


REVISTA DE INVESTIGACIONES AGROEMPRESARIALES

VOLUMEN 5 (ENERO - DICIEMBRE DE 2018)
ISSN 2500-4468

Revista de Investigaciones Agroempresariales

Volumen 5 (Enero - Diciembre de 2018) – ISSN 2500-4468

CUERPO DIRECTIVO

Carlos Mario Estrada Molina
Director General del Sena

Farid de Jesús Figueroa Torres
Director de Formación Profesional

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

Luis Alberto Tamayo Manrique
Director Regional Huila

Miguel Alirio Argote
Subdirector Centro Agroempresarial y Desarrollo
Pecuario del Huila

Silvia Cristina Carrera
Líder Sennova

Hans Thielin Castro Salazar
Ingeniero Químico, M.Sc., Ph.D en Química
Docente Corporación Universitaria del Huila

Corrector de estilo
María Sofía González Casagua

Diseño de la portada
Juan David Gutiérrez
Aprendiz ADSI SENA

Impresión
Hebergráficas

COMITÉ EDITORIAL

Miguel Alirio Argote
Administrador de Empresas, Magister en
Gerencia Pública. Subdirector del Centro
Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del
Huila

Silvia Cristina Carrera
Bióloga, Magister en Acuicultura y Ecología
Acuática Tropical, Líder Sennova.

Judith Margarita Barros Gómez
Ingeniera Pesquera, Ph.D en Ciencias del Mar, Docente
Universidad del Magdalena

Jennifer Katuska Castro Camacho
Ingeniera Agrícola, Magister en Ingeniería y Gestión
Ambiental, Docente Universidad Surcolombiana

Información de correspondencia: Revista de Investigaciones Agroempresariales

Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del
Huila

Carrera 10 # 11-22 Garzón-Huila Teléfonos: (57)
8335034
e-mail: margote@sena.edu.co

La revista puede consultarse en su versión
electrónica en: [http://revistas.sena.edu.co/index.
php/riag](http://revistas.sena.edu.co/index.php/riag)

Presentación

La revista de Investigaciones Agroempresariales es una publicación científica y tecnológica del Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila (C.A.D.P.H) y grupo de Investigación Innovagro, para la divulgación de conocimientos de orden productivo, social y cultural especialmente en las líneas de investigación en sistemas sostenibles agropecuarios, pecuario, piscícola, biotecnología, TIC'S y afines.

Misión

La misión de la revista de Investigaciones Agroempresariales es fomentar la comunicación y colaboración entre investigadores nacionales e internacionales a través de la divulgación y transferencia de conocimiento relacionado con el sector productivo, social y cultural, con el fin de fortalecer la generación de nuevo conocimiento.

Público al que se dirige

La revista de Investigaciones Agroempresariales es una publicación, dirigida a aprendices, instructores, investigadores y comunidad académica y científica en general, destinada a publicar artículos resultantes de las investigaciones originales en el área agrícola, pecuaria, piscícola, administrativa, social, biotecnología y TIC'S. La publicación circula en formato impreso y en forma electrónica con acceso libre.

Periodicidad

La revista de Investigaciones Agroempresariales es una publicación anual (Enero-diciembre).

Cesión de derechos

La Revista de Investigaciones Agroempresariales, al momento de recibir la postulación de un manuscrito por parte de su autor, ya sea a través de correo electrónico o postal, considera que puede publicarse en formatos físicos y/o electrónicos y facilitar su inclusión en bases de datos, hemerotecas y demás procesos de indexación.

Los autores ceden sus derechos a la revista para su publicación. Los artículos se someten a un sistema de arbitraje anónimo. El comité editorial se reserva el derecho de enviar un informe al autor para cambiar o rehacer su artículo de manera parcial o total.

Se autoriza la reproducción y citación del material de la revista, siempre y cuando se indique de manera explícita el nombre de la revista, los autores, el título del artículo, volumen, número y páginas.

Las ideas y conceptos expresados en los artículos son responsabilidad de los autores y en ningún caso reflejan las políticas institucionales del SENA.

Tabla de Contenido

EDITORIAL

Miguel Alirio Argote

Subdirector Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila

.....7

Extracto de *Piper aduncum* como controlador de la garrapata común *Rhipicephalus sanguineus*

Normin Soley Cabrera Barreiro, Guillermo Alberto Yustes Hoyos

.....9

Evaluación del efecto de la aplicación de fertilizantes químicos y biofertilizantes en el cultivo del cilantro *Coriandrum sativum* L

Fermín Artunduga Lemus, Yaqueline Quintero Guerrero

..... 16

Identificación y caracterización de comunidades microbianas encontradas en la granja del Batallón de Infantería Cacique Pigoanza y su posible uso

Ingrid Liseck Pulecio Suarez, Normin Soley Cabrera Barreiro

.....25

Efecto de la salinidad y calidad del silicato sobre el crecimiento de la diatomea *Chaetoceros calcitrans*

Silvia Cristina Carrera

.....34

Cómo obtener un buen silaje de pulpa de café para alimentación de bovinos

Nelson Embus Clavijo

.....42

Evaluación de la remoción de los cloruros presentes en aguas asociadas

Yaqueline Quintero Guerrero, María Daniela Pulido Osorio

.....52

Sistema de información geográfico del Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila para el análisis cartográfico de sus unidades productivas – SIGCADPH Hugo Fernando Polanía, Jesús Andrés Silva	60
Análisis de la alcalinidad en una muestra de agua industrial tratada para inyección en pozos petroleros con polielectrolito (semilla de moringa) y ultra-floc Yaqueline Quintero Guerrero, Yuly Katherin Rodríguez Forero	71
Estrategias para mitigar el impacto socio ambiental por la invasión de predios en la ZMPA de la quebrada Trompeta ubicada en la localidad Ciudad Bolívar-Bogotá Normin Soley Cabrera	78

Hace cinco (5) años llegamos al centro del Huila y nos encontramos con un paisaje dantesco, como salido justamente de la descripción de Alighieri en la Divina Comedia, producto de la desforestación causada para dar paso al embalse de la Represa de El Quimbo. Esta construcción aunque representa un importante avance en la producción energética nacional, también generó una crisis socio-económica cultural en la región y por ello nos dimos la tarea de liderar desde el SENA la formulación de una agenda prospectiva para el desarrollo local con un necesario componente de investigación y desarrollo tecnológico.

Desde el año 2014 habíamos formalizado ante Colciencias el Grupo de Investigación INNOVAGRO C.A.D.P.H y en un principio fue una ardua tarea de motivar a instructores y personal del Centro de Formación el trabajo hacia la investigación y a escribir artículos para la revista que hasta la época era una mera expectativa y algo novedoso en un municipio de corte rural y alejado dos (2) horas de viaje de la capital huilense.

En el primer volumen impreso en el año 2015 se publicaron ocho (8) artículos y en la presentación de la "Revista de Investigaciones Agroempresariales" la lanzamos como: "La Revista de Investigaciones Agroempresariales, que presentamos a la comunidad académica

y científica del país, resultado del esfuerzo y dedicación del equipo de profesionales que prestan sus servicios en nuestro Centro de Formación y que acogieron el llamado para trabajar por el desarrollo de la investigación y el desarrollo tecnológico del país".

El trabajo se ha continuado y en el año 2016 se imprimió el volumen II con 9 artículos y la revista obtuvo ya gran acogida que para el año 2017 hubo necesidad de editar dos volúmenes (III y IV) a fin de no desmotivar el trabajo de los instructores y funcionarios que ya se habían atrevido a realizar investigaciones y a publicar sus artículos.

Hoy con gran complacencia colocamos a disposición de ustedes estos informes producto de trabajos de investigación y reflexiones realizadas en nuestro Centro de Formación y plasmados en nuestro Volumen V, el cual contiene nueve (9) artículos y que tienen que ver desde aplicaciones para el sector pecuario como el de "Extracto de *Piper aduncum* como controlador de la garrapata común *Rhipicephalus sanguineus*" o "Cómo obtener un buen silaje de pulpa de café para alimentación de bovinos". Asimismo, trabajos de un alto contenido medio ambiental tales como: "Evaluación de la remoción de los cloruros presentes en aguas asociadas",

“Análisis de alcalinidad total en una muestra de agua industrial tratada para inyección en pozos petroleros, con polielectrolito (semilla de moringa) y ultra-floc” y el de medir las estrategias para mitigar el impacto socio ambiental por la invasión de predios en la ZMPA de la quebrada Trompeta ubicada en la localidad Ciudad Bolívar-Bogotá”

Por la naturaleza productiva de la región y con ello el enfoque del Centro de Formación, no se podían quedar por fuera trabajos realizados para el mejoramiento de la producción agropecuaria como son: “Evaluación del efecto de la aplicación de fertilizantes químicos y biofertilizantes en el cultivo del cilantro *Coriandrum sativum* L”, “Identificación y caracterización de comunidades microbianas encontradas en la granja del Batallón de Infantería Cacique Pigoanza y su posible uso”, “Efecto de la salinidad y calidad del silicato sobre el crecimiento de la diatomea *Chaetoceros calcitrans*”, y para seguir imprimiendo más tecnología al campo colombiano y específicamente a la agricultura de precisión, “Sistema de información geográfico del Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila para el Análisis Cartográfico de sus Unidades Productivas – SIGCADPH”

Espero haber dejado “sembrada la semilla” de la investigación en el Centro de Formación y seguir extendiendo la invitación a continuar trabajando por el mejoramiento continuo de la formación profesional integral con contenido investigativo, entendiendo que si queremos lograr el desarrollo

económico de la región éste solo se logrará si le apostamos a la inversión en investigación y el desarrollo tecnológico.

Miguel Alirio Argote

Director de la Revista

Subdirector CADPH

Extracto de *Piper aduncum* L. como controlador de la garrapata común *Rhipicephalus sanguineus*

Normin Soley Cabrera-Barreiro¹

Guillermo Alberto Yustes-Hoyos²

Resumen

Piper aduncum es una especie arbustiva umbrófila que se encuentra generalmente en suelos con elevado contenido de materia orgánica y humedad. De las hojas, tallos y fluorescencias se extrae aceite esencial con acción insecticida, fungicida y bactericida, y una amplia utilización en el sector agrario y medicinal. La presente investigación tuvo como objetivo elaborar un champú con extracto obtenido de la especie *Piper aduncum* o Matico - Cordoncillo como se conoce popularmente, como base para el tratamiento de la garrapata común *Rhipicephalus sanguineus* en especies caninas. Para ello se realizó un experimento en el que se evaluó la acción del producto elaborado sobre el porcentaje de mortalidad de hembras de *R. sanguineus* y un control. El champú se encuentra conformado por un tenso activo anfótero (Texapón 40 al 15%), un emoliente (Glicerina al 2%), un espesante (Coco amida al 4%), un preservante (Benzoato de sodio al 0,5%), compuesto activo (Extracto de *Piper aduncum* al 50%) y excipientes (Agua al 29%). Los análisis estadísticos mostraron un efecto del producto elaborado sobre el porcentaje de mortalidad de las hembras a los 30 ($P < 0,002$) y 60 ($P < 0,004$) minutos de aplicado.

Palabras Claves: extracto, emoliente, tensoactivo anfótero, preservante, excipientes, compuesto activo

1 Ingeniera Ambiental, Especialista en Gestión Ambiental, Instructor Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila, e-mail: nscabrera@misena.edu.co

2 Tecnólogo en Control Ambiental, Estudiante X Semestre Ingeniería Industrial, Instructor Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila, e-mail: guialb.yustes@misena.edu.co

Abstract

Piper aduncum is an umbrófila shrub species that is usually found in soils with a high content of organic matter and moisture. From the leaves, stems and fluorescence, essential oil is extracted with insecticidal, fungicidal and bactericidal action, with a wide use in the agricultural and medicinal sector. The objective of this research was to produce an extract shampoo obtained from the species *Piper aduncum* or Matico - Cordoncillo as it is popularly known, as a base for the treatment of the common tick *Rhipicephalus sanguineus* in canine species. For this, an experiment was carried out in which the action of the product elaborated on the percentage of mortality of females of *R. sanguineus* and a control was evaluated. The shampoo is made up of a tense amphoteric active (Texapón 40 to 15%), an emollient (2% glycerin), a thickener (4% coco amide), a preservative (0.5% sodium benzoate), active compound (extract of *Piper aduncum* 50%) and excipients (29% water). The statistical analyzes showed an effect of the product elaborated on the percentage of mortality of the females at 30 ($P < 0.002$) and 60 ($P < 0.004$) minutes of applied.

Keywords: extract, emollient, amphoteric surfactant, preservative, excipients, active compound.

Introducción

Las garrapatas son ectoparásitos hematófagos obligados de los animales salvajes, domésticos y de los seres humanos, se clasifican en la subclase Acari, orden Parasitiformes, suborden Ixodida y están distribuidos desde el ártico a las regiones tropicales del mundo (Estrada *et al.*, 2012), siendo más prevalente en las regiones tropicales y subtropicales (Gray *et al.*, 2013).

Se estima que existen alrededor de 900 especies, encontradas prácticamente en todos los ecosistemas existentes (Socolovschi, 2009), como parásitos, las garrapatas poseen un potencial para provocar toxicosis, parálisis, irritación y alergia a sus hospedadores (Debárbora *et al.*, 2011). Son importantes debido a que pueden actuar en el mantenimiento y transmisión de muchos microorganismos patógenos como bacterias, helmintos, protozoos y

virus que afectan tanto la salud animal como humana (Dantas-Torres *et al.*, 2009).

Piper aduncum L. (*Piperaceae*) es conocido popularmente como falso-jaborandi, apertaruão y/o cordoncillo, es un arbusto con propiedades medicinales nativo de América tropical y con amplia distribución. Es una planta umbrófila, encontrada en varias estructuras boscosas, especialmente en suelos con elevado contenido de materia orgánica y humedad (Lorenzi & Matos, 2002).

De sus hojas se extrae alto contenido de aceite esencial (1,8-2,2%), el cual es utilizado en la agricultura debido a su acción insecticida (Fazolin *et al.*, 2005, Fazolin *et al.*, 2007) y fungicida (Bastos & Albuquerque 2004, Navickiene *et al.*, 2006). Además es utilizado en el tratamiento contra microorganismos patógenos para el ser humano (Fidalgo *et al.*, 2004).

El objetivo de este trabajo fue elaborar un champú con extracto obtenido de la especie *Piper aduncum*, o Matico - Cordoncillo como se conoce popularmente, como base para el tratamiento de la garrapata común *Rhipicephalus sanguineus*, en especies a través de su aplicación, eliminando la plaga presente en la especie canina y previniendo la propagación de enfermedades a otras especies animales.

Materiales y métodos

Material vegetal: Las muestras de *Piper aduncum* se obtuvieron en las inmediaciones del municipio de

Gigante-Huila, posteriormente fueron llevadas en una bolsa aséptica al laboratorio de Química del Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila.

Obtención de aceite esencial: El aceite esencial se determinó mediante el método de arrastre por vapor en un destilador, el cual se encuentra en el laboratorio de química del Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila. Para ello se utilizaron 25 Kg del material vegetal (Hojas, tallo y fluorescencia) el cual fue previamente lavado con agua cruda y cortado en trozos de aproximadamente 20 cm de largo. Posteriormente fueron insertados en la máquina y después de 3 horas de realizado el destilado se obtuvo el aceite el cual fue recogido en recipientes plásticos y almacenados en un espacio sin presencia de luz.

Formulación del producto: El extracto obtenido se mezcló en diferentes proporciones para obtener un champú cuya fórmula se muestra en la Tabla 1. Se inició la mezcla añadiendo el benzoato de sodio y luego los demás ingredientes con agitación durante 15 min. Finalmente, el pH de la solución fue ajustado a 7.5.

Tabla 1. Composición del champú formulado con extracto de *Piper aduncum*

Ingrediente	Cantidad
Agua	290 mL
Cocoamida	40 mL
Hidrolato de Cordoncillo	100 mL
Glicerina	20 mL
Lauril éter sulfato de sodio al 40%	150 mL
Benzoato de Sodio	5 gr

Recolección de *Rhipicephalus sanguineus*: Las garrapatas se obtuvieron directamente de caninos infectados y se mantuvieron en una incubadora en condiciones controladas (28 °C, 85% de humedad y 12-h de fotoperíodo) en el laboratorio básico de biotecnología del Centro de Formación.

Bioensayos: Grupos de 20 hembras de *Rhipicephalus sanguineus* se sumergieron en dos tratamientos: T1: Champú formulado con extracto de cordoncillo y T2: Agua destilada (Control) con tres réplicas cada uno. Cada grupo fue sumergido durante 60 minutos, según el protocolo establecido por Drummond *et al.*, (1973). Después de la inmersión, las garrapatas se secaron en papel absorbente, se colocaron en placas de petri etiquetadas y se cubrieron con una película de plástico perforada. La variable respuesta que se evaluó fue el porcentaje de mortalidad a los 30 y 60 minutos mediante la siguiente ecuación:

Tasa de mortalidad (%) = $(N^{\circ} \text{ final de hembras muertas} \times 100) / N^{\circ} \text{ inicial hembras muestreadas}$.

Análisis estadístico: Para analizar los efectos de los tratamientos sobre el porcentaje de mortalidad se realizó un análisis de varianza (ANOVA) simple, verificando previamente los supuestos de normalidad (prueba de Kolmogorov-Smirnov) y homogeneidad de varianzas (prueba de Levene). Se utilizó la prueba de Tukey para comparar las medias entre los diferentes tratamientos, como prueba a posteriori luego de establecer diferencias significativas. El criterio de significancia fue $P < 0,05$. Los análisis estadísticos fueron realizados usando el programa SPSS 13.0.

Resultados

El porcentaje de mortalidad de la garrapata *R. sanguineus* en el T1 fue de 73,33 % a los 30 minutos de aplicado el producto y de 83,66 % a los 60 minutos. El porcentaje de mortalidad en el control fue de 12,66 % a los 30 minutos y de 31,66 % a los 60 minutos (Figura 1).

Los análisis estadísticos mostraron un efecto del champú sobre el porcentaje de mortalidad de la garrapata a los 30 minutos de aplicado ($gl= 1$, $F= 170,4$, $P < 0,0002$) y a los 60 minutos ($gl= 1$, $F= 119,8$, $P < 0,0004$).

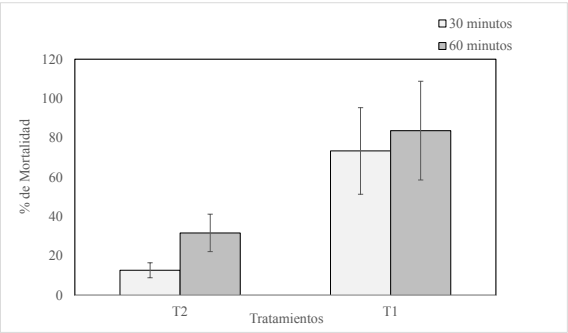


Figura 1. Porcentaje de mortalidad de hembras de garrapatas de la especie *R. sanguineus* sometido a dos tratamientos. T1: Champú formulado con extracto de cordoncillo y T2: Agua destilada (Control).

Discusión

Teniendo en cuenta la información descrita y también el hecho de que la garrapata de *R. sanguineus* se ha convertido en una plaga urbana de gran importancia, el presente estudio analizó la sensibilidad y la susceptibilidad de las hembras recogidas de *R. sanguineus* cuando son expuestas al champú elaborado con extracto de *Piper aduncum*, verificando la eficacia del extracto en el control de las hembras pertenecientes a esta importante especie.

La mortalidad de las larvas de *R. sanguineus* demostrada por el extracto de *P. aduncum* puede deberse principalmente al aceite esencial que contiene grandes cantidades de dillapiol, un fenilpropanoide con propiedades insecticidas reportadas por otros autores (Maia *et al.*, 1998; Bhuiyan *et al.*, 2001; Fazolin *et al.*, 2005). El dillapiol ha sido descrito como el principal compuesto constituyente de aceite esencial de *P. aduncum* (Gottlieb *et al.*, 1981, Pino *et al.*, 2004; Rali *et al.*, 2007).

El uso de productos botánicos para el control de garrapatas tiene una larga historia como un componente importante de la medicina tradicional en diferentes países, donde la mayoría de los agricultores de escasos recursos utilizan materiales vegetales para tratar ectoparásitos de animales.

