010). *Análisis de la heterogeneidad en los rasgos de vida relacionados con la reproducción y el crecimiento en función del origen genético de diferentes familias de Pseudoplatystoma fasciatum (Linnaeus, 1766)*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de ciencias Biológicas. Perú.

Collazos, L. F. & Arias, A. (2007). Influencia de la temperatura en la sobrevivencia de larvas de *Rhamdia sebae* c.f. (Siluriformes heptapteridae). *Rev. Orinoquia*, 11(1), 56-62.

Córdoba, L., Martínez, M., López, J. A., Campaña, A., Miranda, A., Ballester, E. & Marco, P. (2010). *Alimento Natural en Acuicultura: una revisión actualizada*. *Avances en Nutrición Acuicola*. Memorias del X Simposio Internacional de Nutrición Acuicola, 8-10 de noviembre, San Nicolás de los Garza, N. L., México. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, pp. 668-699.

Correa, G. (2004). *Análisis de medidas repetidas*. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias agropecuarias. Sede Medellín.

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M. & Robledo, C.W. (2016). InfoStat. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Estupiñan, P. A. & Silva, L. A. (2014). *Condiciones técnicas y resultados de adaptación en la crianza experimental de los peces paco (Piaractus Brachypomus) y gamitana (Colossoma macropomum) en el centro acuícola don cuñao, distrito de Santa María, provincia de Huaura, departamento de Lima*. Tesis. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Facultad de ingeniería pesquera.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2010). *Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: Una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo*. FAO.

Fernández, M. C. & Núñez, R. J. (s.f.). *Crecimiento y supervivencia en el cultivo de "doncella", pseudoplatystoma punctifer, en sistema cerrado*. Recuperado de:  
<http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/handle/minam/1980>.

FONDEPES (Fondo Nacional De Desarrollo Pesquero) (2015). *Protocolo de reproducción de Doncella (Pseudoplatystoma punctifer)*. Perú: FONDEPES.

Gómez, M. F. (2013). *Evaluación del mejoramiento de habilidades básicas para cirugía laparoscópica por medio del entrenamiento con videojuegos*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de ingeniería.

Gómez, S., Torres, V., García, Y. & Navarro, J. A (2012). Procedimientos estadísticos más utilizados en el análisis de medidas repetidas en el tiempo en el sector agropecuario. *Rev. Cub. De Ciencia Agrícola*, 46(1), 1-7.

Guerrero, C. E. (2003). *Treinamento alimentar de pintado Pseudoplatystoma corruscans (Agassiz, 1829): sobrevivência, crescimento e aspectos econômicos*. Tesis. Universidade Estadual Paulista. Brasil.

Marciales, C., Díaz, J., Medina, V. & Cruz, P. (2010). Evaluación del crecimiento y sobrevivencia de larvas de bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linneaus, 1766) alimentadas con alimento vivo natural y enriquecido con ácidos grasos. *Rev Colomb Cienc Pecu*, 23, 308-316.

Marciales, L., Cruz, N., Díaz, J., Medina, V. & Cruz, P. (2011). Crecimiento y sobrevivencia de postlarvas de bagre rayado (*Pseudoplatystoma* sp) y yaque (*Leiarius marmoratus*) consumiendo una dieta seca. *Rev Colomb Cienc Pecu* 24, 179-190.

Martínez, C. (2012). *Estadística y muestreo*. Bogotá, Colombia: Ed. Ecoe.

Martínez, F. L. (2011). *Desempeño de post-larvas de bagre rayado (Pseudoplatystoma sp.) y Yagre producto del cruce macho rayado (Pseudoplatystoma sp.) por hembra yaque (Leiarius marmoratus) Gill. 1871, durante un acondicionamiento alimentario. (Pisces, Siluriformes, Pimelodidae)*. Bogotá, Colombia: Universidad De Ciencias Aplicadas Y Ambientales. Facultad de ciencias pecuarias. Programa de zootecnia.

Maynas, M. (2015). *Efecto de una dieta comercial con tres niveles de proteína en el crecimiento y supervivencia de alevinos de "doncella" Pseudoplatystoma fasciatum, en ambientes controlados*. Tesis. Universidad Nacional intercultural de la Amazonia Yari-nacocha. Perú.

Mayor, G. (2007). Efectos de la temperatura sobre la alimentación y la respiración de los gupis *Poecilia reticulata* (Pisces: Poeciliidae). *Rev. Anales Universitarios de Etología*, (1), 27-31.

Méndez, C., Castro, D., García, C., Duponchelle, F., Renno, J. F. & Núñez, J. (2012). Adaptación, crecimiento y supervivencia de alevines de doncella *Pseudoplatystoma punctifer* al consumo de alimento balanceado. *Rev. Folia Amazónica*, 21 (1-2), 63-69.

Núñez, J., Castro, D., Fernández, C., Dugué, R., Chu-koo, F., Duponchelle, F., García, C. & Franco, J. (2011). Hatching rate and larval growth variations in *Pseudoplatystoma punctifer*: maternal and paternal effects. *Rev. Aquaculture*, 42, 764-775.

Núñez, J., Dugué, R., Corcuy, N., Duponchelle, F., Renno, J., Raynaud, T., Hubert, N. & Legendre, M. (2008). Induced breeding and larval rearing of Surubí, *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766), from the Bolivian Amazon. *Rev. Aquaculture*, 39, 764-776.

Pérez, H., García, S. & Rosas, J. L. (2015). Análisis de Componentes Principales, como herramienta para interrelaciones entre variables fisicoquímicas y biológicas en un ecosistema léntico de Guerrero, México. *Rev. Iberoamericana de Ciencias*, 2(3), 43-53.

Prieto, M & Atencio, V. (2008). Zooplankton en la larvicultura de peces neotropicales. *Rev. MVZ Córdoba*, 13(2), 1415-1425.

Prieto, M., Hernández, J., Gómez, C., Pardo, S., Atencio, V. & Rosa, P. (2013). Efecto de tres tipos de presas vivas en la larvicultura de bagre blanco (*Sorubim cuspicaudus*). *Rev. MVZ Córdoba*, 18(3), 3790-3798.

Rodríguez, L., Maldonado, T. & Carrillo, L. (2006). Calidad biológica y bioquímica de la población de *Artemia* (Anostraca: Artemiidae) localizada en las salinas de Real de Salinas, Calkiní, Campeche, México. *Rev. Biol. Trop.*, 54(4), 1283-1293.

**FABRICACIÓN DE UN LADRILLO Y PÁNELES EN LÁMINAS PARA CONSTRUCCIONES  
INTERNAS NO ESTRUCTURALES A PARTIR DE PAPEL Y CARTÓN RECICLADO**

***MANUFACTURE OF A BRICK AND LAMINATE PANELS FOR NON-STRUCTURAL INTERNAL  
CONSTRUCTIONS FROM PAPER AND RECYCLED CARDBOARD***

**AUTORES**

Carlos Arturo Tamayo Sánchez y Alexander Valencia Ángulo.

**RESUMEN**

El desarrollo de la actividad humana genera una importante cantidad de desperdicio de papel que no es aprovechado. Se suma a esta problemática el gasto energético que requiere la fabricación de los ladrillos tradicionales con su emisión de carbono negro “hollín” que contribuye al efecto invernadero. Frente a esta problemática, actualmente, en Colombia no se evidencia en el mercado un tipo de material para el área de acabados internos no estructurales fabricados a partir de papel y cartón reciclado que contribuya al desarrollo sostenible. El proyecto se justifica en la contribución que hace a la sostenibilidad ambiental al darle uso a un material de desperdicio que posee propiedades termo acústicas. Con esta iniciativa se abre la posibilidad de construir materiales probablemente más económicos y representa la oportunidad para generar unidades productivas y la generación de empleo partiendo del reciclaje. De esta manera, el objetivo general se orienta a la fabricación de un ladrillo y pánels en láminas para construcciones internas no estructurales a partir de papel y cartón reciclado. En la metodología se propone un tipo de estudio exploratorio orientado a la recopilación de información; un proceso descriptivo que ayudará a establecer las propiedades que los consumidores esperan que el producto haga para ellos; el método inductivo para un diagnóstico sobre el uso del papel reciclado en diferentes aplicaciones en la construcción; el método Analítico se empleará para procesar los resultados que se obtengan en la aplicación de los instrumentos y un método matemático, para la representación de cuadros de frecuencia y gráficos; finalmente, se trabajará

la técnica del prototipado, que permitirá la elaboración de un modelo para su validación (rediseño).

## **ABSTRACT**

*The development of human activity generates a significant amount of paper waste that is not used. Added to this problem is the energy expenditure required for the manufacture of traditional bricks with its emission of black carbon "soot" that contributes to the greenhouse effect. Faced with this problem, currently, in Colombia, there is no evidence in the market of a type of material for the area of non-structural internal finishes manufactured from recycled paper and cardboard that contributes to sustainable development. The project is justified in the contribution it makes to environmental sustainability by making use of a waste material that has thermo-acoustic properties. With this initiative opens the possibility of building materials probably cheaper and represents the opportunity to generate productive units and the generation of employment from recycling. In this way, the general objective is oriented to the manufacture of a brick and panels in sheets for non-structural internal constructions from recycled paper and cardboard. The methodology proposes a type of exploratory study aimed at gathering information; a descriptive process that will help establish the properties that consumers expect the product to make for them; the inductive method for a diagnosis on the use of recycled paper in different applications in construction; the analytical method will be used to process the results obtained in the application of the instruments and a mathematical method, for the representation of frequency tables and graphs; finally, the prototyping technique will be worked on, which will allow the elaboration of a model for its validation (redesign).*

## **PALABRAS CLAVES**

(Español/Inglés) Celulosa / *cellulose*, ladrillo / *brick*, papel reciclado / *recycled paper*, reutilización / *reuse*, sostenibilidad ambiental / *environmental sustainability*.

## INTRODUCCIÓN

Hablar de sostenibilidad ambiental involucra mencionar el importante avance social fruto del crecimiento económico global que se ha dado especialmente a partir de la segunda mitad del siglo XX. Desafortunadamente, mientras los indicadores económicos han sido sostenidamente positivos, los indicadores ambientales son contrariamente negativos. Esto evidencia una estrecha relación entre ambos indicadores dejando por fuera la eventualidad de un crecimiento económico sostenido que no genere estrés ambiental, lo que expone serios interrogantes sobre el panorama de vida de las próximas generaciones.

En Colombia el sector de la construcción ha mostrado avances importantes en tecnología, la cual se refleja en las formas de edificar y en la producción de materiales. Como explica Alexandra Sofía Cañas Mejía, Gerente de Camacol Valle, en El País (2016), el gremio es cada día más consciente que “las mayores brechas y las mejores oportunidades se encuentran en innovación en tecnología de procesos, en las áreas comerciales y en el desarrollo de nuevos materiales”. De igual manera, la tendencia de la demanda es hacia la utilización de nuevos sistemas de construcción amigables con el medio ambiente, esto concuerda con una variedad de métodos (materiales, residuos, energía, etc.) que pueden ser utilizados en la construcción de viviendas para contribuir a un desarrollo sostenible.

De hecho, el uso de material reciclable para fabricar nuevos productos, o ser utilizados en actividades productivas, contribuye a la disminución de residuos que cada vez requieren más espacio e incrementan los costos en el tratamiento y manejo en su disposición final.

Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en Dinero (2009), “Colombia genera alrededor de 27.000 toneladas de residuos diarios (810.000 al mes), de los cuales el 85% se generan en los hogares, y el 15% restante es producido conjuntamente por el comercio, la industria, las instituciones, las plazas de mercado y las vías públicas”.