El conocimiento tradicional sobre el uso de estas plantas se transfiere a través de generaciones sucesivas, especialmente en comunidades rurales. Sin embargo, el conocimiento sobre el uso de especies de plantas individuales varía entre

localidades y la validación científica de sus usos puede aumentar el rango de especies de plantas disponibles para el control de garrapatas y reducir sustancialmente la carga sobre aquellas que están en riesgo de extinción (Nchu *et al.*, 2012).

La composición del aceite esencial de *P. aduncum* varía de acuerdo al lugar de procedencia. En América, Sureste Asiático y Oceanía el componente mayoritario es el dillapiol (30 a 90%), en Bolivia el 1,8 cineol (40%), en Panamá el β -cariofileno y aromadendreno (12%). Aunque en el presente estudio no se determinó la composición química del aceite esencial, es muy probable que el *P. aduncum* que se desarrolla en Colombia tenga composición variable en comparación con otras regiones.

Hasta la fecha no existen ensayos de toxicidad realizados a *P. aduncum*, ni como extracto o como aceite esencial, por lo que es necesario conocer la composición química de este extracto para optimizar su posible uso.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila por el apoyo económico para la realización del ensayo y a la aprendiz Anyela Viviana Quila Rojas por el apoyo técnico.

Referencias Bibliográficas

- Bastos, C.N. & P.S.B. Albuquerque. 2004. Efeito do óleo de *Piper aduncum* no controle em pós-colheita de *Colletotrichum musae* em banana. Fitopatologia Brasileira. 29:555-557.
- Bhuiyan, M.K., E. Hassan. & M.B. Isman. 2001. Efectos inhibitorios del crecimiento y letales de algunos insecticidas botánicos y sinergia potencial por dilapiol en *Spodoptera litura* (Fab.) (Lepidoptera Noctuidal). Journal of Plant Diseases and Protection. 108: 82-88.
- Dantas-Torres, F.R.P., M. Lia., M. Barbuto., A. Casiraghi., I. Crovace., C. Caligiani. & D. Genchi. 2009. Ocular dirofilariosis by *Dirofilaria immitis* in a dog: first case report from Europe. Journal of Small Animal Practice. 50:667-669
- Debárbora, V., E. Oscherov., A. Guglielmo & S. Nava. 2011. Garrapatas (Acari: Ixodidae) asociadas a perros en diferentes ambientes de la provincia de Corrientes, Argentina. Investigaciones Veterinarias. 13: 45-51.
- Drummond, R.O., E.S. Ernst., J.L. Trevino., W.J. Gladney & H.O. Graham. 1973. *Boophilus annulatus* and *B. microplus*: laboratory tests of insecticides. Journal of Economic Entomology. 66: 130-133
- Estrada-Peña, A., N. Ayllón & de la Fuente, J. 2012. Impact of climate trends on tick-borne pathogen transmission. Frontiers in Physiology. 3: 64-70
- Fazolin, M., J.L.V. Estrela., V. Catani., M.S. de Lima & M.R. Alécio. 2005. Toxicidade do óleo de *Piper aduncum* L. a adultos de *Ceratomyia tingo-marianus* Bechyné (Coleoptera: Crysomelidae) Neotropical Entomology 34: 485-489.
- Fazolin, M., J.L.V. Estrela., V. Catani., M.R. Alécio & M.S. Lima. 2007. Propriedade inseticida dos óleos essenciais de *Piper hispidinervium* C. DC.; *Piper aduncum* L.; e *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Shum sobre *Tenebrio molitor* L. 1758. Ciencia e Agrotecnologia. 31: 113-120
- Fidalgo, L.M., I.S. Ramos., A.M.M. Álvarez., N.G. Lorente., R.S. Lizama. & J.A. Payrol. 2004. Propiedades anti protozoarias de aceites esenciales extraídos de plantas cubanas. Revista Cubana de Medicina Tropical 56(3): 230-233
- Gottlieb, O.R., M. Koketsu., M.T. Magalhães., J.G.S. Maia., A.I.R. Mendes., M.L. Da Silva. & V.C. Wilberg. 1981. Óleos essenciais da Amazônia. Acta Amazônica. 11:143-148.
- Gray, J., F. Dantas-Torres., A. Estada-Peña. & M. Levine. 2013. Systematics and ecology of the brown dog tick, *Rhipicephalus sanguineus*. Ticks and Tick-borne Diseases. 4:171-180.
- Lorenzi, H. & F.J.A Matos. 2002. Plantas Medicinais no Brasil: Nativas e exóticas. Edi. Novosa, Sao Paulo, Instituto Plantarum, 512 pp.
- Maia, J.G.S., M.G.B. Zoghbi., E.H.A. Andrade., A.S. Santos., M.H.L. Silva., A.I.R. Da Luz. & C.N. Bastos. 1998. Constituyentes del aceite esencial

- de *Piper aduncum* L. que crece en forma silvestre en la región del Amazonas. *Flavour and Fragrance Journal*.13: 269-272.
- Mondal, D., K. Sarma. & M. Saravanan. 2013. Upcoming of the integrated tick control program of ruminants with special emphasis on livestock farming system in India. *Ticks and Tick-borne Diseases*. 4:1-10.
- Nchu, F., S.R. Magano. & J.N. Eloff. 2012. *In vitro* anti-tick properties of the essential oil of *Tagetes minuta* L. (Asteraceae) on *Hyalomma rufipes* (Acari: Ixodidae). *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*. 79:1-5
- Navickiene, H.M.D., A.A. Morandim., A.C. Alécio., L.O. Regasini., D.C.B. Bergamo., M. Telascra., A.J. Cavalheiro., M.N. Lopes., V.S. Bolzani., M. Furlan., M.O.M. Marques., M.C.M. Young. & M.J. Kato. 2006. Composition and antifungal activity of essential oils from *Piper aduncum* L., *Piper arboreum* Aub. and *Piper tuberculatum*. *Química Nova* 29(3): 467-470.
- Pino, J.A, R. Marbot., A. Bello. & A. Urquiola. 2004. Aceites esenciales de *Piper peltatum* (L.) Miq. y *Piper aduncum* L. de Cuba. *Journal of Essential Oil Research*. 16: 124-126.
- Rali, T. S.W. Wossa., D.N. Leach. & P.G. Waterman. 2007. Volatile Chemical Constituents of *Piper aduncum* L and *Piper gibbilimum* C. DC (Piperaceae) from Papua New Guinea. *Molecules*, 12: 389-394
- Socolovschi, C., O. Mediannikov., D. Raoult. & P. Parola. 2009. The relationship between spotted fever group Rickettsiae and Ixodid ticks. *Veterinary Research*. 40: 34-45

Evaluación del efecto de la aplicación de fertilizantes químicos y biofertilizantes en el cultivo del cilantro *Coriandrum sativum* L.

Fermín Artunduga Lemus¹

Yaqueline Quintero Guerrero²

Resumen

El cilantro *Coriandrum sativum* L. es una planta medicinal y aromática herbácea de gran interés industrial debido a sus frutos (semillas). Con el objetivo de evaluar efecto de la aplicación de fertilizantes químicos y biofertilizantes en el cultivo del cilantro, se desarrolló un diseño estadístico completamente al azar con 4 tratamientos que fueron: T0: control, T1: biofertilizante líquido y cosechado a los 20 días, T2: biofertilizante líquido y cosechado a los 40 días, T3: fertilización química + biofertilizante líquido cosechado a los 20 días y T4: fertilización química + biofertilizante líquido cosechado a los 40 días. El experimento se realizó en la granja de Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila del Servicio Nacional de aprendizaje (SENA), se utilizaron semillas de cilantro *Coriandrum sativum* L, variedad patimorado (pureza del 90 %, germinación del 90%) sembrado a chorrillo en tres surcos a una distancia de siembra de 25 cm, en eras de 1 x 7 mts de área. Las variables respuesta que se evaluaron fueron: 1) número de hojas, 2) diámetro y largo del tallo, 3) diámetro y largo de la raíz y 4) peso del hidrolato extraído. Los análisis estadísticos mostraron una diferencia significativa entre el T4 con respecto a los demás tratamientos donde se obtuvo un mayor resultado en el diámetro y largo del tallo, número de hojas y cantidad de hidrolato, mientras que el tratamiento que obtuvo menor diámetro y largo

1 Ingeniero Agrónomo, Instructor Centro Agroempresarial y Desarrollo pecuario del Huila, e-mail: fartunduga@sena.edu.co

2 Ingeniera Química, Instructora Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila, e-mail: yaquelinquintero@gmail.com.

de tallo, número de hojas y cantidad de hidrolato fue el T0 ($P \leq 0,05$). En este sentido la utilización de fertilizantes químicos más biofertilizante se convierte en una buena opción que pueden utilizar los agricultores para este tipo de cultivos.

Palabras Claves: cilantro, biofertilizante, fertilizante, Hidrolato.

Abstract

The cilantro *Coriandrum sativum* L. is an herbaceous medicinal and aromatic plant of great industrial interest due to its fruits (seeds). In order to evaluate the effect of the application of chemical fertilizers and biofertilizers in the cultivation of cilantro, a completely randomized statistical design was developed with 4 treatments that were: T0: Control, T1: liquid biofertilizer and harvested at 20 days, T2: liquid biofertilizer and harvested at 40 days, T3: chemical fertilization + liquid biofertilizer harvested at 20 days and T4: chemical fertilization + liquid biofertilizer harvested at 40 days. The experiment was carried out in the farm of C.A.D.P.H (SENA), seeds of coriander *Coriandrum sativum* L, patimorado variety (purity of 90%, germination of 90%) seeded in chorrillo were used in three furrows at a planting distance of 25 cm, in eras of 1 x 7 mts of area. The response variables that were evaluated were: 1) number of leaves, 2) diameter and length of the stem, 3) diameter and length of the root and 4) weight of the extracted hydrolate. The statistical analyzes showed a significant difference between the T4 with respect to the other treatments where a greater result was obtained in the diameter and length of the stem, number of leaves and amount of hydrolate, while the treatment obtained lower diameter and length of stem , number of leaves and amount of hydrolate was T0 ($P \leq 0.05$). In this sense, the use of chemical fertilizers plus biofertilizer becomes a good option that farmers can use for this type of crops.

Keywords: cilantro, biofertilizer, fertilizer, Hydrolate.

Introducción

El cilantro *Coriandrum sativum* L. es una planta herbácea y medicinal originaria del área mediterránea que pertenece a la familia Apiaceae. Las frutas de cilantro “semillas” contienen entre un 10 y un 27,7% de aceites grasos y hasta un 2,6% de aceites esenciales, que por separado o combinados, pueden usarse para muchos fines industriales (Diederichsen, 1994)

Se le reconocen actividades farmacológicas a las diferentes partes de la planta, como poder antimicrobiano, antioxidante, antidiabético, ansiolítico, antiepiléptico, antidepresivo, antimutagénico, antiinflamatorios, antidislipidemia, antihipertensivos, neuroprotector y diurético (Sahib *et al.*, 2013).

La producción agrícola en su mayoría realizada por pequeños y medianos productores, se basa en el esquema convencional de agricultura con una alta dependencia de insumos químicos, además incluye la realización de prácticas nocivas para el ecosistema, como la quema de cascarilla de arroz para la reducción de problemas fitosanitarios especialmente en el establecimiento del cultivo de cilantro. Lo anterior, implica un aumento significativo en los costos de producción especialmente por la quema de cascarilla de arroz y los fertilizantes químicos utilizados para suplir la deficiencia de nutrientes (Becerra *et al.*, 2014).

En la mayoría de los estudios sobre los efectos de la fertilización en la biomasa y el rendimiento de las semillas de

cilantro se han realizado en áreas bien definidas donde este cultivo tiene una gran importancia, incluida la India (Bhati, 1988), Brasil (De Oliveira *et al.*, 2003), Argentina (Lenardis *et al.*, 2000) y Serbia (Aćimović *et al.*, 2015).

La fertilización química es el factor limitante del crecimiento más importante, según las condiciones del suelo, las especies de cultivo y el suministro de nutrientes de las plantas (Gendy *et al.*, 2013). La nutrición juega un papel clave en el crecimiento y desarrollo de todas las plantas de cultivo. En el caso de las plantas medicinales que sintetizan aceites esenciales, los nutrientes pueden aumentar efectivamente el rendimiento y la calidad del aceite (Aziz *et al.*, 2010).

Si bien el manejo orgánico suele ser una opción recomendada para el crecimiento de esta herbácea (Malik *et al.*, 2011, Naguib, 2011), se han dedicado pocos esfuerzos al estudio de la fertilización orgánica en el manejo de cultivos de importancia comercial.

Teniendo en cuenta que este tipo de fertilización presenta mejoras en el rendimiento de la semilla y existe una influencia beneficiosa hacia ciertas características del suelo, como la capacidad de retención de agua, la capacidad de intercambio de cationes, y actividad microbiana (Alves *et al.*, 2005), con el objetivo de evaluar efecto de la aplicación de fertilizantes químicos y biofertilizantes en el cultivo del cilantro se desarrolló un diseño estadístico completamente al azar con 4 tratamientos en la granja experimental

del Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila.

Materiales y métodos

El trabajo de campo se realizó entre los meses de marzo y agosto de 2018 en la granja de Centro Agroempresarial y Desarrollo pecuario del Huila del Servicio Nacional de aprendizaje (SENA), cuyas coordenadas son: 2° 13' 12.0" N y 75° 35' 14.8" W, ubicada en la vereda alto Sartenejo del Municipio de Garzón-Huila, a una altura de 960 m.s.n.m., temperatura promedio de 28 °C, humedad relativa del 70 % y una precipitación promedio anual de 2000 mm.

El cilantro *Coriandrum sativum* L, variedad patimorado (pureza del 90 %, germinación del 90%) se sembró a chorrillo de forma directa a una distancia de 25 cm en tres surcos, en eras cuyas áreas eran de 1 x 7mts. La preparación del lote se realizó con 4 pases del motocultor hasta que el suelo quedara bien suelto. Los tratamientos evaluados fueron: 1) Control (T0), 2) Biofertilizante líquido y cosechado a los 20 días (T1), 3) Biofertilizante líquido y cosechado a los 40 días (T2), 4) Fertilización química + biofertilizante líquido cosechado a los 20 días (T3) y 5) Fertilización química + biofertilizante líquido cosechado a los 40 días (T4). La fertilización química se realizó con el producto 15-4-23-4 de marca comercial ©NUTRIMON, cuya dosis aproximada fue de 50 gramos por era, aplicada a los 5 y a los 15 días después de sembrado el cilantro. El biofertilizante elaborado

consistió en un caldo el cual contenía con 2 kg de melaza, 2 litros de suero, 2 litros de conchos de cerveza, 2 kg de estiércol de vaca disuelto en 200 litros de agua, la dosis aplicado por era fue de 100 mL a los 5, 10 y 15 días después de sembrado. La cosecha se realizó a los 25, 30 y 40 días después de la siembra (Figura 1).

Las variables respuesta fueron: número de hojas, diámetro y largo del tallo, diámetro y largo de la raíz y peso del hidrolato extraído. Para la medición del diámetro y largo del tallo se utilizó un pie de rey digital CALIPER de 6 pulgadas, para el peso del hidrolato del cilantro se utilizó una balanza de precisión marca OHAUS.

Para la extracción del aceite esencial y su hidrolato se realiza un proceso de evaporación con el equipo rotoevaporador marca DELAB-RE100-PRO que consistió en el pesaje de aproximadamente 100 gr de los distintos tratamientos y la inmersión de estos en 100 ml de agua destilada para la destilación a 40 °C durante 50 min cada uno, después se realizó del pesaje del hidrolato y la medición de su pH (Figura 2).

Análisis estadístico: Los resultados del diámetro y largo del tallo, número de hojas, diámetro y largo de la raíz fueron expresados como media $\pm$ desviación. Para analizar los efectos de los tratamientos sobre cada una de las variables analizadas se realizó un análisis de estadística para comparar las medias entre los diferentes tratamientos, como prueba a posteriori luego de establecer

diferencias significativas. El criterio de significancia fue $P < 0,05$. Los análisis estadísticos fueron realizados usando el

programa excel realizando un análisis de varianza para determinar la desviación estándar de los diferentes parámetros.



Figura 1. Cultivo de cilantro Patimorado A) Surcos de cilantro Patimorado B) Manojó de cilantro C) Caldo de biofertilizante.

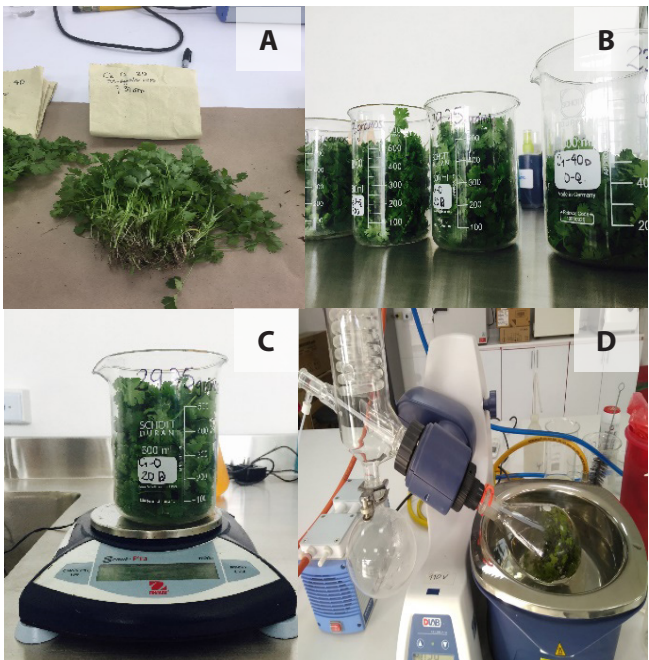


Figura 2. Análisis de parámetros en laboratorio A) Determinación de longitud de la raíz B) Separación de las muestras C) Peso de la muestra de cilantro D) Extracción del hidrolato en el evapotranspirador.

Resultados

Los análisis estadísticos mostraron una diferencia significativa entre el T4 con respecto a los demás tratamientos donde se obtuvo un mayor resultado en

el diámetro y largo del tallo, número de hojas y cantidad de hidrolato, mientras que el tratamiento que obtuvo el menor diámetro y largo de tallo, número de hojas y cantidad de hidrolato fue el T0 ($P \leq 0,05$) (Tabla 1).

Tabla 1. Variables de crecimiento del cilantro *Coriandrum sativum* L. aplicando diferentes tratamientos: T0) Control, T1) Biofertilizante líquido y cosechado a los 20 días, T2) Biofertilizante líquido y cosechado a los 40 días, T3) Fertilización química + biofertilizante líquido cosechado a los 20 días y T4: fertilización química + biofertilizante líquido cosechado a los 40 días

Tratamiento	Diámetro raíz (mm)	Diámetro tallo (mm)	Largo raíz (cm)	Largo tallo (cm)	Número de hojas	Hidrolato (gr)
T0	1,560	2,56	30,001	80,123	5	
T1	2,006	3,328	41,562	123,1	7,6	2
T2	3,098	4,94	56,096	118,7	10	5
T3	2,998	4,844	92,555	173,2	19,2	4
T4	3,538	6,196	64,976	270,7	23	5

Discusión

En los últimos años el incremento de los costos de los fertilizantes inorgánicos y las presiones sociales encaminadas a prevenir los desequilibrios ecológicos han exigido un cambio en el manejo tradicional de los cultivos.

Los tratamientos que tuvieron la aplicación de biofertilizantes tuvieron un buen promedio de altura, debido posiblemente a la alta competitividad de luz, ya que el fototropismo es un estímulo que obliga a la planta a orientar sus tejidos fotoactivos y su crecimiento hacia la dirección de la luz, permitiendo que el hipocótilo active la hormona auxina, la cual es causante de la elongación celular (Hohm *et al.*, 2013).

La variable número de hojas es la más significativa por el consumidor final a

diferencia de la altura y diámetro del tallo. El tratamiento 4 tuvo la mejor medida de número de hojas con un valor de 23, en cuanto al diámetro del tallo el promedio fue de 6,196 mm. El tratamiento control fue el tratamiento con el más bajo comportamiento en las variables de morfología y producción indicando que la fertilización es un proceso importante a la hora de cultivar plantas.

De acuerdo con Becerra, *et al* (2014), las raíces del cilantro crecieron en promedio 16,26 cm en un suelo con quema y presencia de cascarilla de arroz y sin quema crecieron en promedio 13,51 cm. Se observó el mayor desarrollo de raíces laterales y secundarias en las plantas cultivadas en suelo sin quema de biomasa, probablemente favorecido por el aumento de la población de rizobacterias microaerófilas, que

fueron registradas en el medio de cultivo NFb semisólido, la cual fue significativamente superior con respecto a las parcelas donde se quemó la cascarilla de arroz. Sin embargo, este crecimiento vegetal, raíces, tallos y hojas también es favorecido por la disponibilidad de macronutrientes como el P y el N los cuales pueden mejorar su disponibilidad en el suelo debido a la actividad microbiana (Yu *et al.*, 2012).

De acuerdo con Acebo *et al.* (2007) y Cordero *et al.* (2008), las actividades de los biofertilizantes en el suelo rizosférico de las plantas de cilantro promueven el desarrollo radical, mejorando su capacidad de exploración y toma de agua y nutrientes. En un estudio realizado por Alonso (2004), se evidenció que el tratamiento con lombricompostaje obtuvo mayor número de hojas con un total de 14 hojas en promedio y mayor longitud de raíz con un promedio de 14 cm, que con la fertilización química.

Los fertilizantes orgánicos muestran un efecto positivo al ser utilizados individualmente o en combinación con los fertilizantes químicos, mostrando un efecto potencializador del fertilizante químico. Las combinaciones de fertilizantes orgánicos y fertilizantes químicos, presentan buenos resultados sobre el rendimiento del cultivo siendo una buena opción la combinación (Alonso, 2004). Por lo que se puede concluir que la utilización de fertilizantes químico más biofertilizante se convierte en una buena opción que pueden utilizar los agricultores de cilantro.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Dios de la vida que nos dio la razón para generar preguntas que podemos responder a través de la ciencia. Al Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila que a través del área de SENNOVA nos apoya y motiva para generar innovación para todos los agricultores.

Referencias Bibliográficas

- Ćimović, M.G., Z.K. Dolijanović, S.I. Oljača, D.D. Kovačević. & M.V. Oljača. 2015. Effect of organic and mineral fertilizers on essential oil content in caraway, anise and coriander fruits. *Acta Scientiarum Polonorum* 14 (1): 95-103.
- Acebo, Y., Rives, N., Heydrich, M., & Hernández, A. 2007. Efecto promotor del crecimiento vegetal de cepas de *Azospirillum* sp. en el cultivo del Arroz. *Cultivos tropicales*, 28(3): 29-32.
- Alonso, Ruiz, N. 2004. Efecto de la aplicación de composta, lombricomposta y biodigestados líquidos en el crecimiento, rendimiento y calidad de follaje en el cultivo del cilantro (*Coriandrum sativum*, L.). 45 pp.
- Alves-Silva, J.M., Días dos Santos, S.M., Pintado, M.E., Pérez-Álvarez, J.A. & J. Fernández-López. 2013. Chemical composition and in vitro antimicrobial, antifungal and

- antioxidant properties of essential oils obtained from some herbs widely used in Portugal. Food Control. 32(2): 371-378.
- Aziz, N.H., Y.A. Youssef., M.Z. El-Fouly. & L.A. Moussa.1998. Contamination of some common medicinal plant samples and spices by fungi and their mycotoxins Botanical Bull. Academia Sinica, 39: 279-285.
- Bhati, D.S. 1988. Effect of leaf plucking on growth, yield and economics of coriander varieties under semi-arid conditions. Indian Journal of Agronomy. 33:242-244.
- Becerra, K. C., Colmenares, A., Caicedo, L. R., Rozo, L. M., & Caro, D. C. 2014. Inoculación de Cilantro (*Coriandrum sativum* L.) con Rizobacterias en Villa del Rosario, Norte de Santander. Revista Facultad Nacional de Agronomía. 68(1), 7459-7470.
- Cordero, J., P. Ortega-Rodés & E. Ortega. 2008. La inoculación de plantas con *Patoea* sp., bacteria solubilizadora de fosfatos, incrementa la concentración de P en los tejidos foliares. Revista Colombiana de Biotecnología. 10(1): 111-121.
- De Oliveira, A.P., S. Paiva., J.K.A. Barbosa., C.I. Ramalho. & A.L.P. Oliveira. 2003. Rendimento de coentro cultivado com doses crescentes de N. Horticultura Brasileira, 1(21): 81-83.
- Diederichsen, A. & K. Hammer. 1994. Vielfalt von Koriander im Weltsortiment der Genbank Gatersleben - Diversity of coriander in the Gatersleben Genebank. [Eng. abstr.]. Drogenreport 7:13-17.
- Gendy, A.H., H. Ahl., H.F.Y. Mohamed. & A.A. Mahmoud. 2013. Effect of Nitrogen Sources, Bio-Fertilizers and Their Interaction on the Growth, Seed Yield and Chemical Composition of Guar Plants. Life Science Journal. 10 (3): 389-402.
- Hohm, T., T., Preuten. & Fankhauser C. 2013 Phototropism: Translating light into directional growth. American Journal of Botany. 100 (1): 47-59.
- Lenardis, A., E. de la Fuente, A. Gil, A. Tubía. 2000. Response of coriander (*Coriandrum sativum* L.) to nitrogen availability. Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants. 7 (4): 47-58.
- Malik, A.A., S. Suryapani. & J. Ahmad. 2011. Chemical vs organic cultivation of medicinal and aromatic plants: the choice is clear. International Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 1 (1): 5-13.
- Naguib, N.Y.M. 2011. Organic vs chemical fertilization of medicinal plants: a concise review of researches. Advances in Environmental Biology. 5 (2): 394-400.
- Sahib, N.G., F. Anwar., A. H. Gilani., A.A. Hamid., N. Saari. & K.M. Alkharfy. 2013. Coriander (*Coriandrum sativum* L.): A potential source of high-value components for functional foods and nutraceuticals- A review. Phytotherapy Research. 27 (10):1439-1456.

Yu, X., X. Liu., T.H. Zhu., G.H. Liu. & C. Mao. 2012. Coinoculation with phosphate-solubilizing and nitrogenfixing bacteria on solubilization of rock phosphate and their effect on growth promotion and nutrient uptake by walnut. *European Journal of Soil Biology*. 50: 112-117.

Identificación y caracterización de comunidades microbianas encontradas en la granja del Batallón de Infantería Cacique Pigoanza y su posible uso

Ingry Liseck Pulecio-Suárez¹

Normin Soley Cabrera-Barreiro²

Resumen

Las comunidades microbianas son sistemas dinámicos que se desarrollan dependiendo del nicho ecológico en el que sobreviven. Con el objetivo de identificar y establecer el potencial uso de estas comunidades en procesos de biorremediación, se tomaron muestras de campo tanto del agua como del suelo en la granja del Batallón de Infantería Cacique Pigoanza para su posterior análisis en laboratorio. Los resultados nos permitieron identificar poblaciones de bacterias, hongos, protozoos y microalgas, las cuales fueron utilizadas para realizar una depuración de agua residual y elaboración de un insecticida natural. Así mismo verificar que los microorganismos presente en la granja pueden ser utilizados para procesos de reconstrucción del medio ambiente.

Palabras Claves: biorremediación, microorganismos, bacterias, protozoos, algas, hongos.

Abstract

Microbial communities are dynamic systems that develop depending on the ecological niche in which they survive. In order to identify and establish the potential use of these communities in biorremediation processes, field samples

1 Bióloga, Instructora Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila, e-mail: ingryliseck.suarez@misena.edu.co

2 Ingeniera Ambiental, Especialista en Gestión Ambiental, Instructora Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila, e-mail: nscabrera@misena.edu.co

were taken of both water and soil in the farm of the Cacique Pigoanza infantry battalion for further analysis in the laboratory. The results allowed us to identify populations of bacteria, fungi, protozoa and microalgae, which were used to perform a purification of wastewater and development of a natural insecticide. Also verify that microorganisms present in the farm can be used for environmental reconstruction processes.

Keywords: biorremediation, microorganisms, bacteria, protozoa, algae, fungi.

Introducción

La sociedad se ha venido preocupando inmensamente por la disponibilidad y calidad de los recursos naturales, elementos esenciales para el mantenimiento de nuestras vidas en el planeta. El agua recurso hídrico que ocupa las $\frac{3}{4}$ de la superficie de la tierra pero que ha venido disminuyendo por el fenómeno del calentamiento global produciendo sequías, dejando solo el 0,8% para el consumo humano (Cabrera & García, 2006) y el suelo cuya cobertura es producto de los factores físicos, naturales y ambientales de cada área geográfica, son los elementos básicos para lo sostenibilidad humana, pero que han venido sufriendo un deagradamiento debido a factores naturales y artificiales generando nuevos hábitat para poblaciones microbianas (Vargas, 2011).

Los microorganismos son los colonizadores pioneros en el medio ambiente y representan el repertorio más rico de la diversidad microbiana y molecular en la naturaleza. Debido a su naturaleza ubicua, estos organismos pueden adaptarse a prácticamente cualquier nicho ecológico, ya sea natural o creado por el hombre. La literatura disponible sobre los microorganismos caracterizados hasta la fecha representa solo una pequeña fracción de la diversidad natural (Manasi *et al.*, 2018).

Dichos microorganismos cumplen un papel importante y fundamental en el mantenimiento del suelo, agua, aire (Loynachan, 2001; Paul & Clark, 1989). Se clasifican en grupos según su morfología y anatomía: 1) Bacterias células procariotas, 2) Protozoos células eucariotas del reino animalia, 3) Micro hongos

pertenecientes al reino fungi, 4) Microalgas clasificadas en el reino plantas pertenecientes a las células eucariotas (Pahuara & Zuñiga, 2001).

Se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza, sus hábitats naturales son extremadamente diversos, como el agua, aire, suelo, plantas, animales, superficies de cualquier material que les proporcione materias nutritivas y las condiciones físicas favorables para su desarrollo y multiplicación como humedad, temperatura, pH y luz (Loynachan, 2001).

La biorremediación es una tecnología donde se utiliza el potencial metabólico de los microorganismos para remediar o limpiar terrenos y purificación de aguas residuales (Watanabe, 2001), utilizando el potencial enzimático y proteico de los diferentes microbios. Por ende, se tiene en cuenta los factores limitantes como nutrientes esenciales, pH, humedad, temperatura, aceptadores de electrones y la inexistencias de población microbiana (King *et al.*, 1997). Los procesos de biorremediación deben de ser llevados bajo un control y una tecnología aplicada para su efectividad.

La importancia de este estudio radica en identificar microorganismos y como pueden ser utilizados para procesos de biorremediación como es el caso de la unidad productiva granja del Batallón de Infantería N° XXVI Cacique Pigoanza, del Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila en Garzón - Huila.

Materiales y métodos

Área de estudio: Las actividades de campo se realizaron en la granja del Batallón de Infantería N° XXVI Cacique Pigoanza, en Garzón-Huila, unidad productiva del SENA, mientras que los análisis de laboratorio se realizaron en el laboratorio básico ubicado en las instalaciones del Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila-Sede Garzón, por personal experto en el área y aprendices del Tecnólogo de Control Ambiental.

Fase de campo: Para la toma de las muestras se realizó un recorrido por toda la Granja descrita anteriormente identificando los puntos fijos y de interés para realizar tomas de muestra de agua y suelo y así identificar los posibles microorganismos presenten en el medio ambiente.

Fase de laboratorio: Las muestras recogidas en el recorrido hecho a la granja experimental fueron llevadas al laboratorio de biotecnología del Centro Agroempresarial y Desarrollo pecuario del Huila, donde se analizaron a través de la metodología de tinción. El cual consiste en tomar una muestra del agua, colocarla en un portaobjetos, flamear y agregar azul de metileno. Posteriormente se deja secar unos 15 a 20 minutos, se enjuaga la muestra sin frotarla y se monta el cubre objeto hasta llevar al microscopio para su respectiva observación y clasificación. Esta técnica se aplicó para el análisis de agua y suelo.

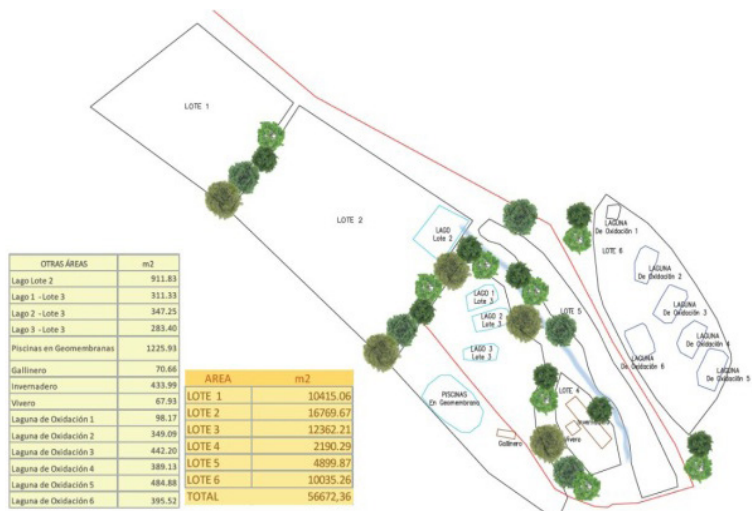


Figura 1. Granja Cacique Pigoanza N° XXVI Unidad Productiva SENA.

Tratamiento de agua: Para evaluar el proceso de biorremediación de muestras de agua tomadas de las lagunas de oxidación de la granja experimental, fue necesario realizar un tanque artesanal (Figura 3A,B), en donde se añadió la muestra de agua y algas filamentosas pertenecientes al genero Zygnema (Figura 3C). Después de 6 meses de tratamiento se evaluó la calidad del agua mediante los siguientes parámetros: 1) Dureza, 2) Cloro, 3) Sulfito, 4) Alcalinidad y 5) Hierro.

Insecticidas: Para evaluar el efecto insecticida de los microorganismos, se utilizó arroz cocinado sin sal y aceite que fue depositado en un recipiente de vidrio tapado con un tull. Posteriormente este frasco fue enterrado en el suelo durante 15 días. A los 15 días se recolectaron los microorganismos presentes en la mezcla y se agregaron en

un frasco que contenía: leche, levadura, orjuelas de maíz, materia orgánica en descomposición, miel de purga, carbón, acerrín y estiércol de bobino (Figura 4). Después de 20 días de fermentación se sacó el producto y se aplicó a los diferentes materiales biológicos para evaluar su efectividad.

Resultados

Identificación de microorganismos: Se lograron aislar e identificar 6 especies de microorganismos, del cual tres géneros pertenecen a microalgas verdes (*Scenedesmus*, *Spyrogyra* y *Pediatrum*), 2 géneros a Bacterias (*Bacillus* y *Spirochaeta*) y un nematodo (*Dorylaimida*) (Figura 2). Estos organismos fueron aislados de aguas superficiales y suelo y se encuentran representadas en casi un 50% por las microalgas verdes (Tabla 1).

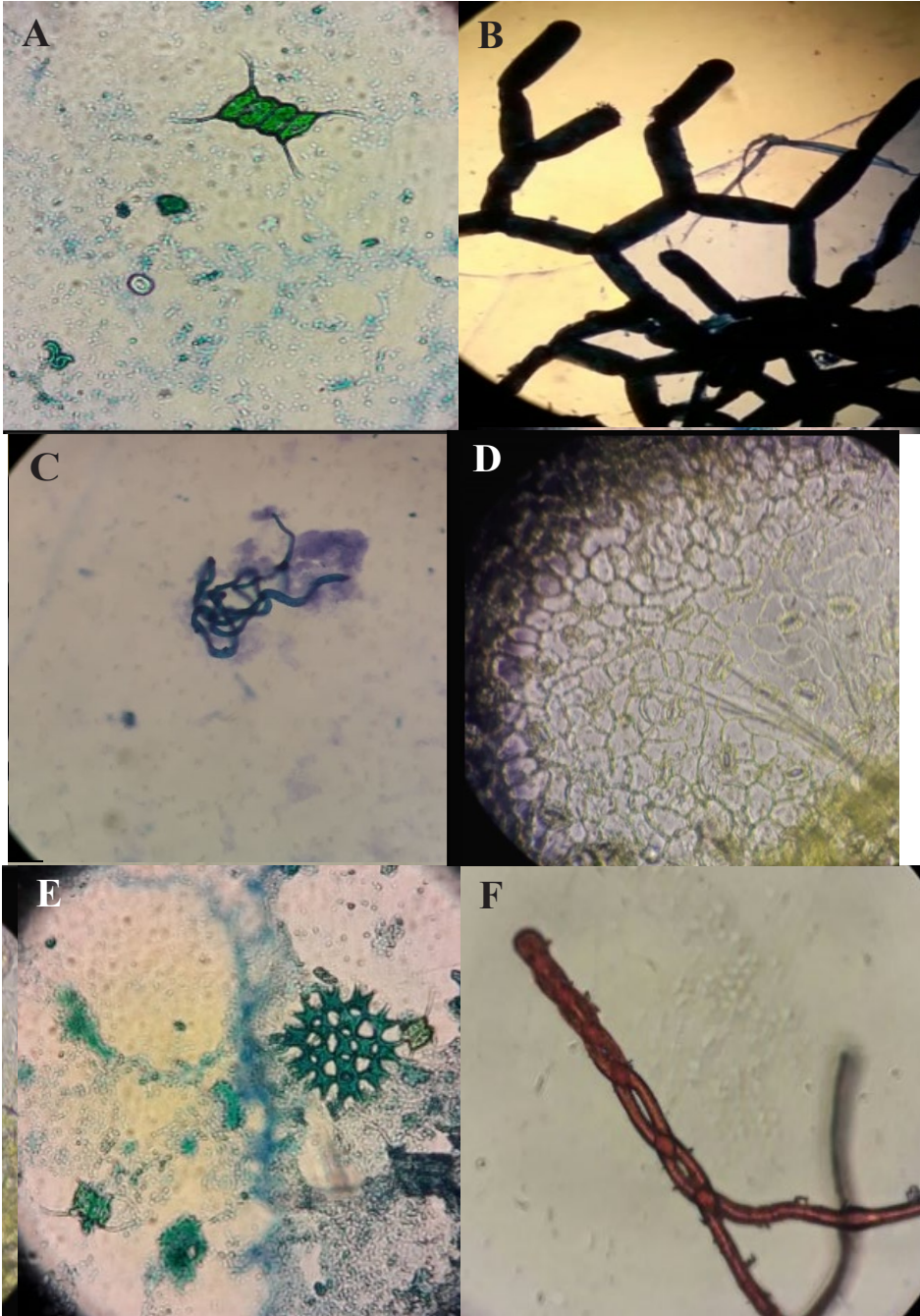


Figura 2. Microorganismos aislados de la Granja Experimental del Centro Agroempersarial y Desarrollo Pecuario del Huila. A) *Scenedesmus*, B) *Bacillus*. C) *Spirochaeta*. D) *Spirogyra*. E) *Pediatrum* y F) *Dorylaimida*.

Tabla 1. Clasificación taxonómica, aislamiento y caracterización de los microorganismos presentes en el área de estudio.

GRUPO	FAMILIA	GÉNERO	AISLAMIENTO	CARACTERÍSTICAS
Algas verdes	Scenedesmaceae	<i>Scenedesmus</i>	Agua	Son células eucariotas, fotosintéticas, que pueden encontrarse de forma solitaria o formando colonias (Guillen, 2010).
	Zygnemetaceae	<i>Spirogyra</i>	Agua y superficies húmedas	Crecen en longitud por división de las células. Cuando se juntan varias algas, los filamentos forman masas con aspecto de algodón, que flotan en el agua y que pueden observarse a simple vista.
	Hydrodictyceae	<i>Pediastrum</i>	Agua	Son algas verdes coloniales que comprenden parte del plancton de agua dulce. Las colonias de Pediastrum tienen forma de disco y se caracterizan por proyecciones periféricas en forma de cuerno
Bacterias	Bacillaceae	<i>Bacillus</i>	Agua –suelo	La palabra bacilo se usa para describir cualquier bacteria en forma de barra. Los bacilos son bacterias que se encuentran en diferentes ambientes, son inmóviles (es decir que no se mueven).
	Spirochaetaceae	<i>Spirochaeta</i>	Agua-suelo	Presentan forma helicoidal, son anaeróbicas, unicelulares y resistentes a las altas y bajas temperaturas.
Nematoda	Adenophorea	<i>Dorylaimida</i>	Agua	Organismos microscópicos, eucariota, pluricelular semitransparentes, cuerpo en forma de gusano, no segmentado, con simetría bilateral, cuerpo fisiológicamente completo.