Del total de residuos urbanos, el papel y el cartón suponen entre el 16% y el 25%, de los cuales se puede recuperar hasta un 70%. En su mayoría provienen de revistas



y periódicos, de envases de productos alimenticios, cajas de cartón, papel de alta calidad utilizado en impresión y reproducción, y papel mezclado. (Futuro Sustentable, 2015)

La generación de desechos no es algo nuevo. Los asentamientos humanos siempre han producido residuos, pero es ahora, en la sociedad de consumo, cuando el volumen de las basuras ha crecido de forma descomunal. Simultáneamente, las reservas naturales de materias primas y las fuentes energéticas disminuyen mientras los costos de su extracción aumentan y son motivos de graves impactos ambientales y desequilibrios sociales. Esta situación se agudiza por la conducta de la sociedad que está inmersa en la cultura del usar y tirar, posiblemente, no conscientes de que en la basura de cada día están los recursos que en unos años serán bastante escasos y valiosos.

Por lo anterior, se podría asegurar que el crecimiento de desperdicios es inevitable, porque es inherente al crecimiento económico y al desarrollo. Debido a esto, se espera que la generación de residuos continúe en aumento con una tendencia creciente, y es ahí donde justamente se requiere trabajar en la reutilización para producir nuevos elementos útiles a partir de desechos. Sin embargo, hay que reconocer que la producción de residuos sigue en aumento y los proyectos de reutilización de materia prima no son suficientes. La problemática continúa a pesar de que se han propuesto cambios en los procesos productivos hacia la aplicación de tecnología limpia y la minimización como medios competentes para reducir desde el origen la generación de residuos.

Ante este panorama, la ventaja es que el sector de la construcción tiene la capacidad para la reutilización de subproductos e incorporar una pequeña proporción de algún residuo. De esta manera transformar un material por medio de un proceso respetuoso con el medio ambiente y volverlo productivo es una oportunidad para aportar a la preservación del entorno ambiental. En este sentido, el desarrollo tecnológico puede constituir una oportunidad de soluciones para afrontar la problemática ambiental con cierto nivel de éxito.

Bajo este contexto, el proyecto expone la elaboración de un nuevo material constructivo que no requiere cocción en su fabricación, el cual se podría denominar “ecoladrillo” y paneles laminados como alternativas que no comprometen el medio ambiente con la emisión de gases contaminantes o CO<sub>2</sub> a la atmósfera y utilizan materiales descartados como desechos. De esta manera, se aporta al desarrollo de la construcción sostenible y a la eficiencia energética.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN**

La realidad es que la cantidad de desperdicio de papel que se genera en el desarrollo de la actividad humana es importante. Las estadísticas reflejan que cuanto más rico es un país, tanto mayor es la producción de residuos, significa igualmente que hay recursos que están siendo sub-aprovechados y que podrían ser utilizados para mejorar las condiciones de vida de la misma población. Por esta razón, el fenómeno del reciclaje y búsqueda de nuevos usos para el material de residuo se ha extendido alrededor del mundo por su potencial, se puede afirmar que esta es una actividad muy difundida por la importancia que representa el aprovechamiento y reducción de desechos.

El hecho es que el crecimiento demográfico no solo implica la demanda inmobiliaria que no siempre respeta el medioambiente sino que también requiere de materiales para su expansión como es el ladrillo, siendo el de arcilla cocida uno de los materiales de construcción más importante, pero que su elaboración requiere de altos niveles de energía, generalmente, de fuentes como el carbón, generando emisión de gases de efecto invernadero y carbono negro “hollín” a la atmósfera, contribuyendo al calentamiento global.

Por la misma problemática, actualmente, hay una tensión constante relacionada con la creciente urbanización que puede afectar el medio ambiente y convertirse en fuente de deterioro de los ecosistemas. En países con mejores recursos económicos, cada vez más edificios están siendo diseñados bajo la conciencia del cambio climático, por lo tanto, incluyen sistemas de ahorro de energía e igualmente bajas emisiones de dióxido de

carbono a la atmósfera. “En los países económicamente más desfavorecidos esta problemática pasa a un segundo plano por la carencia de recursos. La autoconstrucción con arcilla ha demostrado ser la respuesta más apropiada en varios países de Asia, África y América Latina” (Cabo Laguna, 2011).

En la actualidad, se puede decir que hay un amplio consentimiento social sobre la necesidad de adoptar una política medioambiental, con proyectos que contribuyan a afrontar los problemas adversos del desarrollo económico que continúan pendientes por resolver. El continuar enterrando nuestros residuos en vertederos es una herencia que dejaremos a las futuras generaciones como una muestra de nuestra incompetencia para lograr un desarrollo sostenible, como se menciona en Castells (2000).

La problemática actual realmente justifica el desarrollo de investigaciones en torno a las alternativas sostenibles que son un tema importante para todos los sectores de la sociedad debido al agotamiento de la tierra y sus recursos. Los desmesurados objetivos del mercado, el gasto energético y el estilo de vida moderno, invitan a reflexionar sobre la necesidad de establecer metas diferentes. Por esta razón, adentrarse en construcciones sostenibles, significa utilizar materiales con bajo impacto ambiental e insumos locales o reciclados. En este contexto, proyectos de esta naturaleza promueven en la sociedad un estado de conciencia más ecológico, sostenible y responsable con el medio ambiente.

Considerando la problemática actual, como es el uso desmedido del papel y el no aprovechamiento del que puede ser reciclado, se ha propuesto realizar esta investigación orientada al aprovechamiento de este recurso que puede ser utilizado en el área de acabados internos no estructurales para la construcción de viviendas por sus características termo acústicas y bajo costo, mientras se aporta a la búsqueda de alternativas en la construcción de elementos que contribuyan a la sostenibilidad y a nuevas fuentes de generación de empleo

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Fabricar un ladrillo y paneles en laminas para construcciones internas no estructurales a partir de papel y carton reciclado.

### **Objetivos específicos**

1. Recopilar información sobre el estado de arte de la fabricación de ladrillos sin cocción partiendo de propuestas realizadas por otros investigadores.
2. Describir las características y propiedades más relevantes de los materiales empleados en el proceso.
3. Realizar las pruebas necesarias, determinando las composiciones de compuestos, aditivos óptimos y procedimientos de ejecución adecuados.
4. Elaborar un prototipo de ladrillo con las propiedades que los consumidores de material para acabados en la construcción esperan que el producto haga para ellos y necesidades que necesitan resolver.
5. Determinar cuáles son las barreras o restricciones normativas que necesariamente deben ser consideradas en el desarrollo de la propuesta, para que ésta pueda ser adoptada por los consumidores del mercado objetivo.
6. Evaluar las características específicas del prototipo en resistencia, grado de adherencia y propiedades respecto a los ladrillos tradicionales determinando las ventajas comparativas para su validación en el mercado.

## **METODOLOGÍA**

El proyecto parte de las fuentes de información existentes sobre el objetivo de la investigación, apoyado en un estudio exploratorio orientado a la recopilación de información de trabajos hechos por otros investigadores con propósitos similares que aporte al desarrollo del marco de referencia teórico y práctico. El tipo de estudio exploratorio se aplicará también para determinar cuáles son las barreras o restricciones normativas que necesariamente deben ser consideradas en el desarrollo de la propuesta para que ésta pueda ser adoptada por el consumidor final. De igual manera, la revisión y análisis de las diferentes fuentes y autores permitirán determinar cuáles materiales adicionales y compuestos se pueden constituir en una propuesta asertiva inherente a los propósitos de la investigación.

Por otra parte, se estará utilizando un estudio descriptivo para establecer las propiedades que los consumidores de material para acabados en la construcción esperan que el producto haga para ellos o las necesidades que necesitan resolver. Este tipo de estudio se ocupa de la descripción de las características que identifican los diferentes elementos y componentes, así como su interrelación. Es importante citar que los estudios descriptivos se apoyan en técnicas específicas para la recolección de información, como la observación, entrevistas y cuestionarios al igual que informes y documentos hechos por otros investigadores, como se menciona en Méndez (2012).

En el proceso, también se considera el método de observación apoyado en la información obtenida a través de instrumentos aplicados al sector de la construcción orientada a determinar las necesidades y expectativas de los consumidores potenciales.

El método analítico se aplicará para procesar los resultados que se obtengan en la aplicación de los instrumentos de investigación y establecer las conclusiones correspondientes para el desarrollo del prototipo.

Finalmente, se utilizará un método matemático que involucra la aplicación de herramientas de estadística, con la representación de cuadros de frecuencia y gráficos. De igual manera, se estará utilizando el método inductivo, que incluye un diagnóstico sobre el uso del papel reciclado para diferentes aplicaciones en la construcción, determinando situaciones específicas para la solución del problema. El método inductivo permite a partir de la observación de situaciones particulares determinar resultados que pueden ser base teórica sobre la cual se pueden fundamentar explicaciones, como es explicado en Méndez (2012).

Igualmente, realizar fases experimentales agregando aditivos, caracterizando las mezclas hasta lograr prototipos de prueba, llevando un registro detallado del proceso y sus resultados, así como los materiales utilizados. A los prototipos obtenidos se les realizará pruebas de absorción y resistencia de acuerdo a la Norma colombiana de construcción.

Con las pruebas se buscará determinar la resistencia a la fractura, resistencia mecánica de compresión y flexión y demás propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos según lo contenido en la norma técnica colombiana NTC-4017, "Métodos para muestreo y ensayos de unidades de mampostería" (NTC, 2005). También se profundizará en las normas más importantes relacionadas a la construcción liviana como la C630 que trata la especificación de resistencia a la humedad. Igualmente, la norma E 119, que se refiere a los métodos de pruebas de fuego en materiales para que todos los elementos importantes de una construcción bajo situación de fuego aporten seguridad a la edificación.

Finalmente, se trabajará la técnica del prototipado, que incluye aplicar un modelo interactivo de innovación, recopilando información partiendo de teorías y prototipos realizados bajo conceptos similares para recapitular lecciones aprendidas. Esto permitirá establecer una propuesta basada en los resultados de los análisis anteriores y la elaboración de un modelo para su validación en el mercado y construir un nuevo prototipo (rediseño) basado en lo aprendido.

## **RESULTADOS**

Debido que el proyecto está en las fases iniciales de experimentación, en la primera etapa se están analizando básicamente los resultados obtenidos de la información sobre el estado de arte de la fabricación de ladrillos sin cocción partiendo de propuestas realizadas por otros investigadores. Se han podido determinar resultados parciales preliminares sobre las barreras o restricciones normativas que necesariamente deben ser consideradas en el desarrollo del prototipo para que pueda ser ofrecido al mercado objetivo.

Al describir las características y propiedades más relevantes de los materiales y durante el proceso experimental se han encontrado una variedad de compuestos que pueden ser una alternativa interesante e involucrar otros materiales locales que son desechados como residuos. Lo que significa que no se podría descartar realizar más pruebas para determinar nuevas composiciones con aditivos comerciales o naturales, así como otros procedimientos de ejecución.

## **CONCLUSIONES**

El proceso exploratorio de la investigación ha permitido establecer que hay propuestas interesantes comprometidas en crear “ecoladrillos” orientados a reducir el impacto ambiental al utilizar materiales que son desechados como residuos. De esta manera, el “ecoladrillo” se presenta como un material alternativo que facilitaría hacer construcciones respetuosas con el medio ambiente y probablemente más económicas que otros sistemas de construcción tradicional.

Igualmente, la Bioconstrucción es un campo bastante amplio en el que se debe trabajar de forma decidida para obtener nuevos resultados en eficiencia energética y economía. Este panorama permite dilucidar que la creación de ladrillos ecológicos será sin lugar a dudas una buena opción en la construcción sostenible, considerando que se podrían utilizar en su fabricación diferentes materiales que se encontrarían a nivel local y regional y que son depositados en los vertederos de basura.