Tratamiento del agua: A continuación se presenta los parámetros medidos a las muestras de agua antes y después de ser tratadas con el alga verde *Zygnema*.

Tabla 2. Parámetros de calidad evaluados en las muestras de agua antes y después de ser tratadas con el alga verde.

Parámetro	Antes	Después
Dureza (Mg/L CaCO ₃)	90	21
Cloro libre (ppm)	50	50
Alcalinidad (Mg/L CaCO ₃)	9	7
Sulfitos (Na ₂ CO ₃)	10	6
Hierro	Ausencia	Ausencia



Figura 3. A) Estanque con agua sin tratamiento. B) Estanque con agua y presencia de microalgas. C) Formación de las estructuras de las microalgas. D) Comparación visual del agua.

Insecticida natural: Al analizar el efecto de producto elaborado se pudo notar que: 1) En los productos que se encontraban en descomposición hubo una reducción de olor cerca del 80% y un aclaramiento del color en un 50% y 2) En las plantas con patógenos que recibieron la aplicación del producto elaborado se observó una disminución cerca del 75 % (Figura 4).



Figura 4. A) Producto terminado. B) Planta con aplicación del producto. C). Material inorganico con el producto.

Discusión

El análisis de las poblaciones microbianas presentes en el agua y suelo y la diversidad microbiana encontrada refleja la salud de un ecosistema (Ariena *et al.*, 2006). Los microorganismos son una población que habitan diferentes nichos, presentando morfologías diferentes de acuerdo a las condiciones en las que se encuentren. Por tal motivo se ha generado la implementación y utilización de la población microbiana para la biotecnología, donde se hace evidente según los procesos investigativos realizados.

Se pudo comprobar finalmente que el método de insecticidas naturales ayuda a la disminución de olores, ya sea en productos en descomposición o putrefacción, igualmente favorece el control de plagas en las plantas. Estos productos debido a su rápida descomposición en el medio ambiente, junto con la baja acumulación en la materia orgánica del suelo, puede ayudar a disminuir la degradación de los suelos agrícolas (Ansari *et al.*, 2012).

Se identificaron los microorganismos que se encuentran presentes en el agua y suelo de la granja Batallón de Infantería N° XXVI Cacique Pigoanza por medio de un uso eficiente de los diferentes equipos de laboratorio, determinando las grandes variedades de seres microscópicos, dándoles una clasificación por su forma fisiológica y morfológica.

El tratamiento de agua de la laguna

de oxidación fue realizado por medio de las microalgas y el resultado fue efectivo cumpliendo con el proceso de descontaminación, sin embargo es necesario conocer la dinámica en relación con la fisiología de las diferentes comunidades de algas que subsisten en este sistema, lo que permitiría establecer cuáles son las variables de control a priorizar y, de esta manera, mejorar el proceso deseado. Esto debido a que la implementación de sistemas algales de alta tasa en el tratamiento de aguas residuales en países tropicales podría tener excelentes beneficios económicos, al tratar los afluentes contaminados y al mismo tiempo aprovechar la biomasa algal generada (Writer *et al.*, 2011)

Agradecimientos

Los autores agradecen al Teniente Coronel Juan Carlos Blanco comandante del Batallón Cacique Pigoanza por el apoyo en la celebración del convenio que permite el uso de la Granja Experimental para el desarrollo de actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación, así como a los aprendices del Tecnólogo en Gestión Ambiental por el apoyo en la elaboración de los experimentos.

Referencias Bibliográficas

Ansari, M.S., N. Ahmad. & F. Hasan. 2012. Potential of biopesticides in

- sustainable agriculture. Malik, E. Grohmann (Eds.), Environmental Protection Strategies for Sustainable Development, Strategies for Sustainability, Springer, Netherlands pp. 529-595, 10.1007/978-94-007-1591-2_17
- Ariena, H.C., A. Van Bruggen., M. Semenov., A.D. Van Diepeningen., O.J. De Vos. & W.J. Blok. 2006. Relation between soil health, wave-like fluctuations in microbial populations, and soil-borne plant disease management. *European Journal of Plant Pathology*. 115:105-122.
- Cabrera, A. & E. García. 2006. Identificación de microorganismos indicadores y determinantes de puntos contaminantes de aguas superficiales provenientes del Cementerio Jardín del Recuerdo ubicado en el norte de Bogotá. 52 pp.
- Calvo, V.P., M.L. Reymundo. & D. Zúñiga. 2008. Estudio de las poblaciones microbianas de la rizósfera del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en zonas altoandinas. 35 pp
- King, R.B., G.M Long. & J.K. Sheldon. 1997. Practical environmental biorremediation, the field guide. Práctica de laboratorio N°1 tema: reconocimiento de microorganismos en agua estancada. 25 pp
- Loynachan, T.E. 2001. Soil Microbiol Ecology Laboratory Manual. Iowa State University (EEUU). pp. 76
- Manasi, V., A.S.K. Kumar., N. Rajesk. 2014. Chemical Enginnering Journal. 248: 342-351
- Pahuara, D. & Zúñiga D. 2001. Efecto del fósforo sobre la población microbiana en suelos con pasturas en la zona altoandina de Junín. *Ecología Aplicada*. 1: 57-64.
- Paul, E. & A. Clark. 1989. Soil microbiology and biochemistry. Academic Press, San Diego, California, EEUU.
- Sadeghian, K.H. 2003. Efectos de la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio sobre las propiedades químicas de suelos cultivables en café. *Cenicafe* 54(3): 242-557.
- Vargas, R.O. 2011. Restauración ecológica: Biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana*. 16: 221-246.
- Watanabe, K. 2001. Microorganisms relevant to biorremediation. *Current Opinion in Biotechnology*. 12: 237-241
- Writer, J.H., L.B. Barber., J.N. Ryan, & P.M. Bradley. 2011. Biodegradation and attenuation of steroidal hormones and alkylphenols by stream biofilms and sediments. *Environmental science & technology*. 45: 4370-4380.

Efecto de la salinidad y calidad del silicato sobre el crecimiento de la diatomea *Chaetoceros calcitrans*

Silvia Cristina Carrera¹

Resumen

Con objetivo de evaluar el efecto de la salinidad y calidad del silicato, sobre el crecimiento de la microalga *Chaetoceros calcitrans* se llevó a cabo un experimento factorial en condiciones de laboratorio en donde se evaluaron dos concentraciones de salinidad (30 y 35 ppm) y dos fechas de preparación del silicato. Ni la salinidad ni la calidad del silicato mostraron un efecto sobre el crecimiento algal de la diatomea *C. calcitrans* cultivada en laboratorio.

Palabras Claves: crecimiento, densidad celular, *Chaetoceros calcitrans*, salinidad, silicato.

Abstract

In order to evaluate the effect of salinity and silicate quality, on the growth of the microalgae *Chaetoceros calcitrans* a factorial experiment was carried out in laboratory conditions where two salinity concentrations (30 and 35 ppm) and two dates were evaluated. of silicate preparation. Neither the salinity nor the silicate quality showed an effect on the algal growth of the *C. calcitrans* diatom in the laboratory.

Keywords: growth, cell density, *Chaetoceros calcitrans*, salinity, silicate.

¹ Bióloga, Magister en Acuicultura y Ecología Acuática Tropical, Líder Sennova Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila, e-mail: sccarreraq@sena.edu.co

Introducción

Las microalgas actualmente son usadas en acuicultura como alimento vivo para todos los estadios de crecimiento de los moluscos, para los estadios larvales de crustáceos, para algunas especies de peces y en la producción de zooplankton (Muller-Feuga, 2004; Babaro *et al.*, 2001). Dentro de los grupos de microalgas utilizadas en acuicultura, se distinguen las diatomeas como un grupo de vital importancia, ya que han demostrado ser un buen alimento en especial por su alto y balanceado contenido de ácidos grasos, carbohidratos y proteínas (Brown *et al.*, 1997; Bourne *et al.*, 1989). Sin embargo, su cultivo masivo se dificulta en algunas ocasiones, a pesar de que se conoce la mayoría de los aspectos relacionados con su producción en laboratorio (Regan, 1988).

Por su uso obligado en muchos laboratorios de producción de larvas para acuicultura, el cultivo de *Chaetoceros* y de otras microalgas representa un esquema cotidiano, formulado y mecánico en el cual se conjugan aspectos relacionados con un excelente manejo que se ve reflejado en la calidad bioquímica de la microalga, y que al final se traduce en un valor nutricional ideal (Bustillos-Hurtado & López-Elías, 1994). El conocimiento de este esquema implica en ciertos casos determinar las variables o parámetros ideales en los cuales podemos obtener mayores crecimientos

algales sin que se pierda esa calidad nutricional. El efecto independiente y combinado de estos factores varía de acuerdo a la especie de microalga y sus rangos de tolerancia (Lobban *et al.*, 1985), así mismo, de las condiciones específicas de las zonas donde son cultivadas (Brown *et al.*, 1997). La salinidad por ejemplo es un factor abiótico importante, porque afecta el crecimiento y densidad celular de las microalgas en cultivo, su variación provoca que la célula libere iones, sintetice compuestos orgánicos, disminuya la fijación de CO_2 y afecte el metabolismo del nitrógeno y en algunos casos del mismo silicato (Kirst, 1989).

Las diatomeas adicionalmente requieren sílice, compuesto que es utilizado en la estructuración de la pared celular (frústulo). Durante la mitosis, el proceso de deposición de las nuevas valvas silíceas y la separación de las células hijas, está acoplado al metabolismo de la sílice y del ciclo celular (Claquin & Martín-Jézéquel, 2002).

C. calcitrans es una diatomea céntrica con un solo cloroplasto, su tamaño varía entre 3 y 7 μm , tienen 4 setas que surgen de las esquinas de las valvas delgadas y rectas en un ángulo aproximado de 45° con respecto al eje pervalvar (Shifrin & Chisholm, 1981). A pesar de su amplia utilización como alimento son escasos los trabajos realizados que intenten comprender las relaciones entre los factores ambientales y su crecimiento, y

más difícil entender las razones por las cuales en cierta época del año resulta difícil su producción. Por ello, el presente estudio tiene como objetivo determinar el efecto de la salinidad y calidad del silicato sobre la densidad celular de la microalga *C. calcitrans* cultivada en laboratorio.

Materiales y métodos

En este estudio se trabajó con una cepa de la microalga *C. calcitrans*, obtenida del stock de microalgas del Laboratorio de Moluscos y Microalgas de la Universidad del Magdalena y cultivada en medio F/2 (Guillard, 1975) a una temperatura de 21°C, intensidad lumínica de 950 lux, aireación constante y salinidad de 30. El experimento se desarrolló siguiendo un diseño experimental factorial 2 x 2 en el cual se examinó el efecto de dos salinidades (30 y 35 ppm), y 2 fechas diferentes de preparación del silicato sobre el incremento en densidad de *C. calcitrans*. En total se manejaron 4 tratamientos y cuatro réplicas por cada uno. Las réplicas consistieron en frascos de vidrio de 100 ml provistos con 50 ml de medio F/2. Este medio fue preparado con agua de mar captada de la bahía de Taganga (11° 16' N, 74° 11' O), Caribe colombiano, microfiltrada (1 µm), esterilizada con UV y posteriormente con calor (120 °C/15 min). Cada frasco fue sembrado con un mismo inóculo del mismo tratamiento, utilizando un volumen de 10 ml. Los

frascos fueron rotulados y colocados en el cepario del Laboratorio de Moluscos y Microalgas de la Universidad del Magdalena, sin suministro de aireación y provistos de iluminación constante mediante lámparas fluorescentes de 75 W, cuya intensidad lumínica era de 950-1050 lux, respectivamente). Cada frasco era agitado varias veces al día, y cuando era necesario se iba reponiendo el volumen perdido por evaporación o toma de muestras, con agua destilada y esterilizada. Una de las réplicas fue seleccionada en cada tratamiento con el fin de medir diariamente el pH, la temperatura y salinidad. La densidad celular (D) se determinó cada 24 horas a partir de una muestra de 1 ml extraída previa homogenización del cultivo. La muestra fue contada y examinada con la ayuda de una cámara Neubauer bajo un microscopio. El cálculo de la densidad celular (D) se realizó utilizando la siguiente ecuación:

$$D \text{ (cel/mL)} = FD \times C \times 10.000$$

Donde: FD = Factor de dilución y C = Número de células promedio contadas en cada cuadrante de 1 mm.

$$FD = (vm + vf + va) / vm$$

Donde: vm = Volumen de la muestra (ml), vf = Volumen del fijador (ml), va = Volumen del agua de mar filtrada (ml).

Finalmente, se calculó la tasa de división celular (K) para cada tratamiento de acuerdo con la ecuación descrita por Fogg (1965):

$$K = \frac{\log_2 N - \log_2 N_0}{t}$$

Donde K es la tasa de crecimiento celular, log es el logaritmo en base 2, N la densidad celular final, N₀ la densidad celular inicial y t el tiempo de cultivo en días.

Con el fin de evaluar el efecto de la salinidad y calidad del silicato, se realizó un ANOVA factorial, comprobando los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Los análisis estadísticos se efectuaron mediante el programa estadístico STATGRAPHICS, con un nivel de significancia del 95 %.

Resultados

Los cultivos de *C. Calcitrans* que tenían una densidad inicial promedio de 300 cel/mL alcanzaron valores hasta de 4.900.000 cel/mL en 7 días de cultivo (Figura 1). En los tratamientos de salinidad de 35 ppm, hay evidencia de un mayor crecimiento con respecto a la salinidad de 30 ppm, sin embargo esta diferencia no fue significativa (Tabla 1). La tasa de división celular K presentó valores positivos en todos los tratamientos aplicados (Tabla 2). Los análisis estadísticos demostraron que la densidad

celular de la microalga no se vio afectada ni por la salinidad ni por la calidad del silicato (Tabla 1). El pH de los cultivos osciló entre 7,79 y 8,24 (Figura 2). Los valores tendieron a aumentar con la edad de los cultivos en los dos tratamientos.

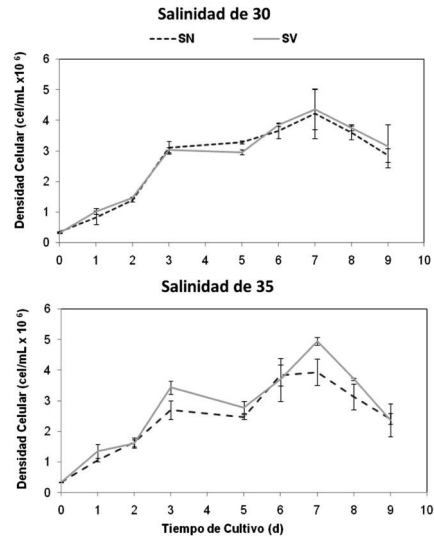


Figura 1. Curvas de crecimiento algal de *C. Calcitrans* cultivada bajo diferentes condiciones de salinidad (33 y 35) y calidad del silicato (SN = Silicato nuevo y SV= Silicato viejo).

Tabla 1. Análisis de varianza factorial para la determinación del efecto de la salinidad y calidad del silicato sobre la densidad celular de *C. Calcitrans*.

Factor	GL	F	P
Salinidad	1	0,21	0,645
Calidad del silicato	1	1,07	0,303
Salinidad x calidad del silicato	1	0,4	0,529

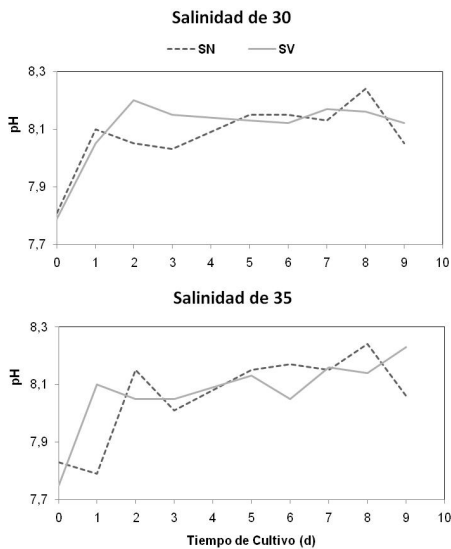


Figura 2. Comportamiento del pH en los cultivos de *C. Calcitrans* bajo diferentes condiciones de salinidad (30 y 35), y calidad del silicato (SN = Silicato nuevo y SV= Silicato viejo).

Tabla 2. Tasa de crecimiento relativo (K) para *C. Calcitrans* en los tratamientos aplicados (SN= silicato nuevo, SV= silicato viejo).

Salinidad	Calidad del silicato	K(div/día)
30	SN	0,11
	SV	0,12
35	SN	0,11
	SV	0,11

Discusión

La respuesta en la densidad celular con respecto a la variación en la salinidad del medio de cultivo

es diferente dependiendo de la especie de microalga cultivada. En el presente estudio la disminución de la concentración celular a salinidades bajas concuerda con el trabajo realizado por Rosales *et al.*, (2005) quienes encontraron que la mayor densidad celular de *Synechococcus* fue a 35 ppm de salinidad. Esta disminución del crecimiento en la salinidad de 30 ppm puede darse posiblemente a que la microalga está adaptada a crecer a salinidades cercanas a las del agua de mar debido a que su origen es marino, por lo que la disminución de la salinidad ocasiona que exista un aumento en el volumen celular por acumulación de agua en su interior y desvío de sus actividades metabólicas (Mansour & Salama, 2004). Sin embargo esta diferencias no fueron significativas para este especie al igual que para especies como *I. galbana* (Velasco *et al.*, 2009).

Por su parte, Arroyo-Pacheco & Martínez-Baldenebro (1994) reportaron que *Chaetoceros muelleri* cultivada bajo condiciones controladas de laboratorio disminuye su densidad celular a salinidades altas (36 y 40 ppm). López-Elías *et al.*, (2004) encontraron que *Isochrysis* sp. Muestra una mayor densidad celular a concentraciones bajas de sal, sin embargo, Castro-Araujo *et al.*, (2005), observaron que las salinidades de 25 y 35 ppm no tuvieron un efecto significativo ($P > 0.05$) sobre el crecimiento y

la densidad celular máxima de *Chaetoceros cf. wighamii*.

Los cambios de salinidad afectan a los organismos en tres vías diferentes: a) Estrés osmótico con impacto directo sobre el potencial del agua celular; b) Estrés iónico causado por la entrada o perdida de iones y c) Cambio en la tasa iónica celular debido a la permeabilidad iónica selectiva de la membrana (Mansour & Salama 2004). En cuanto al silicato, estos resultados muestran que no existe ninguna relación entre el tiempo de preparación del silicato con respecto al crecimiento de esta especie, probablemente los problemas se pueden presentar es en la manipulación concentración de silicato en el medio de cultivo a utilizar.

En el trabajo desarrollado por Sánchez *et al.*, (2003), se confirmó que el crecimiento de la diatomea *Actinocyclus normanii* estaba en función de la concentración del silicato, fosfato y salinidad, siendo el silicato el que ejerció el efecto más estimulante, seguido por el fosfato y por último la salinidad.

El tratamiento en el cual se produjo la mayor densidad fue aquel en el que la concentración de silicato era de 300 $\mu\text{mol/L}$. El medio de cultivo utilizado en este experimento es el medio F/2 de Guillard, el cual utiliza una concentración de 1100 $\mu\text{mol/L}$ de silicato, lo cual puede explicar las razones por las cuales no se

mostraron diferencias significativas. Los resultados sugieren que para el cultivo de este tipo de diatomeas se pueden utilizar rangos de salinidad entre 30-35 ppm, y que no hay un efecto significativo en el tiempo de preparación del silicato como tal, sino en la manipulación y concentración de este macronutriente en el medio de cultivo.