Asimismo, durante el análisis de los compuestos, surge la importancia de encontrar otro material proveniente de residuos locales para elaborar ladrillos y paneles laminados ecológicos que también contribuyan a la reducción del impacto ambiental. También es latente el mérito de experimentar con aditivos naturales y productos respetuosos con el medio ambiente, fundamentalmente, por el ahorro energético en su fabricación.

Por lo anterior, se motiva a continuar investigando en esta línea con el propósito de crear nuevos productos para la industria de la mampostería con propuestas innovadoras y realmente comprometidas con el medio ambiente. De igual manera, se concluye que los proyectos de investigación en torno a las alternativas sostenibles deberían ser un tema importante para todos los sectores de la sociedad debido al agotamiento de la tierra y sus recursos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Arquitectura.glosario.net. (2006). *Materiales puzolánicos*. Recuperado de:  
<http://arte-y-arquitectura.glosario.net/construccion-y-arquitectura/materiales-puzol%E1nicos-7260.html>

Cabo Laguna, M. (2011). *Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción*. Upna universidad politecnica de Navarra. Recuperado de:  
<http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/4504/577656.pdf?sequence=1?>

Castells, X. E. (2000). *Reciclaje de residuos industriales, aplicacion a la fabricacion de materiales para la construcción*. Madrid: Ediciones Dias de Santos.

Construdata (2016). *Ventas nacionales por \$31.643 millones mensuales. Diagnóstico de la industria ladrillera en el país*. Recuperado de:  
<http://www.construdata.com/BancoConocimiento/L/ladrillosdiagnostico/ladrillosdiagnostico.asp>



Dinero (11 de noviembre de 2009). *La oportunidad está en la basura. El negocio del reciclaje en Colombia mueve más de \$354.000 millones al año y representa una importante fuente de ingresos para el país.* Recuperado de:

<http://www.dinero.com/green/seccion-patrocinijs/articulo/la-oportunidad-esta-basura/84440>

El país (02 de agosto de 2016). *Conozca las nuevas alternativas en el sector de la construcción.* Recuperado de:

<http://www.elpais.com.co/economia/conozca-las-nuevas-alternativas-en-el-sector-de-la-construccion.html>

Elmundo (10 de diciembre de 2012). *Ciencia, RECICLAJE | Se mezclan restos de celulosa con arcilla. Ladrillos fabricados con residuos de papel.* Recuperado de:

<http://www.elmundo.es/elmundo/2012/12/10/ciencia/1355137874.html>

enbuenasmanos.com (s.f). *Ladrillos ecológicos, ventajas y desventajas. Los ladrillos ecológicos son otra alternativa para tener un mundo menos contaminado y un uso más sostenible de los recursos, sin perder calidad.* Recuperado de:

<http://www.enbuenasmanos.com/ladrillos-ecologicos>

Futuro Sustentable (26 de abril de 2015). *El reciclaje de papel se afianza como “económicamente sustentable”.* Recuperado de:

<http://www.futurosustentable.com.ar/el-reciclaje-de-papel-se-afianza-como-economicamente-sustentable/>

GreenPeace (2004). *Guías para un consumo responsable de productos forestales. Cómo reducir el consumo y optimizar el uso y reciclaje de papel.* Recuperado de:

<http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/other/el-papel.pdf>

Ladrillos y Bloques (s.f). *Materiales Construcción*. Recuperado de:  
<http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Tema4.MaterialesCONSTRUCCION.PetresArtificiales.TipologiaPIEZAS.Ensayos.2009.2010.pdf>

Laguna, M. C. (2011). *Materiales sostenibles para construcción*. Universidad Pública de Navarra, 1-121.

Mannise, R. (s.f). *Bioconstrucción. Crean un ladrillo ecológico a partir de papel y desechos industriales*. Recuperado de:  
<https://ecocosas.com/arq/crean-un-ladrillo-ecologico-a-partir-de-papel-y-desechos-industriales/>

Martínez, C. A. (2014). *Sistemas Constructivos Sostenibles*. Recuperado de:  
<http://en-obra.com/news/edicion-29/especial-32/sistemas-constructivos-sostenibles.htm>

Méndez Alvarez, C. E. (2012). Metodología. En Méndez C. E., *Metodología, diseño y desarrollo del proceso de investigación con énfasis en ciencias empresariales, 2007*. Mexico: Limusa, S.A.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). *La reconversión tecnológica en el sector ladrillero es una realidad en Colombia*. Recuperado de:  
<http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/2581-la-reconversion-tecnologica-en-el-sector-ladrillero-es-una-realidad-en-colombia>

NSR-10 (2010). *Reglamento colombiano de construcción sismo resistente*. Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes. Recuperado de:  
<https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/10titulo-j-nsr-100.pdf>

NTC (2005). *Norma técnica NTC 4017*. Recuperado de:

<https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC4017.pdf>

Pantoja, L. (2015). *El inversor y la construcción. Papel reciclado construye paredes y genera trabajo*. Recuperado de:

<http://comercioyjusticia.info/elinversorylaconstruccion/construccion/papel-reciclado-construye-paredes-y-genera-trabajo/>

Quinchía, A. M., Valencia, M., & Giraldo, J. M. (2007). Uso de lodos provenientes de la industria papelera en la elaboración de paneles prefabricados para la construcción. *Rev.EIA.Esc.Ing.Antioq.*, (8).

Sullcahuamán J. A., Fuentes Rojas C. A., Mateo Ramos M., Pastor Revoredo A. V, Castro Mandujano O. N. & Zavaleta Cortijo J. S. (2007). *Materiales compuestos de cemento, papel reciclado, quitosano y refuerzo de fibras de sisal químicamente modificadas*. Recuperado de: Obtenido de <http://congreso.pucp.edu.pe/cibim8/pdf/15/15-79.pdf>

Susana., H. R. (2006). *Análisis de la viabilidad técnica del aprovechamiento de residuos de industrias papeleras en la elaboración de paneles prefabricados*. Medellín, Antioquia: Escuela de Ingeniería de Antioquia.

Revista Gerente Pyme (11 de julio de 2015). *Cámara de Comercio de Bogotá promueve articulación de actores del sector ladrillero*. Recuperado de:

<http://www.unipymes.com/camara-de-comercio-de-bogota-promueve-articulacion-de-actores-del-sector-ladrillero/>

## **EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES EN CUBIERTAS DE CHOCOLATE BLANCO CON ADICIÓN DE POLIFENOLES DE CACAO VARIEDAD FSV 41**

### ***EVALUATION OF TOTAL PHENOLIC COMPOUND CONTENT IN WHITE CHOCOLATE WAFERS WITH ADDITION OF CACAO POLYPHENOLS FSV VARIETY 41***

#### **AUTOR**

Carlos Iván Duque Acevedo.

#### **RESUMEN**

Los polifenoles son sustancias químicas presentes en los granos de cacao y despiertan gran interés por su calidad de propiedades nutraceuticos. La cobertura blanca, estrictamente, no es chocolate, pues carece en su composición de la pasta de cacao, la cual es la materia que aporta las propiedades del cacao.

La presente investigación evalúa el efecto del enriquecimiento de una cubierta de chocolate blanco con polifenoles, utilizando extractos obtenidos de la variedad FVS 41 adquiridos en los laboratorios del Centro de Investigación en Ciencias y Tecnología de Alimentos. Los procesos de formulación y evaluación se realizaron en los laboratorios del Centro de Atención al Sector Agropecuario y en la Escuela Latinoamericana de Chocolatería. Para evaluar el efecto de las variables y sus interacciones sobre el contenido de polifenoles en la cobertura blanca desarrollada se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) a un nivel de significancia de  $p \leq 0.05$  y prueba POST HOC de Tukey mediante el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). Posteriormente, se formularon diferentes coberturas de chocolate blanco enriquecidas con los polifenoles extraídos, así: 0.1%, 0.3% y 0.8% de polifenoles en la cobertura, y a las cuales se les evaluaron las características fisicoquímicas y microbiológicas a las coberturas enriquecidas con polifenoles mediante el ensayo de Folin-Ciocalteu (F-C); con los valores obtenidos se tendrán los

estimados relativos de la concentración de polifenoles y un análisis comparativo para los granos de cacao; se contribuirá a incrementar la ingesta de alimentos enriquecidos.

## **ABSTRACT**

*Polyphenols are chemical substances present in cocoa beans and arouse great interest due to their quality of nutraceutical properties. The white cover, strictly, is not chocolate, because it lacks in its composition the cocoa paste, which is the material that contributes the properties of cocoa.*

*The present investigation evaluates the effect of the enrichment of a cover of white chocolate with polyphenols, using extracts obtained from the variety FVS 41 acquired in the laboratories of the Research Center in Food Science and Technology. The formulation and evaluation processes were carried out in the laboratories of the Agricultural Sector Service Center and in the Latin American School of Chocolateria. To evaluate the effect of the variables and their interactions on the content of polyphenols in the developed white coverage, an analysis of variance (ANOVA) was applied at a significance level of  $p \leq 0.05$  and Tukey POST HOC test using the statistical package SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). Subsequently, different coverages of white chocolate enriched with extracted polyphenols were formulated, as follows: 0.1%, 0.3% and 0.8% of polyphenols in the cover, and to which the physicochemical and microbiological characteristics of the polyphenols enriched with polyphenols were evaluated. by the Folin-Ciocalteu (FC) test; with the obtained values, the relative estimates of the polyphenol concentration and a comparative analysis for the cocoa beans will be taken; it will contribute to increase the intake of fortified foods.*

## **PALABRAS CLAVES**

(Español / inglés) anova / *anova*, cacao / *cocoa*, alimentos enriquecidos / *enriched foods*, antioxidantes / *antioxidants*.

## INTRODUCCIÓN

El departamento de Santander, según los últimos informes de la Federación Nacional de Cacaoteros (2017), en producción registrada 2002-2014, es el primer productor nacional de Cacao con 19.085 toneladas anuales. En consecuencia, el Centro de Atención al Sector Agropecuario C.A.S.A responde a esta vocación agrícola e industrial de la región, ofreciendo en sus dos sedes instalaciones y programas de formación orientadas a desarrollar esta actividad económica.

Actualmente, el SENA tiene como objetivo consolidarse como dinamizador del desarrollo agrícola para el país, mediante la renovación del cultivo de cacao, una constante ejecución de actividades dirigidas al adecuado mantenimiento de los cultivos, la cosecha, beneficio, transformación y producción de este importante producto agrícola nacional considerado el cultivo de la paz.

La primera sede del Centro de Formación está ubicada en el municipio de Piedecuesta y cuenta con la Escuela Latinoamericana de Chocolatería, con el fin de formar talento humano que aporte a la productividad del sector. Es la única planta piloto en Colombia que ofrece formación en temas de procesamiento y transformación del cacao, con tecnología alemana e italiana. Además, es la única existente del Nororiente Colombiano.

La segunda sede del Centro, llamada Aguas Calientes, está ubicada en el municipio de El Playón, a 44 kilómetros de la capital del departamento vía a la costa; esta cuenta con un área de 130 hectáreas, donde destaca el cultivo de cacao con una extensión de 12 hectáreas.

Así mismo, a nivel nacional, se tiene que de las 33 regionales, al menos 13 están desarrollando programas de formación y actividades que involucran directamente al sector del cacao, relacionadas con el mejoramiento de criterios de calidad física, química y sensorial, tanto en la materia prima como en los productos de chocolatería y confitería, determinantes en la aceptación del producto final.