Agradecimientos

El autor agradece a Walter Barbosa por su ayuda en la toma de datos y a Judith Margarita Barros, en el manejo estadístico de la información. Este trabajo fue realizado dentro del curso de cultivo de microalgas de la Maestría de Acuicultura y Ecología Acuática Tropical de la Universidad del Magdalena.

Referencias Bibliográficas

- Arroyo-Pacheco, L.E. & F. Martínez-Baldenebro. 1994. Producción de biomasa y composición química de dos especies de microalgas marinas a diferentes salinidades. Tesis de licenciatura. Universidad de Sonora. Hermosillo, México. 78 pp.
- Babaro, F.M.J., J.M. Fernández & U. Laborta. 2001. Influence of preservation techniques and freezing storage time

- on biochemical composition and spectrum of fatty acids of *Isochrysis galbana* clone T-ISO. *Journal of phycology*. 32: 565-572.
- Bourne, N., C.A. Hodgson. & N.C. Whyte. 1989. A manual for scallop cultura in British Columbia. Canadian technical report of fisheries and aquatic sciences 1694, 215p.
- Brown, M., S. Jeffrey, J. Volkman. & G. Dunstan. 1997. Nutritional properties of microalgae for mariculture. *Aquaculture*. 151: 315-331.
- Bustillos-Hurtado, C.A. & J.A. López-Elías. 1994. Composición química de dos especies de microalgas en dos fases de crecimiento, cultivadas en medios simplificados. *Oceanología*. 2:133-148.
- Castro-Araujo, S. & G.V. Tavano. 2005. Growth and biochemical composition of the diatom *Chaetoceros cf. wighamii brightwell* under different temperature, salinity and carbon dioxide levels. I. Protein, carbohydrates and lipids. *Aquaculture*. 246: 405-412.
- Claquin, P. & V. Martin-Jezequel. 2002. Uncoupling of silicon compared with carbon and nitrogen metabolisms and the role of the cell cycle in continuous cultures of *Thalassiosira pseudonana* (Bacillariophyceae) under light, nitrogen, and phosphorus control. *Journal Phycology*. 38: 922-930
- Fogg, G.E. 1965. Algal cultures and phytoplankton ecology. The University of Wisconsin Press. Madison. 175 p.
- Guillard, R.L. 1975. Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. En: *Culture of marine invertebrate animal*. Plenum Press. New York: 29-59.
- Kirst, G.O. 1989. Salinity tolerance of eukaryotic marine algae. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 40: 21-53.
- Lobban, C.S., P.J. Harrison. & M.J. Duncan. 1985. The physiological ecology of seaweeds. Cambridge University Press. New York. 200 p.
- López-Elías, J.A., N. Huerta-Aldaz, G. Estrada- Durán., M Celis-Salgado., E. De la Re-Vega, N. Quintero-Arredondo., J. Estrada-Quintero, J. Niebla-Larreta., N. Miramontes-Higuera., K. García-Quiroz., J. Rodríguez-Niebla., I. Carvajal-Sánchez & J Velasco-Rameños. 2004. Efecto de la salinidad en el crecimiento de *Isochrysis sp.* Bajo condiciones de cultivo estático. *Biotecnia*. 3 (6): 10-15.

- Mansour, M.M.F. & K.H.A Salama. 2004. Cellular basis of salinity tolerance in plants. *Environmental and Experimental Botany*. 52:113-22.
- Muller-Feuga, A. 2004. Microalgae for Aquaculture: The Current Global Situation and Future Trends. En Richmond A. *Handbook of Microalgal culture: Biotechnology and Applied Phycology*. Blackwell Publishing. U.S.A. 352-363 pp.
- Regan, D. I. 1988. *Other microalgae*. En: Borowitzka, M. A. y Borowitzka, I. J. (Ed.). *Microalgal Technology*. Cambridge University Press. Cambridge, MA. USA. 477 pp.
- Rosales, N., J. Ortega, R. Mora. & E. Morales. 2005. Influencia de la salinidad sobre crecimiento y composición bioquímica de la cianobacteria *Synechococcus* sp. *Ciencias Marinas*. 31(2): 349-355.
- Sánchez, G., E. Morales, E. G. Gabriel & L.A Vidal. 2003. Respuesta de la diatomea *actinocyclus normanii* hustedt, a las variaciones en la densidad celular inicial, concentración de salinidad, silicato y fosfato en condiciones de laboratorio. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. 32: 169-181
- Shifrin, N.S. & S.W. Chisholm. 1981. Phytoplankton lipids: interespecific differences and effects of nitrate, silicate and light/dark cycles. *Journal Phycology*. 17: 374-383
- Velasco, L.A, J. Barros, C. Trujillo y G. Sánchez. 2009. Efecto de la intensidad lumínica, temperatura y salinidad sobre el crecimiento de la microalga *Isochrysis galbana* (clon t-iso). *Revista Intrópica* 4:93-99

Cómo obtener un buen silaje de pulpa de café para alimentación de bovinos

Nelson Embus-Clavijo¹

Resumen

El objetivo del estudio fue encontrar un método apropiado para elaborar un silaje de pulpa de café de óptima calidad para alimentación de rumiantes, determinando la calidad nutricional y organoléptica del silaje a los 60 días como una alternativa de mitigación ambiental al impacto negativo causado por las enormes cantidades de pulpa de café producidas a nivel mundial. En la primera fase del estudio se determinó la humedad de la pulpa fresca (82,1%), tras el escurrido por 14 horas y presión se logró bajar hasta 77,1% humedad con la cual se elaboró el silaje, 60 días después se determinó la composición química, organoléptica y palatabilidad, los resultados dieron un producto no apto para alimentación animal. La segunda fase se realizó con el objetivo de disminuir rápidamente la humedad y evitar el inicio de la fermentación aeróbica e incremento de la temperatura presentadas en el escurrimiento. Para ello se elaboró una prensa manual, se ensiló la pulpa fresca deshidratada por compresión y se realizaron las evaluaciones a los 60 días. Los resultados fueron humedad (71, 8%) considerada ideal para silaje, proteína (12,6%), ENN (38,17%), las características organolépticas mostraron pulpa de café deshidratada por compresión ensilada apta para alimentación de rumiantes.

Palabras Claves: pulpa de café, silaje, deshidratación por compresión, valor nutricional, palatabilidad.

¹ Médico veterinario zootecnista, especialista en reproducción bovina, Instructor pecuario del SENA Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila, e-mail: nembus@sena.edu.co.

Abstract

The study was carried out with the objective of finding an appropriate method to produce a silage of coffee pulp of optimum quality for feeding ruminants, determining the nutritional and organoleptic quality of the silage at 60 days as an alternative of environmental mitigation to the negative impact caused for the huge amounts of coffee pulp produced worldwide. In the first phase of the study the humidity of the fresh pulp was determined (82.1%), after draining for 14 hours and pressure was reduced to 77.1%, humidity with which the silage was elaborated, 60 days later the chemical and organoleptic composition of the silage was determined, as well as its physical appearance and palatability, the results of which gave a product not suitable for animal feed. The second phase was carried out with the objective of rapidly decreasing the humidity and avoiding the start of aerobic fermentation and the increase of the temperature presented in the runoff. For this purpose, a manual press was made, the compressed dehydrated fresh pulp was ensiled and the evaluations were carried out after 60 days. The results of chemical composition such as humidity (71.8%) considered ideal for silage, protein content (12.6%), non-nitrogenous extract (ENN) (38.17%), as well as the organoleptic characteristics showed a material suitable for feeding ruminants with compressed dehydrated coffee pulp.

Keywords: coffee pulp, silage, compression dehydration, nutritional value, palatability.

Introducción

A través del tiempo la producción de los subsistemas pecuarios y agrícolas han permanecido inseparables a partir de la estrecha relación suelo-planta-animal que debe ser entendida como una premisa productiva para la sostenibilidad del sector primario y extractivo (Garcés-Molina *et al.*, 2004).

La ganadería ha sido un gran aprovechador de sobrantes de cosechas y subproductos de la producción agrícola debido al perfecto diseño anatómico y fisiológico de su aparato digestivo, capacitado adicionalmente para trabajar simbióticamente con microflora que les permite aprovechar efectivamente materiales con diferentes grados de digestibilidad, desde los más fibrosos y lignificados hasta los más digestibles (Galloway *et al.*, 2004), a su vez estas ventajas comparativas permite a los rumiantes tolerar ciertos grados de metabolitos anti-nutricionales contenidos en la pulpa de café como la cafeína, polifenoles y taninos (Farah & Donangelo, 2006) entre otros y que otras especies animales no soportan.

La producción ganadera en el trópico colombiano cada vez se hace más exigente técnicamente ya que el progreso genético ha logrado vacas con altos índices de producción lechera y cárnica, lo cual tiene correlación positiva con una mayor demanda nutricional en su cantidad y calidad (Forero *et al.*, 2013).

Dicha situación se vuelve aún más compleja debido a que los largos periodos de sequía se presentan más frecuentemente y más prologados en la zonas dedicadas a esta actividad, limitando la fuente principal de fibra más económica como los pastos y los pocos que quedan durante estos tiempos se lignifican, teniendo que recurrir a otras fuentes de materias primas para los rumiantes alcanzando precios elevados (Ortiz, 2006).

En el Departamento del Huila para el año 2017, se contaba con alrededor de 195,610 ha de café establecidas (FNC, 2017), las cuales producen un volumen importante de pulpa de café, la mayoría de las veces sin aprovechar ocasionando un impacto fuerte en el medio ambiente. Teniendo en cuenta lo anterior, es indispensable aprovechar esta fuente nutricional para alimentación animal, logrando un impacto tanto ambiental como económico.

Encontrar una metodología apropiada para alcanzar un material silado de pulpa de café que resulte óptimo para ser consumido voluntariamente por los bovinos, así como el conocimiento de su contenido nutricional y características organolépticas, serán el aporte tecnológico de base para lograr incorporarlo técnicamente en raciones animales, contribuyendo adicionalmente con soluciones prácticas a problemas ambientales tan importantes en nuestro entorno productivo como es la producción de

pulpa de café y mucilago generado por la caficultura.

La pulpa de café fresca tiene contenidos de humedad elevados y factores antinutricionales como fenoles, cafeína y taninos que han limitado su uso exitoso en alimentación animal, puesto que estos mismos factores son las principales limitantes para confeccionar ensilajes que resulten en materiales óptimos para los rumiantes, por lo tanto también sigue siendo muy bajo o casi nula su inclusión en las dietas animales (Esquivel & Jiménez, 2012).

Se plantea entonces la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué método permite disminuir la humedad de la pulpa de café fresca rápidamente sin que se altere significativamente su valor nutricional y la calidad del silaje? La deshidratación por compresión de la pulpa de café fresca prensada con una exprimidora manual antes de silarla en canecas plásticas, posiblemente permitirá obtener un silaje ideal de pulpa de café para ser incluido y evaluado en la alimentación bovina.

Materiales y métodos

Área de estudio: El estudio se realizó en dos fases durante el primero y segundo semestre del año 2017 respectivamente en el municipio de Garzón-Huila en la vereda San Gerardo, finca cafetera la Samaria

ubicada a una altitud de 1430 m.s.n.m. El predio tiene un área total 15 ha, de las cuales hay 10 ha sembradas en café con 8,33 ha en producción. El total de árboles de café sembrados son 60.000 de los cuales 50.000 están en producción (100.000 kilos de café rojo cereza al año), generando alrededor de 60.000 kilos de pulpa de café fresca con mucilago al año. La distribución de cosecha es de 30% durante el primer semestre y 70% en el segundo semestre.

1 Fase: En la primera fase del ensayo realizado durante el primer semestre del año 2017 se tomó la muestra de la pulpa fresca y se determinó su humedad. Utilizando el método de silo en canecas plásticas de 200 litros, se depositó la pulpa escurrida por un periodo máximo de 14 horas. La expulsión del aire se hizo a través del peso de un operario dentro de la caneca, posteriormente se tapó con una tapa plástica y tula de fibra y se aseguró con una banda de caucho. El silaje se dejó fermentar por 60 días para posteriormente tomar las muestras para el análisis bromatológico.

2 Fase: Para esta fase fue necesario construir una exprimidora manual con una caneca metálica fenestrada por donde pudiera escapar el agua a través de pequeños agujeros, una tapa metálica con travesaños en forma de araña con centro-punto para que recibiera allí el tornillo sinfín que hace la fuerza de compresión al roscar en un eje fijo superior. Después

de varios ensayos fue necesario reforzar la caneca con una lámina para que soportara la presión y se colocó un sistema que permitiera abrir la caneca como una formaleta, debido a que se dificultó sacar el material prensado. Posteriormente todo el material se trasladó a canecas plásticas de 200 litros donde se ensilaría finalmente.

Una vez realizados los ajustes y correcciones de los equipos, se procedió a realizar el ensilado inmediatamente que la pulpa salió de la máquina descerezadora en seco con el fin de evitar que trascurriera tiempo entre estos dos eventos. Se fue depositando la pulpa dentro de la caneca ubicada en el marco de prensado hasta llenarla de tal forma que solo permitiera la instalación de la tapa con las primeras roscas del inicio del tornillo sinfín, se puso la tapa que se niveló con el operario parado en ella puesto que al presionarla se desnivela, luego se fue presionando mediante el roscado del tornillo sinfín de manera lenta para dar tiempo a que el agua fuera saliendo y escurriendo por los pequeños poros de la caneca. Este proceso se hizo hasta que se bajó en un 40% el nivel de la caneca aproximadamente, posteriormente se esperó alrededor de unos 15 minutos hasta que terminó de salir el agua por los orificios de la caneca.

Pasados los 15 minutos se procedió a abrir las bisagras de la caneca partiéndola en 2 mitades y sacar la

pulpa de café prensada hacia otras canecas, expulsando el aire por presión, seguidamente se realizó el tapado con caucho y tula asegurados finalmente con una banda de caucho. Para el transporte del material se elaboró un biclo de carga manual especialmente diseñado y se almacenó bajo techo por la disponibilidad de la bodega. El silaje se dejó fermentar por 60 días para posteriormente tomar las muestras para el análisis bromatológico.

Medición del valor nutricional y sensorial: El análisis de humedad, materia seca, cenizas, pérdida por volatización, grasa, fibra, lignina, celulosa y hemicelulosa se realizaron por el método gravimétrico. El análisis de proteína por el método Kjeldhal, la determinación del calcio y potasio por absorción atómica y el fósforo por el método NTC-234. Para la evaluación sensorial se utilizó el sistema de calificación de calidad de ensilados propuesto por Betancourt et al., (2005) basado en características sensoriales de olor, color, textura y grado de humedad.

Resultados

Análisis bromatológico: El porcentaje de humedad del ensilaje deshidratado por compresión fue de 71,8 %, mientras que el del ensilaje escurrido por 14 horas fue de 77,1 %. El contenido de proteína (12,6%), fibra cruda (39,6), grasa (2,93) y calcio (0,89) fueron mayores en el ensilaje deshidratado por compresión (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis bromatológico al ensilaje de pulpa de café con diferentes concentraciones de humedad.

Parámetro	Unidades	Ensilaje escurrida por 14 horas	Ensilaje deshidratado por compresión
Humedad	%	77,1	71,8
Materia seca	%	23	28,1
Cenizas (fracción mineral)	%	7,68	7,41
Perdida por volatilización	%	92,3	93,3
Fracción orgánica	%	92,3	93,3
Grasa	%	2,43	2,93
Proteína	%	12	12,6
Extracto no nitrogenado	%	44,7	38,17
Fibra cruda	%	33,2	39,6
Fibra de detergente neutra	%	55,8	58,2
Fibra de detergente acida	%	47,1	44
Fósforo	%	0,18	0,1
Calcio	%	0,82	0,89
Potasio	%	3,4	2,7
Lignina	%	23,2	22,4
Celulosa	%	29,2	28,7
Hemicelulosa	%	8,7	8,41

Análisis físico y sensorial:

Primera Fase: Se observó un color negruzco con presencia de hongos en la superficie. A la prueba del tacto la muestra se sintió blanda, permitiendo fácilmente formar una bola en la mano que al presionar permitió el escurrimiento de líquido entre los dedos y al abrir la mano se mantuvo la forma de la bola indicando una humedad cerca del 70%, adicionalmente una vez vaciada la caneca se observó en el fondo la presencia de lixiviados permaneciendo húmeda por más de 15 minutos aun expuesta al sol. Por su alta humedad las canecas

llenas con la pulpa silada quedaron pesando 187 kg, lo cual es un factor importante para tener en cuenta, desde el punto de vista de manejo, ya que se dificulta moverlas e incrementa el costo del transporte. El olor presentado en la muestra era fuerte lo cual indica posiblemente su alta concentración de ácido butírico. Con los resultados anteriores el material no presenta características organolépticas deseables para suministrarlo adecuadamente a los animales.

Segunda Fase: Se observó un color rojizo oscuro. A la prueba del tacto la muestra se sintió blanda, permitió

formar una bola en la mano que al presionar no se presenciaron escurrimiento de líquidos entre los dedos y al abrir la mano se mantuvo la forma de la bola que se fue expandiendo suavemente. Adicionalmente una vez vaciada la caneca no se observó en el fondo presencia de lixiviados. Las canecas llenas con la pulpa silada quedaron pesando 165 kg lo cual sigue siendo un factor importante para tener en cuenta desde el punto de vista de manejo. El olor fue agradable, lo cual indica posiblemente su concentración de ácidos lácticos y acéticos. Con estas características el material silado de pulpa de café tiene características organolépticas deseables para ser suministrado a los animales.

Discusión

Los avances en biotecnología industrial ofrecen oportunidades potenciales para la utilización de residuos agroindustriales como la pulpa de café. La pulpa del café es un material fibroso mucoso (subproducto) obtenido durante el procesamiento de las cerezas de café por proceso húmedo o seco. La pulpa contiene cierta cantidad de cafeína y taninos, lo que la hace tóxica en la naturaleza. Sin embargo, es rico en naturaleza orgánica, lo que la convierte en un sustrato ideal en la producción de productos de valor agregado. Por lo tanto este trabajo resulta ser de interés ya que proporciona una metodología

que permite la utilización de este subproducto.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), señala en diferentes estudios sobre la práctica del ensilado en países tropicales en desarrollo rangos de materia seca de 18 a 30% (Ashbell & Weinberg, 2001), siendo lo esperado valores cercanos a 30% (Aminah et al. 2001). En el presente estudio los datos de materia seca oscilaron entre 23 y 28.1 % lo cual pueden ser aceptables, debido a que no alcanzaron el nivel bajo reportado por la FAO.

El contenido de humedad del sustrato es considerado uno de los parámetros más importantes a la hora de evaluar un silado, debido principalmente a que en el uso de materiales muy húmedos se presentan pérdidas de nutrientes por efecto del drenado de agua en exceso (Alzueta *et al.*, 1992). El contenido óptimo de humedad debe estar entre el 60 y el 70%. La alta humedad de la pulpa fresca de café es un factor negativo que afecta significativamente la calidad del material silado. Al dejar escurrir la pulpa de café fresca por 14 horas y hacer presión parándose encima de ella se logra disminuir la humedad desde 82,1 a 77%, la cual no es suficiente para lograr buenos resultados en la calidad del material silado, además el período de escurrido permite la fermentación aeróbica aumentando la temperatura que va en contra de

la calidad del silaje (Bernardes *et al.*, 2018), por lo que es necesario seguir trabajando en el proceso de reducción de humedad de este sustrato.

La composición química nutricional del silaje de pulpa de café presenta unos valores que la convierten en un subproducto de buen potencial para la nutrición de animales. Es necesario seguir investigando para lograr un material de alta calidad encaminada a solucionar los dos factores detectados en ésta fase que son en primer lugar la fermentación aeróbica ocurrida antes del empacado para la expulsión del aire y la disminución de la humedad hasta niveles ideales para un buen silaje.

El prensado rápido de la pulpa de café después del descerezado permite bajar la humedad hasta el valor deseable para silaje que es del 70% o muy cercano a él (71,8%). La deshidratación de la pulpa de café prensada con el método mencionado evita o disminuye el inicio de la fermentación aeróbica y aumento de la temperatura ya que no es necesario dejarla escurriendo por más de 14 horas.