Por otra parte, de acuerdo a los estudios realizados por el centro de investigación y Tecnológica de Alimentos CICTA de la Universidad Industrial de Santander y el Departamento de Investigación de la Federación Nacional de Cacaoteros en el año 2013, identificaron 8 genotipos con características especiales en: índice de grano, índice de mazorca, número de almendras por mazorca, autocompatibilidad, cáscara delgada y además un buen porcentaje de almendras de color claro que pueden conferir características sensoriales especiales, como notas frutales, nuez y caramelo, similares al perfil sensorial del tipo Criollo. Esta investigación se realizó en un periodo de 10 años en fincas propias y en la de varios agricultores que hicieron parte del trabajo. Estos materiales tienen una productividad superior a los 1.500 kilos por hectárea, frente a los 450 promedio que se alcanzan actualmente con las variedades tradicionales. Además, ofrecen tolerancia a las principales plagas y enfermedades que afectan el cultivo del cacao como son monilia y escoba de bruja. Los materiales vegetales ya fueron entregados oficialmente a los productores, con registro comercial del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA; estos son: FLE 2, FLE 3, FSV 41, FEC 2, FSA 12, FSA 13, FEAR 5 y FTA 2. De estas variedades se destaca el FSV 41 por sus características químicas en contenidos de Polifenoles y metilxantinas presentes en el grano de cacao.

El FSV41 es originario de San Vicente de Chucuri, Santander, es uno de los granos con mayor contenido de polifenoles de los materiales Regionales, certificados, con características organolépticas similares a un material vegetal criollo. En general se encontró que el material vegetal FSV41 presenta atributos especiales, permitiendo demostrar que el cacao en Colombia tiene el potencial para ser catalogado como fino en el mercado internacional, tal como se menciona en Contexto ganadero (2014).

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN**

Las diferentes variedades de cacao a nivel nacional y regional, cuentan con compuestos benéficos para el consumidor, uno de ellos son los polifenoles, los cuales en los diferentes procesos o etapas en la transformación del cacao como fermentación, secado, tostión y conchado, hacen que estos se pierdan por altas temperaturas. Hoy, a pesar de que la

industria nacional cuenta con tecnología moderna para el procesamiento del cacao, no posee en sus procesos un control estricto en cuanto a conservación de polifenoles y certificación de su contenido en el producto final.

Además, la pérdida de catequinas y en general de polifenoles, que se presenta durante los procesos de poscosecha en preindustrialización e industrialización, conduce a la generación de productos de menor calidad en comparación con los actualmente ofertados en mercados internacionales, en donde se acepta ampliamente que los alimentos derivados del cacao presentan efectos benéficos en la prevención de enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer, debido a sus componentes bioactivos con capacidad de actuar como antioxidantes. (Gil, 2012).

Pese a los beneficios conocidos respecto del consumo de cacao/chocolate, los chocolates blancos en el mercado no ofrecen variedades que cumplan con condiciones de ser altamente nutritivos y que contengan sustancias benéficas y nutritivas.

Investigaciones previas demuestran que los sabrosos productos del grano del cacao son ricos en antioxidantes específicos, con la estructura básica de las catequinas y epicatequinas; polifenoles similares a los encontrados en los vegetales y el té y que le confieren a la grasa del chocolate una particular resistencia a la peroxidación. (Maydata, 2002)

“En algunas poblaciones, donde su consumo es alto, el chocolate provee de una porción considerable de la carga total de antioxidantes” (Arts, Hollman, & Kromhout, 1999). Lo cual, al mismo tiempo, ha incentivado el estudio de componentes naturales como los polifenoles presentes en plantas y frutos, recibiendo especial atención, dadas sus propiedades funcionales como antioxidantes, anticancerígenos, antiinflamatorios, antitrombóticos, anti-mutagénicos, antibacteriales y analgésicos, como se anota en Wollgast & Anklam (2000).

En ese mismo sentido, se ha considerado que alimentos como el vino, las frutas, el té verde y algunas verduras son las principales fuentes de compuestos polifenólicos, así como el



cacao y sus productos: licor de cacao, chocolate amargo, polvo de cacao o cocoa, que son alimentos ricos en estas sustancias, principalmente, en catequinas (epicatequina, epigallocatequina, galocatequina y catequina), además de otros flavonoides como las procianidinas, antocianinas, flavononas y flavonol glicosídicos. La concentración de polifenoles en las semillas de cacao secas y libres de grasa oscila entre el 15 y el 20 % (p/p) y están constituidos por un 37 % de catequinas, un 4 % de antocianinas y un 58 % de proantocianidinas, como se expresa en Lee, Kem, Lee, Lee (2003). En ese orden de ideas, el desarrollo de una cobertura blanca enriquecida con polifenoles de cacao resulta atractivo, tanto para el mercado como para la salud, debido al creciente interés por el consumo de alimentos que además de nutrir tengan un impacto favorable para la salud del ser humano. De ahí la importancia de poder desarrollar y ofrecer a la población que consume chocolates blancos, un alimento nutritivo que impacte los mercados especializados en consumo de chocolatería fina artesana.

Por todo lo anterior, se justifica la realización de esta investigación, enfocada a la evaluación del efecto del enriquecimiento de una cubierta de chocolate blanco con polifenoles extraídos de cacao variedad FVS 41, haciendo énfasis en aquellas variables asociadas a los procesos de pre e industrialización que afectan la estabilidad de las catequinas, soportando la hipótesis planteada de que: “Es posible disminuir las pérdidas de polifenoles adicionados, controlando el tiempo y la temperatura como puntos críticos en la elaboración de coberturas de chocolate blanco enriquecidas”.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar el efecto del enriquecimiento de una cubierta de chocolate blanco con polifenoles extraídos de cacao variedad FVS 41, con el fin de ofrecer una alternativa alimenticia y nutricional que contribuya a incrementar la ingesta de polifenoles.

## **Objetivos específicos**

1. Determinar experimentalmente las formulaciones de una cubierta de chocolate blanco enriquecido con polifenoles obtenidos del cacao de la variedad FSV 41.
2. Evaluar el contenido de compuestos fenólicos totales en cubiertas de chocolate blanco con adición de polifenoles de cacao variedad FSV 41.
3. Determinar la estabilidad de compuestos fenólicos en cubiertas de chocolate blanco en etapas posteriores al tratamiento.

## **METODOLOGÍA**

Para el desarrollo del proyecto se utilizarán polifenoles extraídos de material vegetal de FSV 41, seleccionado por su alta cantidad de polifenoles de los cultivos regionales procedente del municipio El Playón aguas calientes en el departamento de Santander.

Enriquecer la cobertura con polifenoles: Se realizarán formulaciones y pesajes para elaborar cubiertas de chocolate blanco, tomando como base de cálculo 2 Kilos de masa, de acuerdo a las establecido por la NTC 792, para las cantidades de adición de cada ingrediente, los cuales se adicionarán en la waffa, donde se realizará una mezcla homogénea de todos los ingredientes, con una temperatura de  $50 \pm 1$  °C, controlándolos durante 4 horas; se controlarán variables como tiempo, temperatura, y se procederá a enriquecer la matriz con los polifenoles extraídos del material FSV41, procediendo a dosificar con los extractos de polifenoles sobre la matriz alimenticia (chocolate blanco); esto se realizará con repeticiones, hasta estandarizar las cantidades de polifenoles a adicionar para que el producto al final quede con los requerimientos específicos de polifenoles; en esta etapa se le medirán los polifenoles por el método Folin-Ciocalteu.

En la etapa de atemperado se realizará un calentamiento, por el horno microondas, con temperaturas de la masa entre 28 a 29 °C, se tomarán muestras para determinar las pérdidas de polifenoles en esta etapa.

En la etapa de moldeo se utilizarán moldes de policarbonato con 20 unidades por molde, con un peso de cada tableta en promedio de 9,4 gr, se procederá a tomar muestras. Luego de realizar las respectivas pruebas de capacidad antioxidante de los extractos, se escogerá el extracto que tenga mayor potencial protector y se procederá a la dosificación en una matriz alimentaria a seleccionar según las características de polaridad del extracto.

Las dosis a emplear se determinarán según parámetros del Codex alimentario y tomando como referencia la cantidad máxima utilizada con antioxidantes artificiales (BHT, BHA, BTHQ) cuya formulación está entre 100 - 200 mg/kg para uso en aceites comestibles.

En la siguiente fase se evaluarán los polifenoles presentes en la matrix por medio del método Folin-Ciocalteu, el cual se realizará en los laboratorios de la universidad Industrial de Santander UIS, laboratorio de análisis de alimentos CICTA, y así, poder determinar cuál de las muestras enriquecida con polifenoles tiene más estabilidad y cantidad de flavonoides.

El análisis microbiológico se le realizará a la muestra con mejores características y comportamiento dentro del procedimiento de elaboración de chocolate blanco, en el marco de la normativa, como la resolución 1511 del 2011, CODEX STAN 87-1981, Rev.1-2003 y la NTC 792; se analizarán detección de salmonella spp/50 g; estas muestras serán evaluadas en el laboratorio del Centro de Atención al Sector Agropecuario.

Los análisis de físicas, medición del color y textura, se realizarán en el laboratorio de análisis y fisicoquímico del SENA C.A.S.A, y los análisis químicos (humedad, ceniza, grasa, proteína, fibra) se realizarán en el laboratorio CICTA de la UIS —el cual nos garantizará la confiabilidad de las muestras, por ser uno de los laboratorios acreditados por la ONAC en análisis de chocolate—. Las muestras se seleccionarán de acuerdo a la composición de polifenoles presentes y mejor comportamiento en los diferentes tratamientos; se analizará

valor Calórico (humedad, ceniza, grasa, proteína, fibra), de acuerdo a la resolución 1511 del 2011.

En análisis sensorial se realizará con un panel de jueces semi entrenados, en el laboratorio de análisis sensorial del Centro de Atención al Sector Agropecuario SENA, Piedecuesta, Santander. El número de jueces que participarán será de 13. Las muestras estarán en condiciones de refrigeración con control de humedad relativa y temperatura de 9.5 °C. A las muestras seleccionadas, se les realizaran tres tipos de pruebas: la primera, discriminativa como Duo-trio, de acuerdo a la NTC 2681; la segunda, descriptiva, se realizará un análisis de perfil de sabor y perfil de textura; y en la tercera se realizará una prueba afectiva de preferencia pareada y de satisfacción por medio de escala hedónica. Todos estos datos se analizarán con análisis de varianza (ANOVA) a un nivel de significancia de 0.05, bajo los la GTC 165 Análisis sensorial metodología.

## **RESULTADOS**

De acuerdo a estudios preliminares y bibliografías consultadas se han presentado gran variación de antioxidantes en las coberturas de chocolate, dependiendo del material de cacao utilizado en el proceso.

En las pruebas iniciales hemos podido evidenciar cantidades mínimas de polifenoles desde 0.45 mg hasta 1.47 mg de ácido galico/gramos de muestra, en diferentes coberturas nacionales e internacionales de cacao en chocolates blancos.

## **CONCLUSIONES**

Se ha podido determinar la gran variación y cambios de las estructuras y componentes antioxidantes a través de los procesos de calentamiento; con un control de temperatura y adición podemos reportar productos con un alto contenido de polifenoles adicionados.

## DISCUSIÓN

En los tratamientos realizados se ha podido observar la inestabilidad de los polifenoles presentes en las coberturas de cacao.

## BIBLIOGRAFÍA

Arts, I. C., Hollman, P. C., & Kromhout, D. (1999). Chocolate as a source of tea flavonoids. *The Lancet*, 354(9177), 488.

Contexto ganadero (2014). *Presentan en sociedad 8 nuevos materiales de cacao*.

Recuperado de:

<http://www.contextoganadero.com/agricultura/presentan-en-sociedad-8-nuevos-materiales-de-cacao>

Devesa., J. A. (2004). *Plantas con semillas*. Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana.

Federación Nacional de cacaoteros (2017). *Producción nacional registrada por departamentos 2002-2012*. Colombia. Recuperado de:

<https://www.fedecacao.com.co/site/index.php/8-cat-institucionales?start=63>

Gil, A. (2012). *Estabilidad y actividad antioxidante de catequinas presentes en cacaos colombianos durante los procesos de pre e industrialización*. Trabajo de grado para optar por el título de magíster en Ciencias Farmacéuticas no publicado. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Lee, K. W., Keem, Y. J., Lee H. J., & Lee CY (2003). Cocoa has more phenolic phitochemicals and higher antioxidant capacity than teas and reed wine. *J Agr Food Chem*, 51, 7292-7295.

MAYDATA, B. A. G. (2002). Chocolate, polifenoles y protección a la salud. *Acta Farm. Bonaerense*, 21(2), 149-52.

Pineda, A. (2011). *El mejor cacao de El Panguí*. Recuperado de:  
<http://cacaopanguense.blogspot.com.co/>

Wollgast J Y Anklam E. (2000). Review on polyphenols in *Theobroma cacao*: changes in composition during the manufacture of chocolate methodology for identification and quantification. *Food Res Int.*, 33, 423-447.



**DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN BIOFILTRO UTILIZANDO PLANTAS DEL GENERO  
HELICONIACEAE "HELICONIAS" PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
PRODUCIDAS POR EL BENEFICIO HÚMEDO DEL CAFÉ**

***DESIGN AND EVALUATION OF A BIOFILTER USING PLANTS OF THE GENERO  
HELICONIACEAE "HELICONIAS" FOR THE TREATMENT OF WASTEWATER PRODUCED BY  
THE HUMID BENEFIT OF COFFEE***

**AUTORES**

Omar Alfonso Roa Torres, Tatiana Marcela Andrade Muñoz y Heimar Hernán Coronado Hernández.

**RESUMEN**

El cultivo del café en Colombia es de gran importancia en el ámbito económico, social y ambiental, debido a que es uno de los productos con mayor participación en las exportaciones agrícolas del país.

El proceso de transformación de café cereza a café pergamino seco, es una actividad que desde el punto de vista medio ambiental genera altos niveles de contaminación a las fuentes hídricas. Por lo anterior, nace la necesidad de generar opciones para disminuir el volumen de estos contaminantes generados en el proceso del beneficio húmedo del café; esta agua miel se puede separar por acción de un sistema de tratamiento de aguas residuales, que permite obtener agua clarificada y lodos orgánicos, con gran contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, entre otros.

El biofiltro es un sistema que promueve la infiltración y la evapotranspiración de aguas, compuesto por una serie de procesos preliminares y primarios de operación aerobia, con la interacción físico-química y microbiológica que combina la acción de retención mecánica de un material filtrante y de transformación biológica de los contaminantes retenidos en el



agua que se trataron con la utilización de plantas heliconias eliminando una cantidad significativa de contaminantes antes de llegar al agua subterránea, río o humedal natural.

Para la realización del presente estudio se evaluaron las características físico-químicas de los vertimientos, antes y después del tratamiento de depuración, realizando muestreos, pruebas in situ y pruebas de laboratorio; in situ se realizaron con la ayuda de un multiparametro marca Hatch, manipulado por personal capacitado. Las pruebas de laboratorio requirieron la toma, almacenamiento y transporte correcto de las muestras de agua para analizar parámetros físicos, químicos y microbiológicos de forma exacta en un laboratorio certificado.

Con los resultados obtenidos, y partiendo de la literatura existente y la normatividad vigente, se logró concluir la pertinencia en el uso del agua después del tratamiento por el filtro ecológico y definir su uso para poder ser vertido en un cauce o fuente hídrica y/o utilizarlo como reúso para riego.

#### **ABSTRACT**

*The cultivation of coffee in Colombia is of great importance in the economic, social and environmental field, because it is one of the products with the greatest participation in the country's agricultural exports.*

*The process of transformation of coffee cherry to dry parchment coffee, is an activity that from the environmental point of view generates high levels of pollution to water sources. Therefore, the need arises to generate options to reduce the volume of these pollutants generated in the process of the wet benefit of coffee; This honey water can be separated by the action of a wastewater treatment system, which allows to obtain clarified water and organic sludge, with a high content of organic matter, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, among others.*

*The biofilter is a system that promotes the infiltration and evapotranspiration of water, composed of a series of preliminary and primary processes of aerobic operation, with the physical-chemical and microbiological interaction that combines the action of mechanical retention of a filtering and transformation material of the pollutants retained in the water that were treated with the use of heliconias plants eliminating a significant amount of contaminants before reaching the groundwater, river or natural wetland.*

*For the realization of the present study, the physical-chemical characteristics of the discharges were evaluated, before and after the treatment of purification, carrying out samplings, in situ tests and laboratory tests; in situ, they were carried out with the help of a Hatch multi-parameter, manipulated by trained personnel. The laboratory tests required the taking, storage and correct transportation of the water samples to analyze physical, chemical and microbiological parameters in an exact way in a certified laboratory.*

*With the results obtained, and starting from the existing literature and the current regulations, it was possible to conclude the relevance in the use of water after treatment by the ecological filter and define its use in order to be poured into a channel or water source and / or use it as reuse for irrigation.*

## **PALABRAS CLAVES**

(Español/Inglés) Biofiltro / *biofilter*, aguas residuales / *sewage water*, filtración / *filtration*, evapotranspiración / *evapotranspiration*.

## **INTRODUCCIÓN**

“La agricultura es la base económica en el municipio de La Plata Huila” (Anuario Estadístico Agropecuario del Huila, 2009), donde se ha establecido el cultivo del café en pequeños minifundios y del cual los campesinos sustentan su diario vivir. Del café se recolecta el grano, y se somete a un proceso de transformación de cereza a pergamino seco; esta actividad genera altos niveles de contaminación a las fuentes hídricas, mayor consumo de

agua en el beneficio y en consecuencia el aumento de los costos de producción, como se expresa en Giraldo & Olarte (2001).

El agua utilizada para despulpar y lavar se convierte en residual (agua miel). Su naturaleza química está relacionada con la composición físico-química de la pulpa y el mucílago, estos dos elementos proporcionan partículas y componentes durante el contacto turbulento e intenso con el agua limpia. Así se origina su aporte como carga orgánica, del primer y segundo lavado, con alrededor de DQO de 43,615 mg. OZ/litro, equivalente a 6 Kg. de DQO/quintal oro. (Asociación Nacional del Café ANACAFÉ, s.f)

En Colombia, al igual que en la mayoría de los países latinoamericanos, los volúmenes de aguas residuales tratadas apropiadamente producidas por esta actividad son sumamente bajos comparados con el total de aguas residuales generadas. Esta situación ha provocado que hoy en día la población se enfrente con graves problemas ambientales y afecciones de la salud vinculadas con aguas contaminadas, como son la generación de focos de vectores transmisores de enfermedades y la ingestión de alimentos contaminados por la irrigación de cultivos agrícolas con aguas residuales sin tratamiento.

Las aguas en su estado natural siempre poseen cierto grado de contaminación. Pero al ser vertidas las aguas mieles juntamente con la pulpa a un cuerpo receptor, suministran grandes cantidades de materia orgánica que las bacterias metabolizan o descomponen, esas bacterias para poder degradarla, consumen grandes cantidades de oxígeno disuelto (OD). En consecuencia, cuando la demanda de oxígeno, por parte de las bacterias, es mayor que el oxígeno disuelto en el agua, la vida bacteriana comienza a morir. (Asociación Nacional del Café ANACAFÉ, s.f.)

Teniendo en cuenta el impacto ocasionado por el lavado de café en el centro poblado San Vicente del municipio de La Plata Huila Colombia, en SENNOVA, del Centro de Desarrollo Agroempresarial y Turístico del Huila, Sena, La Plata, se experimentó en el 2016 - 2017 la forma de reducir el impacto negativo generado, mediante la construcción del primer

biofiltro en la finca Los Pinos; sistema que promueve la infiltración y la evapotranspiración de aguas. Construido para tratar las aguas residuales, que combina la acción de retención mecánica de un material filtrante y de transformación biológica de los contaminantes retenidos en el agua que se trataron, eliminando una cantidad significativa de contaminantes antes de llegar al agua subterránea, río o humedal natural.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN**

El Café de Colombia se caracteriza por ser una bebida con una taza limpia, con acidez y cuerpo medio/alto, aroma pronunciado y completo. Estas cualidades se pueden obtener siempre y cuando se siembren las especies y variedades vegetales adecuadas para un entorno particular, caracterizado por ser una zona tropical de alta montaña con tipos de suelos y clima particulares, y se realicen procesos esmerados de atención en el proceso de los cultivos, en la recolección del grano y en los procesos de post cosecha. (Federación Nacional de Cafeteros FNC, 2010).

Con base en lo anterior, y teniendo en cuenta lo mencionado, relacionado a la importancia económica y social del café para el Huila, especialmente, para el occidente del departamento, se debe ser muy juicioso en el manejo del cultivo y su postcosecha, para que éste siga generando desarrollo. Uno de los aspectos a tener en cuenta es la contaminación, durante el proceso de lavado. Es por este motivo, que este trabajo busca diseñar y evaluar un biofiltro para el tratamiento de aguas producidas por el beneficio húmedo del café, que permita tener una producción más sostenible, por el bien de los productores, y el ambiente en general.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Evaluar la eficiencia del sistema descontaminador ambiental de aguas residuales de café.

## **Objetivos Específicos**

1. Implementar pruebas piloto para el tratamiento de aguas residuales de café con variedades de heliconias.
2. Evaluar la eficiencia del sistema descontaminador de aguas en la calidad del agua, suelo y las plantas.
3. Diseño e implementación de filtros con mejoras.
4. Realizar procesos de transferencia y apropiación de conocimiento en relación al tratamiento de aguas residuales de café.

## **METODOLOGÍA**

Para la evaluación de la eficiencia del modelo del filtro ecológico propuesto por el SENA y construido con los aprendices del programa SER, para realizar el descontaminado ambiental de aguas residuales, producto del lavado del café, se realizó la recolección directa de datos en campo, con el muestreo del agua, en cada uno de los estados o procesos de la implementación del beneficio convencional hasta el sitio de almacenamiento del agua ya tratada —se realizó un primer muestreo en la entrada de agua o fuente de agua disponible para el lavado, un segundo muestreo en la salida del beneficiadero y un tercer muestreo en la salida de la unidad de filtrado—, cada una de estas muestras se sometió a los análisis de laboratorio acreditados por el IDEAM y confrontados con la resolución 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y de los parámetros exigidos en el DECRETO 1594 del 1984, Usos del agua y residuos líquidos, del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Además, se realizó la georreferenciación del sitio, levantamiento del perfil o nivelación, aforo volumétrico, medición de todos los componentes del sistema de filtrado, caracterización volumétrica del filtro y análisis hidráulico de la conducción.

Datos generales:

- Proyecto: Diseño y Evaluación de un biofiltro utilizando plantas del genero Heliconiaceae “Heliconias” para el tratamiento de aguas residuales producidas por el beneficio húmedo del café.
- Propietario del predio: Ilder Quevedo Peña.
- Predio: Los Pinos.
- Ubicación: Vereda San Vicente, Sector La Alpina, municipio de La Plata, Huila.
- Coordenadas: N2° 18' 28.6" - W76° 00' 12.7" – Aprox. 1807 msnm, datun WGS 84 Magna Colombia Bogotá.
- Fecha de Construcción: 7 de septiembre de 2015.
- Fecha de puesta en funcionamiento: 28 de septiembre de 2016.
- Fecha de la evaluación: 15 de septiembre de 2016 – 9:30 AM.
- Validación y funcionamiento: 14 de julio de 2017.
- Unidad de filtrado: para tratar las aguas producto del beneficio y lavado del café.

Evaluación de componentes, operación y recomendaciones de la unidad filtro ecológico: La unidad de filtrado ecológico propuesto por el SENA, la compone una serie de procesos preliminares y primarios de operación aerobia, con la interacción físico-química y microbiológica con la utilización de plantas heliconias.