La composición nutricional de la pulpa de café silada luego de ser deshidratada con la prensa presenta una ganancia total del 13,07%; con unas pérdidas no significativas de fósforo y potasio por su condición de ser lábiles probablemente. Las características fisicoquímicas del

silaje de pulpa de café deshidratado por compresión son las de un material agradable en términos generales que lo hacen palatable para los animales lo cual permite suministrarlo adecuadamente.

La pulpa de café ensilada luego ser deshidratada por compresión, es una grandiosa alternativa ambientalmente amigable ya que soluciona el problema que tiene la caficultura mundial con éste subproducto y mejor aún ya que es aportando a la producción de proteína de origen animal de forma económica.

Varios investigadores (Borreani & Tabacco, 2010) han declarado recientemente la importancia de un ensilaje uniforme de alta calidad en todo el perfil del silo. Como se destacó anteriormente, los malos procedimientos en la elaboración del silo podría aumentar la contaminación de la ración con microorganismos indeseables, tales como hongos filamentosos, esporas aeróbicas y anaeróbicas (Dunière *et al.*, 2013) y micotoxinas dañinas (Wambacq *et al.*, 2016) reduciendo la calidad del mismo (Gerlach *et al.*, 2013) y el rendimiento de los animales (Hoffman & Ocker, 1997).

Es necesario evaluar los rendimientos y porcentajes de inclusión más altos en las raciones para animales en los cuales los metabolitos secundarios no sean factores antinutricionales significativos, para lo cual el SENA en el Centro de Formación con

sede en Garzón, Huila, Colombia seguirá investigando su inclusión en ganadería de leche en la tercera fase de este proyecto.

Agradecimientos

El autor agradece al Sr. Jaime Figueroa propietario de la finca la Samaria por el apoyo logístico en la realización de los ensayos, así mismo a los aprendices del programa producción agropecuaria ecológica por la disponibilidad de tiempo y al acompañamiento en los análisis realizados. Al Centro Agroempresarial y Desarrollo pecuario por el apoyo económico.

Referencias Bibliográficas

- Alzueta, C., J. Trevilo, I. Ortiz. 1992. Effect of tannins from Faba beans on protein utilization in rats. *Journal of Science of food and agriculture*, 59:551-553.
- Aminah, A., C.A. Bakar. & AZham. 2001. Ensilaje de forrajes tropicales: calidad nutritiva y producción de leche. Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos, 161:53-59.
- Ashbell, G. & Z.G Weinberg. 2001. Ensilaje de cereales y cultivos forrajeros en el trópico. In *Memorias de la conferencia electrónica de la FAO sobre el ensilaje en los trópicos*. Estudio FAO producción y protección vegetal. 2001. 161: 111-119.
- Bernardes, J.L.P.A.T.A, Desogan, T.A.M Allister P., Drouin, L.G. Nussio, P. Huhtanen, G.F. Tremblay, G. Bélanger. & Y. Cai. 2018. Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. *Journal of Dairy Science*. 101:4001-4019
- Betancourt, M., I. González. & D.A.M. Martínez. 2005. Evaluación de la calidad de los ensilajes. *Revista Digital Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela*. 8, 1-5.
- Borreani, G. & E. Tabacco. The relationship of silage temperature with the microbiological status of the face of corn silage bunkers. *Journal of Dairy Science*. 93: 2620-2629
- Dunière, L., J. Sindou, F. Chaucheyras-Durand, I. Chevallier, D. Thévenot-Sergentet. 2013. Silage processing and strategies to prevent persistence of undesirable microorganisms *Anim. Feed Animal Feed Science and Technology*. 182: 1-15
- Esquivel, P. & V.M. Jiménez. 2012. Propiedades funcionales del café y subproductos del café. *Food Research International*. 46: (2): 488-495
- Farah, A. & C.M. Donangelo. 2006. Phenolic compounds in coffee. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 18: 23-36.

- FCC. 2017. Federación nacional de cafeteros. 2017. Informe: recuperado de: www.federaciondecafeteros.org/clientes/es/quienes_somos/119_estadisticas_historicas/
- Forero, A., G. Rojas, J. Argulles-Cárdenas. 2013. Capital Social y capital financiero en la adopción de tecnologías ganaderas en zonas rurales altoandinas de Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología agropecuaria*. 14(2): 149-163.
- Galloway, J.N., F. J. Dentener, D.G. Capone., E.W. Boyer, R.W. Howarth, S.P. Seitzinger, G.P. Asner, C.C. Cleveland, P.A. Verde, E.A. Holanda, D.M. Karl, A.F. Michaels, J.H. Porter, A.R. Townsend. & C.J. Vöosmarty. 2004. Ciclos de nitrógeno: pasado, presente y futuro. *Biogeochemistry*. 70: 153-226
- Garcés-Molina, A.M., L. Berrio-Roa., S. Ruíz-Alzate., J.G. Serna., A. Builes-Arango. 2004. Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Revista Lasallista de Investigación*. 1:66-71.
- Gerlach, K. Y. Liao. & K.H. Sudekum. 2014. Aerobic exposure of lucerne silages and its impact on preference and dry matter intake by goats *Small Ruminant Research*. 121: 308-313
- Hoffman, P.C. & S.M. Ocker. 1997. Quantification of milk yield losses associated with feeding aerobically unstable high moisture corn. *Journal of Dairy Science*. 80: 234-244.
- Ortiz, O. 2006. Evolution of agricultural extension and information dissemination in Peru: An historical perspective focusing on potato-related pest control. *Agriculture and Human Values*. 23: 477-489.
- Terrill, T.H., G.B. Douglas., A.G. Foote., R.W. Pruchas., G.F. Wilson. & T.N. Berr. 1992. *The Journal of Agricultural Science*. 59: 551-553.
- Wambacq, E. I. Vanhoutte., K. Audenaert., L. De Gelder. & G. Haesaert. 2016. Occurrence, prevention and remediation of toxigenic fungi and mycotoxins in silage: A review. *Journal of Agricultural Science*. 96: 2284-2302.

Evaluación de la remoción de los cloruros presentes en aguas asociadas

Yaqueline Quintero-Guerrero¹

María Daniela Pulido-Osorio²

Resumen

El agua es sin duda alguna el recurso más importante de nuestra vida y de las actividades que desarrollamos. En la industria petrolera es común encontrar aguas asociadas, las cuales se componen de una mezcla importante de hidrocarburos, gases y cloruros los cuales dificultan su procesamiento. Con el objetivo de evaluar las concentraciones de remoción del ion cloruro en muestras tomadas de la Batería Central de Ecopetrol ubicada en el municipio de Yaguara-Huila se realizaron ensayos utilizando semilla de *Moringa oleifera* y un producto comercial denominado Ultra-floc en diferentes concentraciones. Los resultados mostraron que las concentraciones de 130 mL del extracto de moringa (M130) y la concentración de 13 mL del producto comercial Ultra-floc (U13) fueron las más efectivas a la hora de remover los cloruros en las muestras de agua analizadas.

Palabras Claves: aguas asociadas, floc, moringa, floculación, coagulación.

Abstract

Water is undoubtedly the most important resource of our life and the activities we develop. In the oil industry, it is common to find associated waters, which are composed of an important mixture of hydrocarbons, gases and

1 Ingeniera Química, Instructora Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila, e-mail: yaquelinquintero@gmail.com.

2 Ingeniera Ambiental, marketing digital, e-mail: Daniela.pulido8@hotmail.com.

chlorides, which make their processing difficult. In order to evaluate the concentrations of chloride ion removal in samples taken from the Ecopetrol Central Battery located in the municipality of Yaguara-Huila, two tests were performed using *Moringa oleifera* seed and a commercial product called Ultra-floc. The results indicate that for the samples U13 and M130 the removal of chlorides is the most effective, being clear that the concentrations are based on the same proportion with the established products.

Keywords: associated waters, floc, moringa, flocculation, and coagulation.

Introducción

Las aguas industriales, son aguas contaminadas con diferentes sustancias tóxicas nocivas para la salud humana, compuestas por químicos y metales pesados (Gil, 2012). Actualmente, en los procesos ya sea de mejoramiento o reutilización de la misma industria se presentan inconvenientes por estas sustancias, como en el caso de los cloruros, debido a que este ion forma sales en general muy solubles y suele estar asociado al ion Na^+ , especialmente en aguas muy salinas (Gil, 2012).

El contenido de cloruros afecta la potabilidad del agua y su potencial uso agrícola e industrial, a partir de 300 ppm el agua empieza a adquirir un sabor salado y pueden llegar a ser muy corrosivas debido al pequeño tamaño del ion que puede penetrar la capa protectora en la interface

oxido-metal y reaccionar con el hierro estructural (Rigola, 1990).

Actualmente las industrias y empresas encargadas en la potabilización de aguas para consumo humano buscan la disminución de la presencia de este tipo de ion y otros contaminantes ya estudiados y determinados. Entre los diferentes compuestos químicos que se utilizan comúnmente en el tratamiento de aguas residuales está el sulfato de aluminio, el cual ha demostrado ser un buen coagulante y floculante en cuanto a la remoción de turbidez, sin embargo el aluminio residual en el agua de consumo humano puede ser nocivo para la salud ya que afecta gravemente el sistema nervioso central (Reyes, 2016).

Por estas razones, hay una creciente búsqueda de polímeros naturales en el tratamiento de aguas asociadas,

uno de estos coagulantes naturales proviene de la semilla del árbol tropical *Moringa oleifera* (moringa), una planta perteneciente a la familia Moringaceae, compuesta de un solo género (moringa) y 14 especies (Pritchard *et al.*, 2010). En relación con los agentes químicos coagulantes / floculantes, el uso de *Moringa* presenta grandes ventajas, como la biodegradabilidad, el bajo índice de producción de lodo residual y la baja toxicidad (Kawamura, 1991).

La moringa, es proveniente de un árbol caducifolio. El cual presenta rápido crecimiento, unos 3 m en su primer año logrando llegar a 5 m en condiciones ideales. El adulto llega a los 10 o 12 m de altura máxima. Tiene ramas colgantes quebradizas, con corteza suberosa, hojas color verde claro, compuestas, tripinadas, de 30 a 60 cm de largo, con muchos folíolos pequeños de 1,3 a 2 cm de largo por 0,6 a 0,3 cm de ancho. Florece a los siete meses de su plantación.

Las flores son fragantes, de color blanco o blanco crema, de 2,5 cm de diámetro. Produce vainas colgantes color marrón, triangulares, de 30 a 120 cm de largo por 1,8 cm de ancho, divididas longitudinalmente en 3 partes cuando se secan; cada una contiene aproximadamente veinte semillas incrustadas en la médula. Las semillas son de color marrón oscuro, con tres alas (Duke, 1987). Es originaria del subcontinente indio, Actualmente está ampliamente distribuida por los trópicos donde ha sido introducida por su carácter

ornamental. Muy recientemente, este árbol está captando una enorme atención y su cultivo se está generalizando con rapidez (Sánchez-Martín *et al.*, 2010).

Estudios anteriores se han centrado principalmente en la eficiencia de las semillas de *Moringa oleifera* como coagulante, pero existe la necesidad de una evaluación sistemática de la calidad del agua tratada con el extracto de las semillas de esta especie. El propósito del presente estudio es, por lo tanto, fue examinar la concentración de cloruros en aguas asociadas utilizando semillas de *Moringa oleifera* y compararlas con el producto comercial denominado Ultra-floc.

Materiales y métodos

Toma de muestras: Las muestras de aguas asociadas fueron tomadas de la batería central de Ecopetrol "Los manguitos" ubicada en el municipio de Yaguará-Huila. Estas aguas son provenientes de los procesos de inyección de yacimientos de hidrocarburos y se caracterizan por presentar un olor sulfurado y color amarillo-marrón con material particulado (grasa) y leve turbidez.

Preparación de las soluciones: La preparación de la solución de *Moringa oleifera* (MO) al 0,1% se realizó tomando semillas de MO de cultivos naturales encontrados en el casco urbano de la ciudad de Neiva en un pequeño cultivo manejado

por profesores de la Universidad Surcolombiana. Para la preparación de la dosis del polielectrolito *Moringa oleifera* (MO) se requirió 25 gramos de semilla las cuales fueron peladas y trituradas hasta obtener un polvo fino color crema. El polvo fino (250 mg) se disolvió en 1000 ml de agua destilada. El producto químico comercial utilizado denominado Ultra-floc, fue suministrado por Las Ceibas Empresas Públicas de Neiva E.S.P, el cual fue preparado a una concentración del 1% con agua destilada.

Montaje test de jarras: Las pruebas en jarras (Phipps & Bird, PB-900, Fisher Scientific) se realizaron en vasos de precipitado con capacidad de 500 mL, en donde a 100 mL de agua asociada se le agrego las soluciones anteriormente preparadas en diferentes volúmenes: La solución de *M. oleifera* a 20, 50, 100 y 130 mL y la solución de Ultra-floc a 2, 5, 10 y 13 mL con tres réplicas cada una. El equipo se configuró para un proceso secuencial que involucraba una agitación de 1 min a 100-200 rpm, luego de una agitación de 20-30 rpm durante 10 min. Posteriormente, las muestras descansaron durante 15 min. en donde fue monitoreado el pH. Las muestras fueron almacenadas por 7 días dando lugar a que el proceso de contacto entre los productos y el contenido de cloruros de cada una de las muestras reaccionara.

Determinación del pH y cloruros: La determinación del pH de cada

una de las muestras se realizó con un pH metro marca HANNA HI 9811-5.

El análisis de los cloruros en cada uno de las muestras se realizado por el método Morh, utilizando como patrón una solución de AgNO_3 (nitrato de plata) de concentración conocida y como indicador el K_2CrO_4 (cromato de potasio) y aplicando las siguientes formulas:

Formula de Tillman:

$$\frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{CL} = v \cdot b \frac{(A - B) * \text{NAgNO3} * 35450}{V}$$

Donde,

A: Muestra en mL

B: Blanco en mL

N AgNO_3 : 0.0141

V: Volumen de la Muestra mL

Constante: 35450

Resultados

Los valores de pH en las muestras que se trataron con la solución de *M. oleifera* estuvieron entre 6,5 y 6,7 y las tratadas con el producto comercial Ultra-floc entre 6,6 y 6,7 (Figura 1). Los análisis estadísticos no mostraron un efecto del volumen de la solución de *M. oleifera* sobre el pH ($P > 0.05$).

Con relación a la concentración de cloruros los valores estuvieron en 3423,9 y 8493,1 mg/L para las

muestras tratadas con la solución de *M. oleifera* y de 1274,6 y 6522,9 mg/L para las muestras tratadas con el producto comercial Ultra-floc (Figura 2).

Los análisis estadísticos mostraron que hubo una diferencia significativa sobre el efecto del volumen de la solución de *M. oleifera* sobre la concentración de cloruros al igual que de la solución del Ultra-floc ($P < 0,05$).

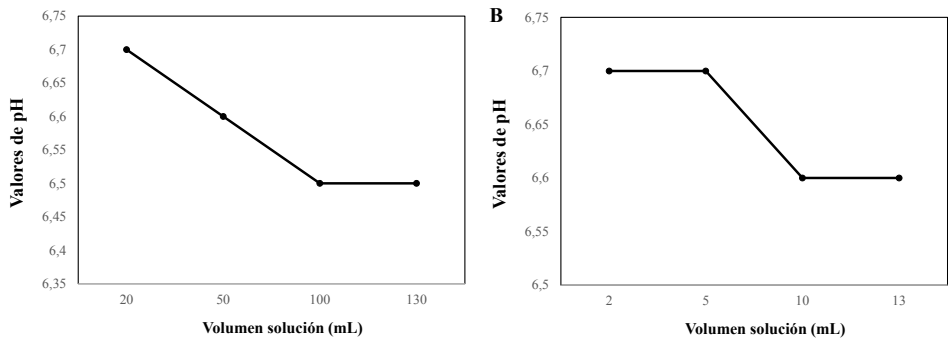


Figura 1. Valores de pH de las muestras tratadas con A) *M. oleifera* y B) Ultra-floc a diferentes concentraciones.

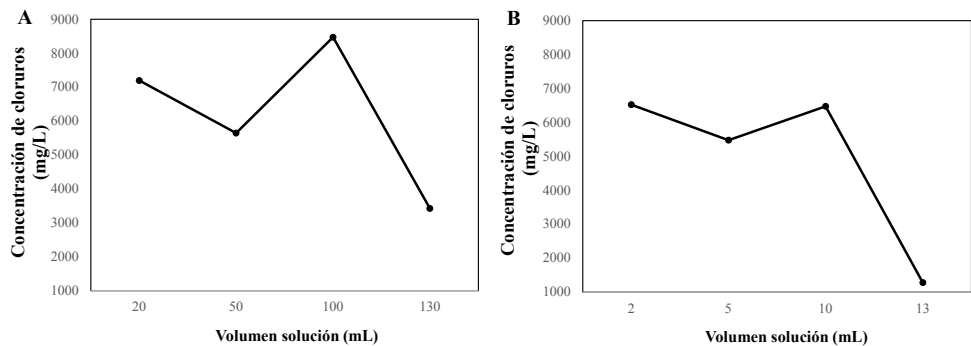


Figura 2. Concentración de cloruros en mg/L de las muestras tratadas con A) *M. oleifera* y B) Ultra-floc a diferentes concentraciones.

Discusión

Las muestras que mejor presentaron resultados en cuanto a la remoción de cloruros son las que contenían un volumen de 13 mL y 130 mL de ultra-floc y moringa respectivamente, sin embargo la muestra que contenía 5 mL y 50 mL presentaron también una disminución considerable a diferencia de su límite superior e inferior, lo cual permite inferir que la concentración no podría ser la única variable a considerar en la remoción de cloruros para las aguas asociadas en este caso.

Los resultados obtenidos indican que la semilla de *Moringa oleifera* está compuesta principalmente por proteínas tipo globulinas y albúminas que representan el 53% y el 44% del total de proteínas de la semilla, respectivamente. Razón por la cual tanto la albúmina como la globulina presentan un alto potencial de coagulante y tienen un impacto positivo en la eliminación de parámetros como el color y la turbidez de las aguas asociadas (Alves-Baptista *et al.*, 2017).

La *Moringa oleifera* (MO) se ha investigado en varios estudios debido a su excelente capacidad coagulante, por sí misma (Abdulsalam *et al.*, 2007) o en combinación con otras sustancias químicas (Mahajan & Mehta, 2010). De acuerdo a estos estudios, la capacidad de coagulación de MO aumenta cuando la especie está asociada con otras sustancias

químicas, como lo demuestra su mejor eficiencia en la eliminación de sólidos suspendidos.

Según Okuda *et al.* (2001), los cationes bivalentes se pueden adsorber eléctricamente en el componente activo de MO, que se carga negativamente. En consecuencia, el componente activo de MO puede vincularse a otros componentes solo a través de un catión bivalente. Así, se forma una estructura de red (un material insoluble), y los sólidos suspendidos en la solución se barren a través de un mecanismo conocido como coagulación por barrido.

Para las muestras que presentaron los mejores resultados se podría resaltar que existen dos variables notorias como son las concentraciones de los dos productos usados y el tiempo del proceso de floculación y coagulación, se podría relacionar que este tiempo tuvo incidencia sobre el efecto de dichos productos sobre las muestras, sin embargo es necesario seguir realizando pruebas donde se aumente o disminuya la concentración y se hagan variaciones en los tiempos buscando así una mejor respuesta a este tipo de pruebas.

En cuanto al tratamiento de las aguas asociadas, mucha discusión se ha centrado en el uso de coagulantes naturales, especialmente debido a la baja / no toxicidad presentada por ellos. En este sentido, el uso de un coagulante vegetal como el

extracto acuoso de *Moringa oleifera* es una alternativa muy interesante desde el punto de vista ambiental, especialmente en las regiones donde la planta crece fácilmente (Abdulsalam *et al.*, 2007).

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo técnico del ingeniero químico y especialista Jaime Rojas Puentes, profesor de la Universidad Surcolombiana en la realización de los experimentos, así como a las directivas de Ecopetrol, quienes apoyaron la realización de las tomas de muestras de aguas asociadas.