Componentes del Sistema de Filtrado: Teniendo en cuenta que se tienen dos tanques de lavado, construidos en concreto sobre el suelo, de donde se toma como punto de partida para el desarrollo de la puesta en funcionamiento del sistema de filtrado ecológico, con una capacidad volumétrica de los dos tanques de 1,58 m<sup>3</sup>, la unidad de filtrado lleva una vida útil de un año, y está compuesto por:

- Cajilla de Recolección (Tratamiento preliminar): construida en concreto; a esta cajilla llegan las aguas mieles producto del lavado del café, provenientes de los tanques de lavado. Posee un volumen de 0,048 m<sup>3</sup>, su principal función es servir de paso para el manejo de los tanques de lavado.
- Tubería de conducción: se encarga de interconectar los componentes del sistema. Desde las albercas de lavado a la cajilla de recolección por una tubería de 3" sanitaria, y desde la cajilla de recolección hasta la cámara de homogenización por una tubería de 4" sanitaria.
- Cámara de homogenización (Tratamiento preliminar): está compuesta por dos albercas enterradas hasta la superficie del suelo, con un volumen de 2,45 m<sup>3</sup> de capacidad. El tipo de Homogeneización en línea: el tanque de homogeneización está localizado en la misma dirección del flujo de las aguas, pasando por éste la totalidad el caudal.
- Canal de filtración (Tratamiento primario): Construido en el suelo recubierto por un plástico para darle hermeticidad a la conducción, dispuesto en un solo conjunto desde la pared lateral pasando por la base hasta la otra pared lateral; tiene una longitud de recorrido total de 65 m, con un zigzag rectangular de 0,40 m de ancho por 0,6 m de profundidad, en 19 m de longitud por 3.30 m de ancho, en un área de 69,8 m<sup>2</sup>, con una pendiente= 0,325. O sea, que la diferencia de altura desde el comienzo del canal hasta el sitio de descarga es de 6,169 m. Dentro del canal está un arreglado en capas de lecho filtrante compuesto por: grava de río de tipo grueso, en una capa de 0,25 m de profundidad; arena de río de tipo fina, en una

capa de 0,2 m de profundidad; suelo natural rico en materia orgánica, en una capa de 0,15 cm, de profundidad.

- Arreglo de vegetación sembrada en el suelo natural a lo largo del canal de filtración (Tratamiento secundario): se encuentra en bien desarrollado el arreglo vegetal en heliconias, a lo largo del canal de filtración con una distancia total de 65 m, en un área de 69,8 m<sup>2</sup>.
- Tanque de almacenamiento: construido en el suelo y revestido con plástico negro, para garantizar su hermeticidad, con unas dimensiones de 2,3 m de circunferencia por 2,1 m de profundo, con una capacidad de almacenamiento de 8,72 m<sup>2</sup> o 8720 lts.

Operación del Sistema de filtrado: El sistema es de fácil operación, teniendo en cuenta que solamente se trata las aguas mieles o productos del lavado del café en su ejercicio convencional. Se cuenta con dos tanques para la disposición de lavado del café, los cuales se pueden utilizar al mismo tiempo o en lavados separados. La única operación manual que se realiza en esta unidad de filtrado ecológico es la apertura de los tapones de los tanques de lavado —comúnmente se realizan tres lavados al grano— que comunican con la cajilla de recolección, para luego pasar por tubería a la cámara de homogenización y seguir con el depurado del agua residual, sometiéndola a pasar por el canal de filtrado que contiene los lechos filtrantes y el material vegetal, heliconias, hasta la finalización del proceso con la disposición del agua tratada en el tanque de almacenamiento. Para el presente informe se tuvieron las siguientes condiciones de trabajo:

- Cantidad de café verde lavado: 40 kg.
- Caudal en la entrada al sistema: 0,14 lts/seg Tiempo de 1er lavado: 10 min.
- Tiempo de 2do lavado: 5 min Tiempo de 2do lavado: 5 min.



- Volumen de agua utilizada 1er lavado: 232 lts Volumen de agua utilizada 2do lavado: 238 lts Volumen de agua utilizada 3er lavado: 232 lts.
- Volumen total de agua utilizado en los tres lavados: 702 lts Tiempo de desocupado de los tanques de lavado: 175 seg. Caudal de salida del primer lavado: 1,18 lts/seg.
- Tiempo de estabilización en la cámara de homogenización: 35 min.
- Tiempo de recorrido del agua en el proceso de tratamiento por el canal de filtrado: 38 min inicio del primer goteo y 45 minutos tiempo en el que se recogió las muestras de agua tratada.
- Caudal estabilizado en la salida de la unidad de filtrado: 0,0126 lts/seg.
- Duración total de un proceso de tratamiento de desinfección para el agua residual producto del lavado del café para este caso: 57 min.

Al realizar el análisis de la operación de los componentes del sistema de filtrado ecológico, anteriormente descritos, se evidenció un comportamiento erróneo en su funcionamiento, como lo fue en la articulación de la cámara de homogenización con el canal de filtración, en el cual se presenta un reboce en la entrada debido a que no hay espacio libre, ya que se encuentra saturado de la capa de suelo natural, y esto hace que se retrase el proceso de tratamiento del agua residual, además se genera contaminación a los alrededores del filtro.

Además del reboce en la entrada al canal de filtrado se puede inferir que el sistema de descontaminado ambiental —filtro Ecológico— propuesto por el SENA, presenta una operación sencilla con un buen desarrollo general y una dinámica de la conducción aceptable.

## RESULTADOS

El agua es una fuente natural de vital importancia para la presencia y el desarrollo de la vida, pero a la vez también puede ser una fuente de múltiples enfermedades e incluso llegar a causar la muerte, por el uso que le damos en los diferentes procesos domésticos, agrícolas industriales entre otros; ocasionando la contaminación con agentes externos, que hacen que estas aguas no puedan ser de nuevo utilizadas con las nuevas características adquiridas. Es por esta razón que se hace primordial la evaluación de las características físico-químicas de los vertimientos, antes y después del tratamiento de desinfección, teniendo como base la regulación vigente colombiana para los vertimientos a fuentes puntuales y/o reúsos.

Para la realización del presente estudio se hicieron muestreos, pruebas in situ y de laboratorio. Las pruebas in situ se realizaron en campo con ayuda de un multiparametro marca Hatch, el cual fue manipulado por personal capacitado en el tema. Por otro lado, las pruebas de laboratorio requirieron la toma, almacenamiento y transporte correcto de las muestras de agua para analizar parámetros físicos, químicos y microbiológicos de forma más exacta en un laboratorio certificado para tales fines.

Con los resultados obtenidos, y partiendo, tanto de la literatura existente como de la normatividad vigente, se logró concluir la pertinencia en el uso del agua después del tratamiento por el filtro ecológico y definir su uso para poder ser vertido en un cauce o fuente hídrica y/o utilizarlo como reúso para riego.

En el resultado de los parámetros medidos in situ, se evidencia un notable comportamiento positivo al paso del agua por el tratamiento del filtrado ecológico. El agua se acidifica en el proceso de lavado del café, pasa de un valor alcalino estable de 7.19, a un valor de pH de 4,56, y luego del paso por la unidad de filtrado vuelve y recupera su alcalinidad a un valor de pH de 6.83; siendo aceptable para un agua corriente, incluso cumpliendo la Res. 2115 de 2007 para agua potable, ya que el máximo permisible está en el rango de pH de 6.5 a 9.

Además, se evidencia una mejora representativa en lo relacionado con el oxígeno disuelto. Al efectuar el beneficio del café se reduce el oxígeno disuelto hasta 1.3mg/l, y luego de recorrer la unidad de filtrado ecológico alcanza un valor de 6.2mg/l valor aceptable para un agua corriente o para riego; el agua apropiada para acueducto, está alrededor de 8,0mg/l.

En lo referente al aumento de la temperatura, se puede considerar que éste se dio por el aporte de calor del grano despulpado, debido a su proceso mecánico y comportamiento microbiano interno; la evaluación se desarrolló por un periodo de 3 horas y media, tiempo en el cual la temperatura ambiente aumentó de 22°C a 27°C.

En el caso de la conductividad eléctrica, para agua potable está dentro de los rangos de 0,005  $\mu\text{s/cm}$  a 0.05 $\mu\text{s/cm}$ , típicos de alta calidad —aunque no es un indicador de la calidad del agua, y está estrechamente relacionado con la temperatura del agua—. El valor medido en este estudio de 575 $\mu\text{s/cm}$ , indica una presencia de concentraciones de sales o presencia de sólidos que conducen la electricidad; al ser comparados con los valores máximos permisibles de la Res. No. 1207 de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, este resultado se encuentra menor que el máximo permitido de 1500  $\mu\text{s/cm}$ . Así que se está cumpliendo la norma para su reúso. Y si es comparado con la Res. No. 2115 de 2007 para agua potable, también cumpliría, ya que el máximo permisible es 1000  $\mu\text{s/cm}$ .

Al analizar los resultados de laboratorio de la muestra de agua tratada por la unidad de filtrado, y al realizar el cotejo con los valores permisibles de la normatividad vigente para vertimientos Resolución No. 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Capítulo VI, Artículo 9, “Parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas (arnd) a cuerpos de aguas superficiales de actividades productivas de agroindustria y ganadería”, y para un reúso agrícola y su utilización en riego, conforme a la Resolución No. 1207 De 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas. Art. 6, se tiene las siguientes consideraciones:

- En lo relacionado con los valores permisibles consignados en la resolución 631 de 2015, comparados con la muestra M1276 y M1276-1, correspondiente al agua resultante del tratamiento ecológico realizado por el filtro de descontaminado ambiental propuesto por el SENA, luego de suplir los análisis de laboratorio y partiendo del hecho de que la muestra M1275 correspondiente al agua residual tomada a la salida del lavado del café, la cual arrojó no apta para ser vertida directamente, se tiene que la unidad de filtrado cumple su cometido de realizar un tratamiento primario aerobio, el cual recibe un agua residual con gran cantidad de contaminación, y que al paso por cada uno de sus componentes realiza una desinfección físico-química; la parte física se presupone a la disposición de los lechos filtrantes de grava, arena y suelo natural en todo su recorrido, y la parte química se le atribuye al paso del agua residual por los elementos propios de los lechos filtrantes, en especial el suelo natural que contiene varios elementos químicos por su alto contenido de materia orgánica y microorganismos, que al realizar la interacción con la rices de la vegetación utilizada como agente biológico, las plantas de heliconias, hacen que la unidad de filtrado sea más eficiente.
- Con respecto a las condiciones consignadas en la Resolución No. 1207 de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, para el presente análisis se tuvo en cuenta la procedencia del agua y su contaminación dentro del proceso del lavado del café —el cual no aporta ninguna característica química del orden de los metales pesados o sustancias extremadamente peligrosas para la vida humana—. Se analizaron los parámetros más representativos que pueden ejercer algún aporte importante en elementos menores, y otros que pueden afectar los cultivos que se provean de riego —parámetros físicos: pH, conductividad eléctrica; microbiológicos: coliformes termo tolerantes, coliformes totales; químicos: se obviaron los fenoles e hidrocarburos, cianuro, cloruros, fluoruros y sulfatos; metales: sodio; cloro—. Adicionalmente, se tuvieron en cuenta otros parámetros que se encuentran fuera de la Resolución 1207 de 2014, y que se presupone de gran importancia agronómica su conocimiento, como lo son: nitrato, nitritos, magnesio, calcio y potasio.