Referencias Bibliográficas

- Abdulsalam, S., A.A. Gital., I.M. Misau. & M.S. Suleiman. 2007. Water clarification using *Moringa oleifera* seed coagulant: maiduguri raw water as a case study. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 5 (1): 302-306.
- Alves-Baptista A.T., M. Oliveira., R. Guttierrez., R. Bergamasco., M. Fernandes., V.A Marquetotti. 2017. Protein fractionation of seeds of *Moringa oleifera* lam and its application in superficial water treatment. *Separation and Purification Technology*. 180 (8): 114-124
- Duke, J.A. 1987. Hanbook Of Energy. Pardue University.155 pp.
- Gil, M, S. A. 2012. Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción limpia. New Uses of Moringa Studied*. ECHO Development Notes, Nor 68.
- Mahajan, S. G. & A.A. Mehta, 2010. Immunosupresive activity of etdanolic extracts of seeds of *Moringa oleifera* Lam. in experimental immune inflammation. *Journal of Etdnopharmacology*. 130: 183-186.
- Pritchard, M., T. Craven., T. Mkandawire., A.S. Edmondson. & J.G.O. Neill. 2010. A study of the parameters affecting the effectiveness of *Moringa oleifera* in drinking water purification. *Physics and Chemistry of the Earth*. 35: 791-797.
- Okuda, T., A.U. Baes., W. Nishijima. & M. Okada. 2001. Isolation and characterization of coagulant extracted from *Moringa oleifera* seed by salt solution. *Water residuals*. 35 (3): 830-834.
- Reyes, E.C.M. 2016. Evaluación de un sistema de tratamiento por coagulación para las aguas del río Medellín, Colombia.111 pp.
- Rigola, M. 1990. Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales. Barcelona: Marcambo SA. 160 pp.
- Sánchez-Martín, J.T. T. Craven., A.S. Mkankawire. & J.G.A.

Edmondson. 2010. Comparison of single-step and two step purified coagulants from *Moringa oleifera* seed for turbidity and DOC removal. Biotechnology & Biotechnological Equipment. 101: 6259-6261

Kawamura, S. 1991. Effectiveness of Natural Polyelectrolytes in Water Treatment. American Water work association. 79: 88-91.

Sistema de Información Geográfico del Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila para el análisis cartográfico de sus unidades productivas-SIGCADPH

Hugo Fernando Polanía-Dussán¹

Jesús Andrés Silva-Plazas²

Resumen

Este artículo corresponde a la implementación de un aplicativo web de un sistema de información geográfico para el Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila llamado SIGCADPH. Se desarrolló un primer prototipo dirigido a la granja del SENA Garzón, donde se utilizaron herramientas y equipos tecnológicos. La información recolectada y procesada en la plataforma SIGCADPH Versión 0.10, consistió básicamente en la georreferenciación de lagos, geomembranas, lotes de siembra, invernaderos automatizados, densidad arbórea, visualización de bacterias en las lagunas de oxidación, temperatura y pH del agua, buscando satisfacer las necesidades geográficas en gestión agropecuaria y la asistencia técnica especializada con datos tabulados y graficados. Dicho sistema tiene como objetivo evaluar un sistema piloto que pueda ampliarse a todo el sector agropecuario del centro del departamento del Huila.

Palabras Claves: SIG, sector agropecuario, unidades productivas.

1 Ingeniero de Sistemas, Instructor Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila, e-mail: hfpolanía@misena.edu.co

2 Ingeniero de Sistemas, Instructor Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila, e-mail: jesusilpla@misena.edu.co

Abstract

This article corresponds to the implementation of a web application of a geographic information system for the Agribusiness and Livestock Development Center of Huila called SIGCADPH. A first prototype was developed for the SENA Garzón farm, where technological tools and equipment were used. The information collected and processed in the platform SIGCADPH Version 0.10, consisted of the georeferencing of lakes, geomembranas, lots of sowing, automated greenhouses, tree density, visualization of bacteria in the lagoons of oxidation, temperature and pH of the water, seeking to satisfy the geographic needs in agricultural management and specialized technical assistance with tabulated and graphed data. The objective of this system is to evaluate a pilot system that can be extended to the entire agricultural sector of the center of the department of Huila.

Keywords: SIG, agricultural sector, productive units.

Introducción

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la actualidad ofrecen al usuario el almacenamiento de datos espaciales, que presentan un vínculo geográfico y toda la información no espacial, tales como estado de un cultivo, su rendimiento y automatización (Ahmad *et al.*, 2010). Según Albuquerque *et al.*, (2016) un SIG es un conjunto de herramientas compuestos por hardware, software, datos y usuarios que permite capturar, almacenar, administrar y analizar información digital, así como realizar gráficos, mapas y representar datos alfanuméricos. Puede verse

como un modelo informatizado de la realidad geográfica para satisfacer las necesidades de información concretas, esto es, crear, compartir y aplicar información útil basada en datos y en mapas (Burrough, 1994).

La agricultura es uno de los sectores más vulnerables al cambio climático futuro y como tal, ha sido objeto de múltiples estudios en los últimos años (Smith *et al.*, 2014). Al tratar de delinear y comparar la vulnerabilidad agrícola de diferentes regiones del mundo, se han desarrollado diversos sistemas de información generando datos de gran importancia (Dong *et al.*, 2015). Dicha información generalmente abarca

múltiples dimensiones del concepto de vulnerabilidad, capturando la exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación de un sistema (Wiréhn *et al.*, 2017).

El Departamento del Huila se está consolidando como líder nacional en productos agrícolas. El café, la granadilla, el arroz y la pitahaya son los renglones productivos bandera del Departamento con 79.392 unidades productivas y 1.368.042 hectáreas de suelo en diferentes actividades, de las cuales están las agrícolas (179.577 hectáreas), pecuarias (967.788 hectáreas), vegetaciones (62.818 hectáreas), bosques (162.146 hectáreas), otros usos (58.531

hectáreas) y en infraestructura agropecuaria (2.926 hectáreas).

En Colombia y el Departamento del Huila la delimitación de áreas geográficas, tiene como objetivo monitorear, proteger y preservar espacios señalados con unas estrategias específicas o de sensibilización, según el alcance de cada uno de los proyectos desde una escala nacional hasta local. Actualmente el Huila cuenta 582.633 hectáreas de áreas protegidas de las cuales 120 mil hectáreas pertenecen a zonas de páramo, es decir, que al menos el 30% de su área se encuentra en estado de conservación natural (Figura 1).

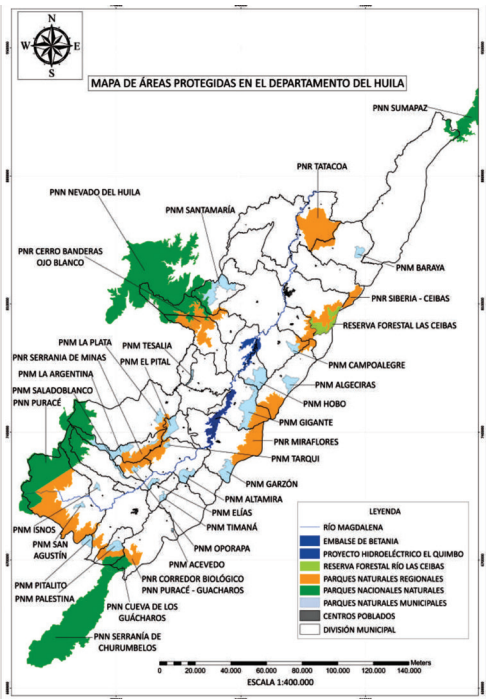


Figura 1. Cartografía de áreas protegidas en el Departamento del Huila.
Fuente. Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, 2018.

El Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila (CADPH), desea afrontar las problemáticas y el avance tecnológico del sector agropecuario con el proyecto de investigación e innovación: Análisis cartográfico aplicando modelos vectoriales o raster en el sector agropecuario del centro del departamento del Huila con asistencia de aplicaciones web, además fomentar la investigación en la formación profesional integral articulada con el sistema de investigación, desarrollo tecnológico e innovación SENNOVA y el semillero de investigación METATIC-CADPH.

Materiales y métodos

Durante en el proceso de desarrollo de la aplicación web SIGCADPH

Versión 0.10, la metodología en cascada con un enfoque clásico es seleccionada, porque facilita la trazabilidad del sistema con un mejor ciclo de vida, además se utiliza el modelo de madurez de la capacidad integrado (CMMI - Capability Maturity Model for Integration), con el fin de aplicar las mejores prácticas de la industria del desarrollo, mantenimiento, adquisición y operación de productos y servicios de software. Considerado un método puro que implica un proceso rígido para el sistema de información a implementar, el cual se plantea unas de fases para el debido desarrollo del proyecto. A continuación, se describe las fases utilizadas en la construcción del prototipo.



Figura 2. Metodología implementada en la creación de SIGCADPH
Fuente. Autores.

Fase 1: Identificación de situación actual

Se realizó el análisis y evaluación de la situación actual del Centro de Formación en cuanto a la sistematización del flujo de la información entre el campo y los recursos agropecuarios, permitiendo la construcción de un diagnóstico preciso, que facilitó la toma de decisiones alcanzando los objetivos y políticas del CADPH.

Fase 2: Análisis de requerimientos del SIG

Los requerimientos fueron analizados y estipulados para la construcción del Sistema de Información Geográfico, donde se evidencio el mapeo de la finca y cultivos agrícolas del CADPH. En dicha fase se analizó y evaluó a los usuarios con el fin de satisfacer las exigencias de la gerencia, agrónomos, biólogos y químicos. En la recolección de información se utilizaron diferentes instrumentos y técnicas para el correspondiente análisis de la información, aplicando entrevistas, observación, encuestas, talleres con los especialistas en el campo agropecuario, con el fin de establecer y manipular la información de las investigaciones agropecuarias que se ejecutan en la granja del CADPH, teniendo en cuenta la opinión del (Cliente – población) en la institución y establecer los servicios de información geográficos a prestar. En la definición del propósito, alcance, caracterización,

restricciones, requerimientos funcionales y no funcionales del SIGCAPH, la precisa el STD IEEE 830 de 1998, Especificación de Requisitos Software (SRS). La funcionalidad que se diseñó y desarrollo fue:

- Delimitación de espacios geográficos mediante coordenadas geográficas (Latitud y longitud).
- Recolectar información de la granja del SENA y todos los datos de los procesos formativos agrícolas y piscícolas.
- Organizar, almacenar, ilustrar y actualizar información detallada de las unidades productivas del SENA Garzón.
- Mantener una base de datos actualizada y veraz, donde algunos de los usuarios podrán acceder a ella, mediante gráficos, para la toma de decisiones.
- Realizar análisis de datos tabulados para facilitar la toma de decisiones representada en gráficos y tablas.

Los requerimientos no funcionales cuentan con el criterio de evaluar el rendimiento y operación del servicio tecnológico involucrando software, hardware y usuarios. Se estableció la seguridad, trazabilidad, fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y portabilidad del sistema ofreciendo datos confidenciales, íntegros y disponibles.

Fase 3. Modelado del SIG

Diseñamos un modelo de datos del flujo y el comportamiento de la información, definiendo de manera lógica y organizada cada uno de los modelos que hicieron parte de la funcionalidad del SIG, de igual modo permitiendo la construcción e implementación del aplicativo SIGCADPH.

Logrando consolidar y determinar el modelo conceptual de datos, en la que se describen la estructura, características, convenciones, y reglas de integridad que rigen este tipo de información.

Componentes del modelado SIG

- Modelo conceptual o de contexto del sistema.
- Modelo lógico del sistema (diagrama caso de uso y de clase).
- Esquema de Software a utilizar.

Fase 4. Construcción del SIG

En la construcción del SIG, se tuvo en cuenta el modelo de arquitectura de "n-capas" y una capa de Servicios Web funcional geográfica el cual se pueda generar e imprimir informes desde las interfaces compuestas por la cartografía base y la información recolectada junto con los formularios de consulta predefinidos para el SIG. El lenguaje de programación principal es JAVA, PHP, JavaScript y el lenguaje de consulta para la base de

datos relacionales es SQL, en cuanto a equipos se utilizaron GPS, cámara 4K, software para cartografía ArcGIS desktop y online.

Fase 5. Implementación y Prueba Piloto del SIG del CADPH

Con los modelos del SIGCADPH debidamente definidos y el modelo relacional de base de datos espaciales, se implementó la plataforma web; empezando una prueba piloto en la granja del Centro Agroempresarial de Desarrollo Pecuario del Huila, donde refleja datos estadísticos y mapas de las áreas.

Fase 6. Control

Para el control y monitoreo de la evolución constante del proyecto SIGCADPH, se implementó el modelo de madures CMMI, para evidenciar las actividades que pretenden gestionar, establecer y entregar servicios.

Resultados

Uno de nuestro producto preliminar dentro de la ejecución del proyecto de investigación fue la creación de un aplicativo web llamado SIGCADPH Versión 0.10, enfocado al mapeo de los diferentes cultivos agrícolas, pecuarios y piscícolas de la granja del Centro de Formación.

Para la implementación del aplicativo web se trabajó con ArcGIS Online en donde se implementó todos los servicios del SIG en una arquitectura basada cliente/servidor. A través de esta plataforma online se incorporan mapas, entidades, imágenes, modelos de geoprocésamiento, localizadores y datasets de SIG como servicios web, en donde todos los usuarios pueden acceder teniendo una conexión a internet. El aplicativo web fue construido y desarrollado en ArcGIS for developers, el cual nos brinda diversas plataformas para su ejecución, como plataformas web y móviles; incluyendo Geo portales para poder funcionar los servicios del SIG a través del internet.

Mediante ArcGIS para desarrolladores se utilizó la API web para JavaScript, la cual nos permitió crear una web personalizable al momento de insertar la ubicación de los puntos a cartografiar. Estos marcos de aplicaciones web se conectan a los servicios de mapas y otros servicios SIG relacionados que se publican mediante ArcGIS Server, ArcGIS Online, y servicios de representación cartográfica de consumidores disponibles en la web. Estas API usan una arquitectura abierta basada en el estándar del sector REST, que permite utilizar el contenido y los servicios de ArcGIS como una parte integral interna y externa de ArcGIS.



Figura 3. SIGCADPH Versión 0.10 – Interfaz Web. **Fuente.** Autores.

El aplicativo SIGCADPH cuenta con una interfaz principal web y dispositivos móviles como lo muestra la Figura 3. donde se visualiza un mapa base junto a una cartografía que se compone de capas de objetos dentro de la unidad productiva de la

alianza del SENA Garzón y el Batallón de Infantería Pigoanza; Uno se las principales funcionalidades del aplicativo es la visualización de los datos en forma de gráficos circulares y de barras. En la zona de los gráficos representamos los valores de los

atributos de un campo simple, los valores agrupados de varios campos o los recuentos totales de entidades. Un gráfico de barras o de columnas puede incluso representar los valores de los atributos de varios campos como columnas y barras agrupadas. Cuando se usa el widget gráfico se puede especificar también un filtro espacial para solicitar que solo las entidades deseadas estén en el gráfico.

Generalmente, existen cuatro opciones para analizar, calcular y visualizar los valores de una capa de entidades como gráficos:

- 1. Mostrar valores por entidad.
- 2. Mostrar valores por categoría.

- 3. Mostrar recuentos de entidades por categoría.
- 4. Mostrar valores de atributos como gráficos.



Figura 4. Análisis de árboles según su tipo.
Fuente. Autores.



Figura 5. Gráficos lineales lagunas de oxidación.
Fuente. Autores.

Discusión

El Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila presenta el proyecto llamado SIGCADPH cuyo propósito es facilitar el análisis cartográfico de las unidades productivas del sector agropecuario específicamente en el estado del cultivo, tomando modelos y eventos sobre la superficie, costos, consumos y delimitación geográfica del sector agropecuario frente a las zonas protegidas del centro del Departamento del Huila, con asistencia a través de internet integrando un potente visor y creador cartográfico llamado ArcGIS.

Los mapas bases de las unidades productivas de la granja SENA brindan georreferenciación de lagos, geomembranas, lotes de siembra, invernaderos, automatizados, densidad arbórea, visualización de bacterias en las lagunas de oxidación, temperatura y pH del agua, satisfaciendo y facilitando la toma de decisiones en un análisis de precisión geográfica.

Con esta aplicación web se podrá predecir y monitorear el comportamiento de la superficie del cultivo, volumen de producción, buscando los datos que más posibilidades tienen de impactar en el comportamiento real de múltiples productos desde un análisis espectral. Este modelo podría replicarse a las unidades productivas en posteriores fases, para facilitar el estado del cultivo, tamaño de

la planta, fertilizantes, clorofila, nitrógeno disponible en la hoja, prescripciones de fertilización. Así mismo el sistema permite analizar los cultivos en las etapas de crecimiento, aplicando la teledetección y comparando distintos índice de la vegetación, detectando deficiencias de nitrógeno, encontrando las causas de estrés en la planta e identificación de las características del cultivo en mapas, comparando e interpretando los diferentes niveles de información de manera simultánea.

Finalmente con esta herramienta los agricultores y gestores podrían tomar decisiones precisas para optimizar su desempeño, impactando la economía del centro del departamento del Huila e innovando los procesos de las empresas agropecuarias. En este proceso de investigación se vivió una experiencia formativa exitosa, integrando el semillero de investigación METATIC CADPH diferentes programas de formación tecnológica del SENA Garzón como son: Análisis y Desarrollo de sistemas de información, Producción agrícola, Control Ambiental, Recursos Naturales y Gestión de Empresa Agropecuarias, en donde cada uno de ellos nos proporcionaron información muy precisa para el levantamiento de la información recolectada, para así establecer los requerimientos funcionales y no funcionales del aplicativo web SIGCADPH.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Dr. Miguel Alirio Argote Subdirector del Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila por su gestión, compromiso y voto de confianza con el proyecto y el semillero de investigación METATIC-CADPH, así como a todo el equipo de trabajo conformado por instructores y aprendices de los diferentes programas de formación, por estar comprometidos con la investigación, innovación y divulgación del SIGCADPH en el centro del departamento del Huila y eventos de talla regional y nacional.

Referencias Bibliográficas

- Ahmad, S.Z. S.L. Syed Abdullah, A.F. Rosmani., N.M. Hashim, N.A. Lutfi, N. Halim, H.A. Halim. 2010. Integrating GIS technology and 3D animation in an event information system
- CSSR 2010–2010 international conference on science and social research. 187-190,
- Albuquerque, H., F. Martins, R. Raposo, L.G. Cardoso, P. Beça Pereira & P. Días. 2016.
- Construction of a web-based geographical information system – The case of “Ria de Aveiro” region. *Anatolia*, 27: 71-81.
- Burrough, P.A. 1994. Principles of Geographical Information Systems for land resources. Oxford Science. *Journal of Quaternary Science*. 3: 145-165.
- Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena. 2018. Plan de cambio climático Huila 2050: Preparándose para el cambio climático. Obtenido de <http://www.latin-brand.com/jods/e3web/wp-content/uploads/2016/01/resumen-ejecutivo-plan-huila-2050.pdf>
- Diario del Huila. (9 de abril de 2018). Huila: 30% de su territorio ‘blindado’ contra explotación. Obtenido de <https://www.diariodelhuila.com/huila-30-de-su-territorio-blindado-contra-explotacion>
- Dong, Z., Z. Pan. & P. An. 2015. Novel method for quantitatively evaluating agricultural vulnerability to climate change. *Ecological Indicators*. 48: 49-54.
- Gobernación del Huila y Alcaldía de Neiva. 2015. Evaluación de los Objetivos de Desarrollo del Milenio Cuenta regresiva 2015. Cuenta regresiva hacia los Objetivos de Desarrollo del Milenio 2015: Municipio de Neiva (ISSN 2027 – 7709), 103. Obtenido de <http://huila.gov.co/images/stories/odm/NEIVA.pdf>
- Smith, P. M., Bustamante, H. Ahammad. 2014. Agriculture, forestry and other land use (AFOLU) O. Edenhofer, R. Pichs-Madru-

ga, Y. Sokona (Eds.), Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA (2014)

Wiréhn, L.T., T. Opach & S. Neset. 2017. Assessing agricultural vulnerability to climate change in the Nordic countries – an interactive geovisualization approach. Journal of Environmental Planning and Management. 60: 115-134.