- Dado que los parámetros analizados cumplen todos valores permitidos por la norma, el agua tratada por el filtro de descontaminado ambiental propuesto por el SENA, puede ser utilizada para un reúso agrícola en riego para pastos y cultivos de no consumo directo humano, acatando las recomendaciones de uso, tanto en la forma de su utilización y las distancias permitidas de aplicación cerca a fuentes hídricas.
- El agua tratada por el filtro de descontaminado ambiental, obtuvo un valor de conductividad eléctrica —este parámetro, permite determinar el efecto del sodio sobre las características físicas del suelo— de 575  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , rango que permite deducir una salinidad moderada del agua. Tener salinidad moderada representa un factor a favor en el desarrollo del presente proyecto, pues el agua será óptima para el riego de la mayor parte de los cultivos, en casi cualquier tipo de suelo, y tendrá muy poca probabilidad de que se genere la misma.

## **CONCLUSIONES**

Se parte del hecho que el agua utilizada para despulpar y lavar se convierte en residual —agua miel—. Su naturaleza química está relacionada con la composición físico-química de la pulpa y el mucílago, debido a que estos dos elementos proporcionan partículas y componentes durante el contacto turbulento e intenso con el agua limpia. Así se origina su aporte como carga orgánica, del primer y segundo lavado. Esta agua miel cuando es sometida al procesamiento en el sistema de filtrado de agua residual, se logra separar: por un lado, el agua clarificada, y por otro los lodos orgánicos —estos son un buen aporte de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio etc.

El paso de las aguas residuales del proceso de lavado del café por la unidad de filtrado, permite un aprovechamiento éstas o su reúso directo; las aguas tratadas, clarificadas y neutralizadas, previo análisis por el laboratorio, pueden usarse para riego de pastos, e inclusive, plantaciones de café adulto, o pueden ser vertidas a afluentes con mínima carga orgánica.

## DISCUSIÓN

El sistema de filtrado en sus componentes se encuentra funcionalmente operante, pero cabe replantear y materializar las siguientes recomendaciones:

- Hace falta la implementación de tratamiento primario o una unidad de sedimentación, para garantizar en primera medida el aumento de la vida útil de la unidad de filtrado, garantizando el menor ingreso posible de sólidos al canal de filtración y evitar el taponamiento de los lechos de filtrado. Este componente se debería implementar entre la cajilla de recolección y la cámara de homogenización, combinándola con una rejilla fina para incrementar el retiro de sedimentos que generen la colmatación en el canal de filtración.
- En la entrada en el canal de filtración se hace necesario en los primeros 4 m solo tener como capa de lecho filtrante únicamente la grava gruesa, para corregir el rebose que se está presentando actualmente, y así garantizar la entrada del agua residual sin contratiempos al canal de filtración. Por lo tanto, se recomienda también cambiar la disposición de entrada al canal de filtración, haciéndolo recto en los primeros 4 m y no en salida lateral como se encuentra actualmente.

## BIBLIOGRAFÍA

ADLER, Stephen (2001). *Biofiltration a Primer*. Center for Waste Reduction Technologies. April 2001.

AMUNIC (2010). *Caracterización municipal de Tipitapa*.

- Anzueto, F. (2013). *Monitoreo y pronóstico de la roya del cafeto*. ANACAFÉ. Guatemala. Recuperado de:  
<https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=16TEC:Metodo-muestreo-roya>
- Arboleda, J. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua, Tomo 2*. Bogotá, Colombia. Mc Graw Hill.
- Asociación Nacional del Café ANACAFÉ (s.f.). *Los subproductos del café*. Recuperado de:  
[https://www.anacafe.org/glifos/index.php/BeneficioHumedo\\_Subproductos](https://www.anacafe.org/glifos/index.php/BeneficioHumedo_Subproductos)
- Borja, M. (2011). *Diseño de una Planta de Tratamiento para aguas residuales de la ciudad de Guaranda*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Escuela de Ciencias Químicas.
- Café de Colombia (s.f.). *Un café sobresaliente*. Recuperado de:  
[http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/el\\_cafe\\_de\\_colombia/un\\_cafe\\_sobresaliente/](http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/el_cafe_de_colombia/un_cafe_sobresaliente/)
- Celis, J. (2005). Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. *Theoría, 14*, 17-25.
- Delgadillo, O. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba, Bolivia: Centro Andino para la Gestión del Agua.
- Giraldo, M. & Olarte, A. (2001). *Diseño y Estructuración de una central de beneficio ecológico*. Recuperado de: [www.bdigital.unal.edu.co/1032/1/6200008.2001.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/1032/1/6200008.2001.pdf).
- Metcalf & Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*. España: McGraw-Hill / Interamericana de España S.A.

Romero, J.A. (1995) *Acuipurificación, diseño de sistemas de purificación de aguas*. Ed. Escuela Colombiana de Ingeniería.

Saza, P. (2004). *Reutilización de aguas domésticas*. XVI Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología. Armenia: Sociedad Colombiana de Ingenieros del Quindío. Universidad del Quindío.

Secretaría de Agricultura y Minería del Huila (2009). *Anuario Estadístico Agropecuario*. Neiva Huila. Recuperado de:  
[//www.huila.gov.co/documentos/A/ANUARIO%20ESTAD%3%8DSTICO%20AGROPECUARIO%20DEL%20HUILA%202009.pdf](http://www.huila.gov.co/documentos/A/ANUARIO%20ESTAD%3%8DSTICO%20AGROPECUARIO%20DEL%20HUILA%202009.pdf).





**APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA EL APROVECHAMIENTOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS  
EN EL CENTRO AGROPECUARIO Y BIOTECNOLOGÍA EL PORVENIR**

***APPLICATION OF TECHNOLOGIES FOR THE USE OF SOLID WASTE AT THE AGRICULTURAL  
CENTER AND BIOTECHNOLOGY EL PORVENIR***

**AUTORES**

Bleydy Ortega Vergara, Ray López Cuitiva y Cristina Ruiz Corrales.

**RESUMEN**

El trabajo de investigación consistió en la clasificar, identificar y tratar los residuos sólidos no peligros generados en el centro de formación agropecuaria en el municipio de Montería, Córdoba, con la finalidad de establecer las diferentes opciones para el aprovechamiento de estos. La caracterización de los residuos sólidos no peligrosos fue el primer paso para determinar los que no están siendo aprovechados.

Diariamente se manejan en promedio 207 Kg de residuos, de estos, el 77% corresponde a biodegradables, los cuales podrían ser utilizados en la fabricación de compost y en el tratamiento mediante la intalacion y puesta en marcha de un biodigestor para producción de Biogas, biol y biosol, para su posterior utilización en usos agrícolas.

Por otro lado, un 11% corresponde a residuos de tipo reciclables, los que pueden ser aprovechados para obtener otros productos de tipo ornamental, para utilizar en la formación profesional y realizar labor social en las instituciones de educación aledañas al Centro de formación, que están ubicados en zona vulnerable; y otra parte pueden ser comercializados a empresas que se dediquen, ya sea a su recepción, comercialización o transformación directa. En términos metodológicos, se tomó la muestra de los residuos sólidos durante un lapso de tiempo de cinco días, en éste, inicialmente, se realizó una

clasificación, y posteriormente se calculó el peso total de los residuos sólidos y los promedios correspondientes para cada tipo de residuo.

## **ABSTRACT**

*The research work consisted of classifying, identifying and treating non-hazardous solid waste generated in the agricultural training center in the municipality of Montería, Córdoba, with the purpose of establishing the different options for the use of these. The characterization of non-hazardous solid waste was the first step in determining those that are not being used.*

*On average 207 kg of waste are handled, of these, 77% corresponds to biodegradable, which could be used in the manufacture of compost and in the treatment through the installation and commissioning of a biodigester for production of biogas, biol and biosol, for later use in agricultural uses.*

*On the other hand, 11% corresponds to waste of a recyclable type, which can be used to obtain other ornamental products, to be used in professional training and to carry out social work in the educational institutions surrounding the Training Center, that are located in a vulnerable area; and another part can be marketed to companies that are dedicated, either to its reception, commercialization or direct transformation. In methodological terms, the solid waste sample was taken during a period of five days, in which, initially, a classification was made, and then the total weight of solid waste and the corresponding averages for each type of waste were calculated.*

## **PALABRAS CLAVE**

*(Español / inglés) Residuos sólidos / solid waste, educación ambiental / environmental education; aprovechamiento de residuos / waste management; impacto ambiental / environmental impact, compost / compost, biodigester / biodigester, biogás / biogas.*

## **INTRODUCCIÓN**

La problemática de residuos sólidos a nivel mundial es de gran preocupación puesto que se considera una amenaza para el medio ambiente y la biodiversidad. Cada día se buscan opciones.

La gestión integral de residuos sólidos se concibe como un proceso articulado entre factores técnicos, sociales, económicos y legales considerando funciones y responsabilidades compartidas, con el propósito de alcanzar objetivos comunes y contribuir a la protección del ambiente y el bienestar de las comunidades (Marulanda, 2010). En este sentido, se plasma el aprovechamiento de los residuos sólidos en el Centro Agropecuario y Biotecnología el Porvenir a partir de tecnologías amigables con el medio ambiente, esto con el propósito de hacer una utilización adecuada de los residuos sólidos a través del tratamiento y transformación, de tal manera que se pueda reducir volumen, peligrosidad y tener una disposición final controlada, para finalmente conseguir una mejor calidad ambiental en el Centro de formación.

Con este trabajo se buscó generar alternativas de solución sostenibles que minimicen la generación de residuos y por tanto la disminución de impactos ambientales negativos en el Centro de formación. Es importante destacar que al momento de realizar este proyecto, no se contaba con ningún tipo de aprovechamiento de residuos, sino que por el contrario todo lo generado era dispuesto para ser transportado por el servicio de aseo contratado hacia el Relleno Sanitario.

## **JUSTIFICACIÓN**

Los estudios a nivel mundial han demostrado que los residuos sólidos están asociados con la proliferación de enfermedades, contaminación ambiental y paisajística, recurso hídrico y depreciación de terrenos, lo cual requiere de un manejo o una gestión integral de los mismos.

Las entidades nacionales y territoriales que tienen responsabilidades en los temas relacionados con el manejo de los residuos sólidos, han promovido los procesos de minimización, aprovechamiento, valoración, tratamiento y disposición final de los residuos y a su vez esto se ha articulado a través de las diferentes leyes y normas y el Plan de Gestión Integral de los Residuos sólidos y su metodología.

Teniendo en cuenta la política ambiental de residuos, se crea la necesidad de ofrecerle al Centro de formación una alternativa sostenible que cumpla con la ley y las condiciones medio ambientales para la disposición final de los residuos sólidos aprovechables generados. La caracterización de los residuos generados en el centro de formación indica que se producen alrededor de 823 kg semanalmente, siendo en mayor proporción los orgánicos biodegradables, reciclables y ordinarios en menor, respectivamente; lo anterior repercute en la necesidad de aprovechar esta generación de residuos sólidos como herramienta de tratamiento que permita beneficios al ambiente en el entorno del Centro Agropecuario y Biotecnología El Porvenir.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Actualmente, en el Centro agropecuario no se realiza clasificación ni aprovechamiento de los residuos sólidos generados, por lo cual se requiere la evaluación de alternativas de utilización de los residuos aprovechables con una disposición final adecuada.

Dentro de las temáticas actuales que tienen una relación directa con la afectación al medio ambiente y sus repercusiones en el orden de salud pública, la gestión de los residuos sólidos ocupa una posición importante, debido a que se ha creado una conciencia de aprovechamiento de estos y a su vez una forma de contribuir a la protección de diversas características del ambiente.

En estos momentos está en ejecución la construcción de un centro de acopio para la disposición temporal de los mismos y realizar a su vez el correspondiente aprovechamiento.

Con este proyecto se pretende implementar una solución definitiva a la problemática del manejo de los residuos sólidos por parte del Centro, buscando mitigar el alcance y la afectación a diferentes factores ambientales y de la salud de las personas que confluyen en el mismo.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Aplicar tecnologías existentes para aprovechar los residuos sólidos del Centro Agropecuario y Biotecnología El Porvenir mediante la generación de subproductos amigables con el ambiente.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Elaborar compost a partir de residuos biodegradable para usos agrícolas.
2. Reutilizar los residuos de tipo reciclable en la elaboración de subproductos.
3. Obtener el Biogás a partir de los residuos sólidos orgánicos generados en las unidades productivas pecuaria para su aprovechamiento en el Centro Agropecuario y de Biotecnología El Porvenir.
4. Realizar programas de capacitación para la comunidad del Centro agropecuario en el adecuado manejo de residuos sólidos.

## **METODOLOGÍA**

La presente investigación es de tipo descriptivo-analítica dado que se describen, interpretan y analizan elementos del tema de estudio, de igual manera, busca especificar el aprovechamiento de los residuos sólidos en el Centro de formación mediante de una serie

de estrategias; a razón de esto, todos los aspectos relacionados con el diseño experimental para dar respuesta a la pregunta de investigación: ¿Cuáles son las opciones para aprovechamiento de los residuos sólidos no peligrosos generados en el Centro de Formación Agropecuario?

Para obtener la información primaria fue necesaria la observación como técnica de recolección de información en campo, que permitió la posterior clasificación de los residuos sólidos dispuestos en el Centro de formación; para ello se contó con el apoyo de un equipo de trabajo conformado por docentes del área ambiental y el líder ambiental del Centro de formación agropecuaria, quienes formaron parte activa en la capacitación de los aprendices y en el desarrollo de las actividades de campo.

Partiendo de esto, se establecieron los siguientes criterios para la ejecución del proyecto:

- Montaje de las camas para compost. Se elaborarán camas en el suelo en un sitio libre de escorrentías, con una cobertura en poli sombra en un área de 20m \* 20m.
- Elaboración de compost. Se elaborará una pila por capas para aplicación de materiales de la siguiente manera: hojarasca, tierra, cal agrícola, estiércol, residuos biodegradables orgánicos, cascarilla de arroz, mezcla de levadura, agua y melaza hasta agotar los materiales. Al finalizar, la pila se cubrirá con plástico negro sin que quede nada destapado por efectos de fermentación; al día 6 se le dan dos vueltas cada 12 horas, humedecer y tapar; en adelante hasta el día 18 se le da una vuelta al día y humedece según sea necesario.
- Elaboración de material ornamental con residuos de tipo reciclables. Se elaborará material ornamental para los jardines del Centro agropecuario, como maceteros colgantes, puntos ecológicos, comederos para animales, murales, entre otros. Estos se fabricarán con los envases plásticos, tapas, cucharas, vasos; se necesitan alambre, tijeras, pinturas.

- Elaboración de material didáctico reciclado. Se elaborarán tableros y/o murales informativos con capas de papel reciclado, pegándolos por capas con pegamento, hasta un grosor de 2 cm., y con dimensiones de 2 por 3 metros.
- Montaje del biodigestor. Se instalará un tanque de Polietileno (plástico) herméticamente cerrado de capacidad de 6000 Lt, sobre una placa de concreto donde la materia orgánica contenida en el estiércol de ganado vacuno y cerdos se fermenta por medio de bacterias y microorganismos anaerobios, transformándose en biogás y bioabono, durante un periodo de 30 a 45 días, aproximadamente; elementos de gran utilidad, que contribuyen a obtener importantes beneficios ambientales y económicos.
- Distribución del biogás. A través de tuberías flexibles se conducirá el biogás desde el punto donde está ubicado el biodigestor hasta la porcicola del Centro Agropecuario y Biotecnología El Porvenir.
- Programas de capacitación a funcionarios en segregación de residuos. Se capacitará a 100 funcionarios y contratistas, entre ellos, instructores, administrativos, operarios cada tres meses o cuando haya requerimiento durante un año.
- Programas de capacitación a aprendices del Centro de Agropecuario y Biotecnología El Porvenir en manejo de residuos. Se capacitará a 450 aprendices cada tres meses o cuando halla requerimiento durante un año.

## **RESULTADOS**

Antes de empezar con la clasificación de los residuos sólidos es importante mencionar que en el Centro de formación existen diversas fuentes de generación de estos —ambientes de formación, áreas administrativas, almacén, cuartos de mantenimiento, entre otros—, teniendo en cuenta las principales materias primas e insumos, materiales, y demás bienes consumidos o adquiridos, los principales bienes elaborados y los residuos generados.



La separación desde la fuente es la base fundamental de la adecuada gestión de residuos, para esto se clasifican los residuos en ordinarios, aprovechables, especiales y peligrosos.

Partiendo de lo anterior, se realizó una clasificación e identificación de residuos, arrojando el siguiente comportamiento.

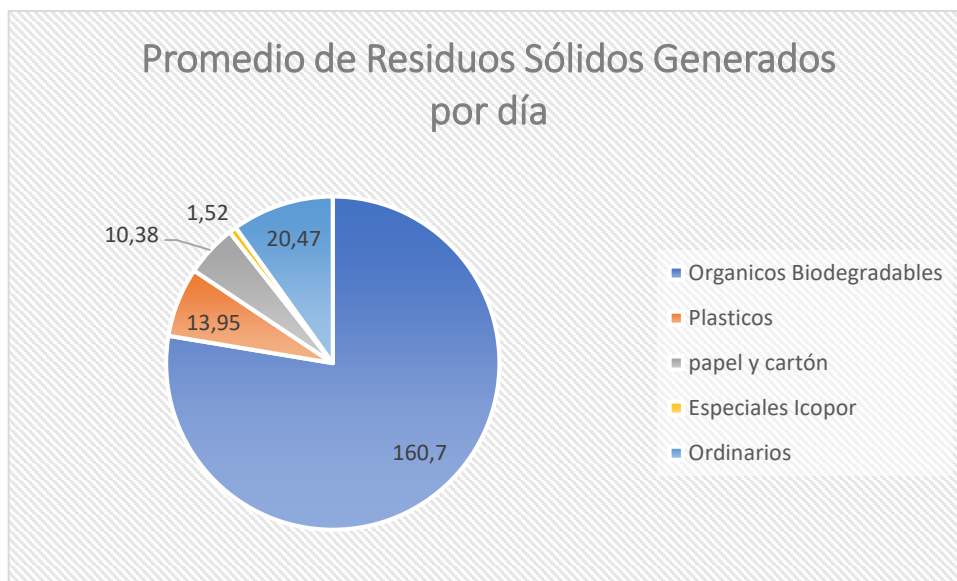


Figura1. Promedio de residuos sólidos generados por día. Fuente: elaboración propia (2017).

En términos generales, se determinó que los residuos de tipo orgánico biodegradables son los que más se presentan en el Centro de formación, mostrando un total de 160,7 Kg por día, gran parte de estos son procedentes de la cafetería —restos comida, frutas, entre otros—, los residuos ordinarios ocupan el segundo lugar con un valor de 20,47 Kg por día, en este sentido la mayor parte de estos residuos provienen de las unidades productivas, dormitorios, cafetería y demás dependencias. Luego de estos se encuentran los residuos plásticos con un total de 20,47 Kg por día, estos residuos son básicamente botellas y vasos plásticos procedentes de la cafería y de los puntos de venta que se encuentran al interior del plantel educativo.

Por otra parte, en el Centro Agropecuario y Biotecnología El Porvenir se instaló un biodigestor vertical de plástico de capacidad de 6000 litros para tratar las aguas y estiércol provenientes del área de porcícola, que cuenta con 29 animales, de los cuales se tienen 25

crías, 2 lactantes, 1 reproductor y 11 hembras; se cuenta con un estercolero que tiene una capacidad de 8000 litros, con tiempo de llenado de 5 días, de donde se capta todo el material proveniente de esta área. El biodigestor permite disminuir los impactos ambientales durante el proceso, ya que se evita que las aguas residuales producto de esta actividad sean vertidas con una alta carga de contaminante. Como resultado se obtiene abono líquido y sólido de excelente calidad, que favorece las demás unidades del Centro y a su vez se genera una producción de gas para el uso en la unidad de porcinos durante el proceso de calefacción de las crías de cerdos, permitiendo un ahorro significativo en la energía.

Por otro lado, con los residuos aprovechables se han realizado una serie de manualidades para incentivar en la comunidad en general una visión de aprovechamiento de este tipo de residuos y participar en labores sociales en las instituciones educativas aledañas, lo que se convierte en una labor social importante, ya que la zona donde está ubicado el Centro Agropecuario y Biotecnología El Porvenir tiene un considerable número de familias en condición de vulnerabilidad.

## **CONCLUSIONES**

En términos generales, se evidenció que los residuos de tipo biodegradables son los que más se presentan en el Centro de formación, mostrando un total de 160,7 Kg por día. Luego de estos, se encuentran los residuos plásticos con un total de 20,47 Kg por día, estos residuos son básicamente botellas y vasos plásticos procedentes de la cafetería y de los puntos de venta que se encuentran al interior del plantel educativo. De la misma forma, se sostiene que las tecnologías ambientales además de reducir los impactos asociados al medio ambiente minimizan los costos económicos que se invierten en materiales —gas propano, para el caso del Centro Agropecuario y Biotecnología El Porvenir—, evidenciando de esta forma la importancia de sostener y aplicar alternativas de conservación ambiental. Así mismo, se demuestra que no todos los residuos sólidos son basuras y que muchos de ellos se pueden reincorporar a la vida útil a través de métodos y manualidades, lo que contribuye al embellecimiento de los espacios.

## BIBLIOGRAFÍA

Álvarez de la Puente, J. (s.f.). *Manual de compost para Agricultura Ecológica*. Recuperado de:  
[http://www.ciencias-](http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agricultura_ecologica/Manual%20compostaxe.pdf)

[marinas.uvigo.es/bibliografia\\_ambiental/agricultura\\_ecologica/Manual%20compostaxe.pdf](http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agricultura_ecologica/Manual%20compostaxe.pdf)

Bustos Flores, C. (2009). *La problemática de los desechos sólidos*. Recuperado de:

[http://iies.faces.ula.ve/Revista/Articulos/Revista\\_27/Pdf/Rev27Bustos.pdf](http://iies.faces.ula.ve/Revista/Articulos/Revista_27/Pdf/Rev27Bustos.pdf)

Castro, C. (2001). *Evaluación de la Problemática Ambiental y alternativas de manejo de residuos sólidos orgánicos en los restaurantes del sector de la Universidad Javeriana, localidad de Chapinero, Bogotá*.

Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica y la Cámara de Insumos Agropecuarios No Sintéticos. (2003). *Taller de abonos*. Recuperado de:

<http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Taller%20Abonos%20Org%C3%A1nicos.pdf>

Marulando, O. (2010). *Propuesta de plan de gestión integral de residuos sólidos en las instituciones educativas ubicadas en el corregimiento de Arabia municipio de Pereira*. Proyecto de grado, Universidad tecnológica de Pereira, Pereira.

Piñeros, J., Vargas, J. & Franco, R. (s.f). *Menos residuos orgánicos a la basura, más compostaje por lombricultivo en la universidad pedagógica nacional. Una estrategia para la sustentabilidad desde el aula*. Recuperado de:

<http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/2375>

Rodríguez S. & Salcedo C. (2013). *Seguimiento proceso compostaje empresa ALFAGRES S.A*. Recuperado de:

[http://repository.uniminuto.edu:8080/xmlui/bitstream/handle/10656/2879/TTL\\_RodriguezSoteloSonia\\_2013.pdf?sequence=1](http://repository.uniminuto.edu:8080/xmlui/bitstream/handle/10656/2879/TTL_RodriguezSoteloSonia_2013.pdf?sequence=1)