Análisis de la alcalinidad en una muestra de agua industrial tratada para inyección en pozos petroleros con polielectrolito (semilla de moringa) y Ultra-floc

Yuly Katherin Rodríguez-Forero¹

Yaqueline Quintero-Guerrero²

Resumen

Los países en vía de desarrollo intensifican la búsqueda de alternativas, las cuales les permitan mejorar las condiciones del recurso hídrico destinado a la industria o consumo humano sin tener que invertir mucho dinero en su tratamiento. Por esta razón el sector de hidrocarburos consiente cada día más con la responsabilidad que tiene con el medio ambiente está en la búsqueda constante de tratamientos alternativos para el agua de inyección que necesitan para sus procesos de extracción y producción de hidrocarburos. Los ensayos de laboratorio realizados para determinar la eficiencia de remoción de alcalinidad total con el polielectrolito (semilla de moringa) y un producto químico comercial llamado Ultra-floc, arrojaron resultados favorables. Las semillas de moringa se recolectaron, seleccionaron y trituraron obteniendo un polvo fino el cual se humedeció y se filtró para disolver en la muestra de agua industrial tratada. Se prepararon 8 muestras de aguas industriales tratadas en jarras de 500 ml el cual se aplicarían dosis del polielectrolito (10, 50, 100 y 130 mL) y el producto químico llamado Ultra-floc (2, 5, 10 y 13 mL). Se evidencio mayor eficiencia en la remoción de alcalinidad total en la dosis de 100 mL a una concentración del 0,1% y en la dosis de 13 mL de Ultra-floc a una concentración del 1 %.

Palabras Claves: biorremediación, microorganismos, bacterias, protozoos, algas, hongos.

1 Ingeniera Química, Universidad Industrial de Santander, e-mail: yulyrodriguezf05@hotmail.es

2 Ingeniera Química, Instructora Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila, e-mail: yaquelinquintero@gmail.com

Abstract

Developing countries intensify the search for alternatives, which allow them to improve the conditions of water resources destined for industry or human consumption without having to invest a lot of money in their treatment. For this reason, the hydrocarbon sector is increasingly aware of its responsibility to the environment and is constantly searching for alternative treatments for the injection water they need for their hydrocarbon extraction and production processes. The laboratory tests carried out to determine the removal efficiency of total alkalinity with polyelectrolyte (moringa seed) and a commercial chemical called Ultra-floc, yielded favorable results. The moringa seeds were harvested, selected and ground to obtain a fine powder that was moistened and filtered to dissolve in the treated industrial water sample. Eight industrial water samples treated in 500 ml jars were prepared, which would apply polyelectrolyte doses (10, 50, 100 and 130 mL) and the chemical called Ultra-floc (2, 5, 10 and 13 mL). Greater efficiency was shown in the removal of total alkalinity in the dose of 100 mL with a concentration of 0.1% and in the dose of 13 mL of Ultra-floc with a concentration of 1 %.

Keywords: Moringa seed, hydrocarbon, injection, water, treatment, alkalinity

Introducción

Las empresas petroleras del país ven con optimismo los avances investigativos que ha tenido el país frente a los tratamientos de aguas, que para la industria se convierten en un gasto importante pues debe provisionar bastante recursos para su tratamiento. Con el objeto de mejorar la situación antes descrita se requieren de manera inmediata

nuevas tecnologías de tratamiento que sean amigables con el medio ambiente (Ramos, 2013).

Las investigaciones realizadas para la búsqueda de alternativas orientadas al mejoramiento de la calidad del agua se han enfocado mediante el uso de productos naturales ya que estos ofrecen ventajas frente a los productos químicos (Ghebremichael, 2004). En

este sentido se ha desarrollado la presente investigación teniendo en cuenta que definimos la alcalinidad total como la capacidad del agua para neutralizar ácidos y representa la suma de las bases que pueden ser tituladas (Romero, 1989).

Dado que la alcalinidad de aguas superficiales está determinada generalmente por el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, ésta se toma como un indicador de dichas especies iónicas. No sólo representa el principal sistema amortiguador (tampón, buffer) del agua dulce, sino que también desempeña un rol principal en la productividad de cuerpos de agua naturales, sirviendo como una fuente de reserva de CO_2 para la fotosíntesis (Goyenola, 2007).

La alcalinidad en la mayor parte de las aguas naturales superficiales está determinada principalmente por el sistema carbonato HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- y H^+ , como la mayor parte de las aguas naturales presentan valores de pH entre 6 y 9, la principal especie que contiene H_2CO_3 en este intervalo es el HCO_3^- , la alcalinidad se equipara a la concentración de bicarbonato (Pérez & Torres, 2008).

El tratamiento que se da al agua en instalaciones petroleras se las denomina planta de tratamiento de aguas y estos dependerán del tipo de agua empleada y de las características del yacimiento a ser sometida la inyección, en las cuales se deben tener en cuenta los

valores de calidad final a partir de su calidad inicial; que no es más que la cantidad de sólidos suspendidos, el número de bacterias presentes y su tendencia a ser corrosiva o incrustante. El número de controles que se deben hacer para mantener un buen estado de equipos o calidad de agua es diario en las zonas más problemáticas del campo como separadores, tanques, líneas etc. (Izquierdo *et al.*, 2008).

En la actualidad, existen dos productos químicos que se utilizan para el proceso de coagulación en países en vías de desarrollo: 1) El sulfato de aluminio y 2) El cloruro férrico (Lédo *et al.*, 2009). Sin embargo hoy en día es posible encontrar estudios en donde evalúan el uso de coagulantes naturales como el quitosano (Romero *et al.*, 2016), el Balso Blanco (*Malvaviscus arboreus*), Malvavisco (*Heliocarpus popayanensis*), Cactus trepador (*Hylocereus undatus*) (Ramírez *et al.*, 2011), algarrobo (*Hymenaea Courbaril*) (Mas *et al.*, 2012) y *Moringa oleifera* (Mendoza *et al.*, 2000). Dichas estudios contemplan el uso de especies de plantas como una alternativa para el tratamiento tanto de agua potable como residual.

El objetivo de este ensayo en laboratorio fue evaluar la eficiencia del polielectrolito en la remoción de alcalinidad total en una muestra de agua industrial tratada y compararla con la eficiencia de un producto químico comercial llamado Ultra-floc.

Materiales y métodos

Toma de muestras

El ensayo de laboratorio se realizó con una muestra de agua industrial proveniente de un proceso de tratamiento para mejorar el índice de calidad de agua para inyección en yacimientos de hidrocarburos.

Preparación del polielectrolito y el Ultra-floc

El polielectrolito utilizado se consiguió de cultivos naturales encontrados en el casco urbano de la ciudad de Neiva en un pequeño cultivo con el que cuenta la Universidad Surcolombiana. Para la preparación de la dosis del polielectrolito se requirió 25 gramos de semilla de moringa las cuales fueron peladas y trituradas hasta obtener un polvo fino color crema. El polvo fino (250 mg) se disolvió en 1000 ml de agua destilada para trabajar con una solución al 0,1%. El producto químico utilizado llamado Ultra-floc, fue suministrado por la Empresa de Aguas Públicas, Las Ceibas. Para la preparación de la dosis del Ultra-floc, se requirió 10 mg que posteriormente se disolvieron en 1000 ml de agua destilada para trabajar con una solución al 1%.

Ensayo de jarras y parámetros físicoquímicos

Para este ensayo se tomaron muestras de agua industrial tratada en recipientes de 500 ml cada uno, el cual se le adicionaron 4 volúmenes

diferentes de 10, 50, 100 y 130 mL de polielectrolito y 2, 5, 10 y 13 mL de Ultra-floc con tres replicas cada una. Se utilizó un equipo de test de jarras equipado con 6 paletas giratorias trabajando al tiempo 6 recipientes 10, 50 y 100 ml de polielectrolito y 2, 5 y 10 ml de Ultra-floc; se realizó una segunda prueba en el cual se aumentó a 130 ml de polielectrolito y 13 ml de Ultra-floc. La mezcla rápida fue a 211 rpm durante 1 minuto y la mezcla lenta fue a 30 rpm durante 10 minutos, con un tiempo de sedimentación de 15 minutos. Posteriormente las muestras se almacenaron por 7 días. Pasado los 7 días se realizó la prueba de alcalinidad total de las muestras mediante volumetría, así como la determinación de pH.

Resultados

Las muestras que contenían el extracto con Moringa Oleifera presentaron un pH de 6,5 a 6,7. Mientras que las muestras que contenían el producto comercial Ultra-floc presentaron un pH de 6,6 a 6,7.

Con respecto a la alcalinidad dichos valores estuvieron para el caso del extracto de Moringa oleifera entre 19 y 75 mg CaCO_3/L , mientras que para las muestras tratadas con el productor comercial Ultra-floc estuvieron entre 16 - 20 mg CaCO_3/L (Figura 1).

Se evidenció mayor eficiencia en la remoción de alcalinidad total con la muestra M100 que con la muestra U13. Mientras que en la muestra M130 la eficiencia de remoción fue la más baja.

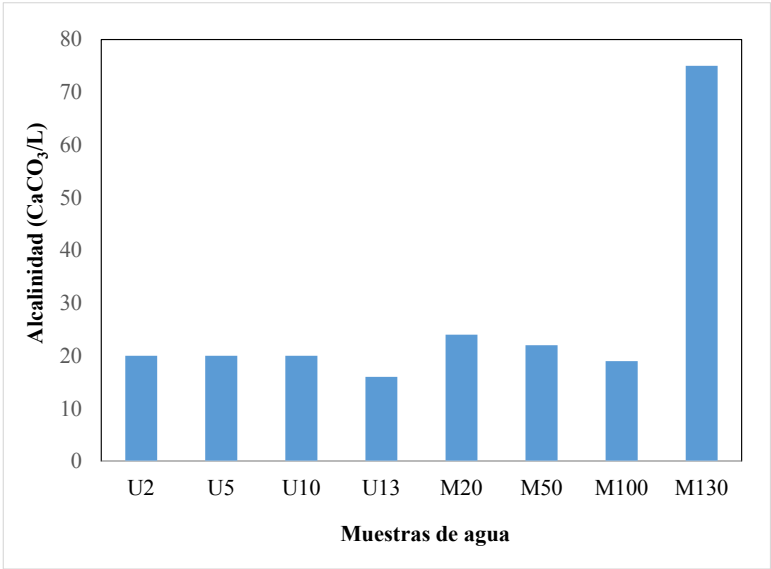


Figura 1. Valores de alcalinidad en muestras de agua industriales tratadas con: U2= 2 mL de Ultra-floc, U5= 5 mL de Ultra-floc, U10= 10 mL de Ultra-floc, U13= 13mL de Ultra-floc, M20= 20 mL de *Moringa oleifera*, M50= 50mL de *Moringa oleifera*, M100= 100 mL de *Moringa oleifera* y M130= 130 mL de *Moringa oleifera*.

Discusión

El polielectrolito de moringa presenta efectos de remoción de alcalinidades óptimas con 100 ml de la solución del electrolito a una concentración de 0,025 %, sin embargo, el Ultra-floc presenta una mayor eficiencia de remoción que el polielectrolito de moringa, una vez que esta generó una remoción de alcalinidad total con 13 ml de solución preparada a una concentración de 0,001 % en aguas para inyección en yacimiento de hidrocarburos.

El polielectrolito de semilla de *M. oleifera* presenta una menor eficiencia de remoción de alcalinidad total comparada con Ultra-floc, sobre las aguas para inyección en yacimiento de hidrocarburos.

Las propiedades de coagulación del extracto de semilla de moringa se justifican por la presencia de proteínas catiónicas diméricas solubles en agua que son capaces de adsorber surfactantes. Se demuestra que la eficiencia de la interacción

coagulante-surfactante depende de la dosis de coagulante, la carga electrostática y la concentración de surfactante (Beltrán-Heredia & Sánchez-Martín, 2009).

Agradecimientos

Los autores de este artículo agradecen al Ingeniero Químico y Especialista Jaime Rojas Puentes, profesor de la Universidad Surcolombiana, por sus enseñanzas y acompañamiento, y a la batería central de ECOPETROL "Los manguitos" en el municipio de Yaguará – Huila, por permitirnos realizar este tipo de análisis que contribuirá al mejoramiento del medio ambiente y al uso efectivo de las aguas.

Referencias Bibliográficas

Beltrán-Heredia, J. & J. Sánchez-Martín. 2009. Removal of sodium lauryl sulphate by coagulation/flocculation with *Moringa oleifera* seed extract. Journal of Hazardous Materials. 164: 713-719.

Ghebremichael, K.A. 2004. Moringa seed and pumice as alternative natural materials for drinking water treatment. PhD dissertation, Royal Institute Technology (KTH), Stockholm, Sweden. 70 pp.

Goyenola, G. 2007. Red de Monitoreo

Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos. RED MAPSA. <http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb>.

Izquierdo, J.L., R.F. Vélez, C.A. Game. 2008. Manual para el procesamiento de agua de inyección en un campo petrolero. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Espol. 8 pp.

Lédo, P., R. Lima., J. Paulo. & M. Duarte. 2009. Estudio Comparativo de Sulfato de Aluminio y Semillas de *Moringa oleifera* para la Depuración de Aguas con Baja Turbiedad, Información Tecnológica. 5: 52-62.

Mendoza, I., N. Fernández., G. Ettiene. & A. Díaz. 2000. Uso de la *Moringa oleifera* como coagulante en la potabilización de las aguas. Ciencia. 8(2): 235-242.

Mas, M., D. Martínez., S. Carrasquero., A. Rincón. & L. Vargas. 2012. The Efficiency of *Hymenaea Courbaril* seeds as a natural coagulant in the water clarification process. Ciencias Exactas, Naturales y Agropecuarias. 12: 123-128.

Pérez, A. & P. Torres. 2008. Índices de alcalinidad para el control del tratamiento anaerobio de aguas residuales fácilmente acidificable. Ingeniería y Competitividad. 10: 41-52.

Ramírez, L., J. Suárez. J. & Ramírez, 2011. Evaluación de las propiedades floculantes de

Malaviscus arboreus, *Heliocarpus popayanensis* e *Hylocereus undatus* para clarificación de aguas. Revista de Investigación Agraria y Ambiental. 2 (2): 33-42.

Ramos, P.P. 2013. El uso de *Moringa oleifera* como material natural para el tratamiento del agua potable en países en vía de desarrollo. Yachana. 2: 243-246.

Romero, R. 1989. Transferencia de metales en pacientes sometidos a hemodiálisis en hospitales de Maracaibo. 118 pp.

Romero, I.M., Y. Pérez., C.C. Silveira. & M. Ferreira. 2016. Eliminación de partículas similares a *Cryptosporidium ooquistes* por filtración directa ascendente utilizando un coagulante natural: estudio a escala piloto. Revista de Investigación Agraria y Ambiental. 7 (2): 15-24.

Estrategias para mitigar el impacto socio-ambiental por la invasión de predios en la ZMPA de la quebrada Trompeta ubicada en la localidad Ciudad Bolívar-Bogotá

Normin Soley Cabrera Barreiro¹

Resumen

La Quebrada Trompeta ubicada en el sector oriental de la ciudad de Bogotá cuenta con una zona destinada al manejo y protección ambiental que busca promover el mejoramiento y aprovechamiento de la oferta natural en espacio público y el paisajismo. Sin embargo esta zona ha sido intervenida en los últimos años de manera desordenada, lo que motivó el desarrollo del presente documento en el cual se muestran los resultados de una investigación de tipo cualitativo descriptivo bajo el método de Investigación Acción (IA). El objetivo general de la presente investigación es proponer una estrategia socio-educativa que permita sensibilizar a la comunidad acerca de la necesidad de mitigar y prevenir el deterioro ambiental presente en la Zona de Manejo y Preservación Ambiental (ZMPA) de la Quebrada Trompeta, causado por actividades antrópicas generadas debido a la invasión de predios.

Palabras Claves: Quebrada Trompeta, Zona de Manejo, social, impacto ambiental, ecosistema, estrategias.

¹ Ingeniera Ambiental, Especialista en Gestión Ambiental, correo: nscabrera@misena.edu.co

Abstract

The Trompeta Gorge located in the eastern sector of the city of Bogotá has an area for environmental management and protection that seeks to promote the improvement and use of the natural offer in public space and landscaping. However, this area has been intervened in recent years in a disorderly manner, which led to the development of this document in which the results of a descriptive qualitative research are shown under the Action Research method (AI). The general objective of the present investigation is to propose a socio-educational strategy that allows sensitizing the community about the need to mitigate and prevent the environmental deterioration present in the Environmental Management and Preservation Zone (ZMPA) of the Trompeta Gorge, caused by anthropic activities generated due to the invasion of properties.

Keywords: Trumpet Creek, Management Zone, social, environmental impact, ecosystem, strategies.

Introducción

El ser humano con cada acción y decisión que realiza dentro de su hábitat, inevitablemente genera cambios en su entorno y ecosistema, debido a que en la mayoría de los casos introduce elementos externos que de una u otra forma alteran los allí existentes (Morgan, 2012).

El resultado de estas alteraciones a los ecosistemas produce una ruptura o desequilibrio entre la interacción de los sistemas socio-cultural y natural, ocasionando un deterioro en el ambiente, calidad de vida y bienestar social (Naidoo *et al.*, 2008)

Al detectar que esta situación se presenta de manera cada vez más recurrente y progresiva dentro de las Zonas de Manejo y Preservación Ambiental de las quebradas de Bogotá, surge la iniciativa de enfocarse en una de ellas, llegando a seleccionar la quebrada Trompeta ubicada en el sector oriental de la ciudad dentro de la localidad diecinueve (19) Ciudad Bolívar, para crear estrategias educativas que permitan sensibilizar a las comunidades, además de tratar las razones que conllevan a las personas a la construcción de viviendas en la zona de preservación de la quebrada.

Pese a que se consultaron antecedentes a nivel nacional, es importante desarrollar estas estrategias de mitigación y/o prevención de impacto ambiental como propuestas de educación ambiental a nivel local debido a que está basada en el diagnóstico y análisis generado sobre la quebrada Trompeta y al desarrollo de actividades como visitas de campo que incluyen registros fotográficos y entrevistas abiertas a la población directamente afectada dentro de la Zona de Manejo y Preservación Ambiental, lo cual permite detectar el punto de vista de esta población además de las necesidades específicas del sector que permitan generar cambios y acciones que mitiguen, restauren, protejan, conserven las quebradas en los ámbitos socio-culturales y naturales.

Materiales y métodos

Área de estudio: La investigación se realizó en la quebrada Trompeta la cual se encuentra ubicada en la ciudad de Bogotá hacia el sector oriental de la localidad diecinueve (19) Ciudad Bolívar.

Localidad Ciudad Bolívar: Está ubicada al sur de la ciudad y limita al norte con la localidad de Bosa; al sur con la localidad de Usme; al oriente con la localidades de Tunjuelito y Usme; y al occidente, con el municipio de Soacha. La localidad tiene una extensión de 12.999

hectáreas de las cuales 3.391 ha componen el área urbana, con 326 barrios, y 9.608 ha el área rural, con 9 veredas. La altura de la localidad está estimada entre 2.400 y 3.100 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). Su temperatura promedio es de catorce grados centígrados (14° C).

Quebrada Trompeta: Nace en las laderas de los cerros surorientales de Bogotá en la vereda Mochuelo Bajo, en una cota de 2800 msnm en el alto de Los Ajos, está delimitada al oriente por el cerro Doña Juana, al sur por la línea divisoria de aguas de la quebrada Mochuelo y al occidente con la quebrada Limas, su cuenca es de 515 hectáreas y abarca una longitud de 5,2 km, cuya pendiente es escarpada. Se extiende a través de la UPZ 68 El Tesoro. Pierde su cauce en el muro de la empresa Cemex en la Avenida Boyacá. Dentro de sus suelos sobre la parte media y alta de la cuenca de la quebrada se encuentran materiales arcillosos y arenas que son extraídos de manera rudimentaria para ser utilizados en la fabricación de ladrillos. Dentro del componente Geológico de la quebrada se presentan "rocas detríticas de origen sedimentario y rocas estratificadas del Cretácico y Terciario.

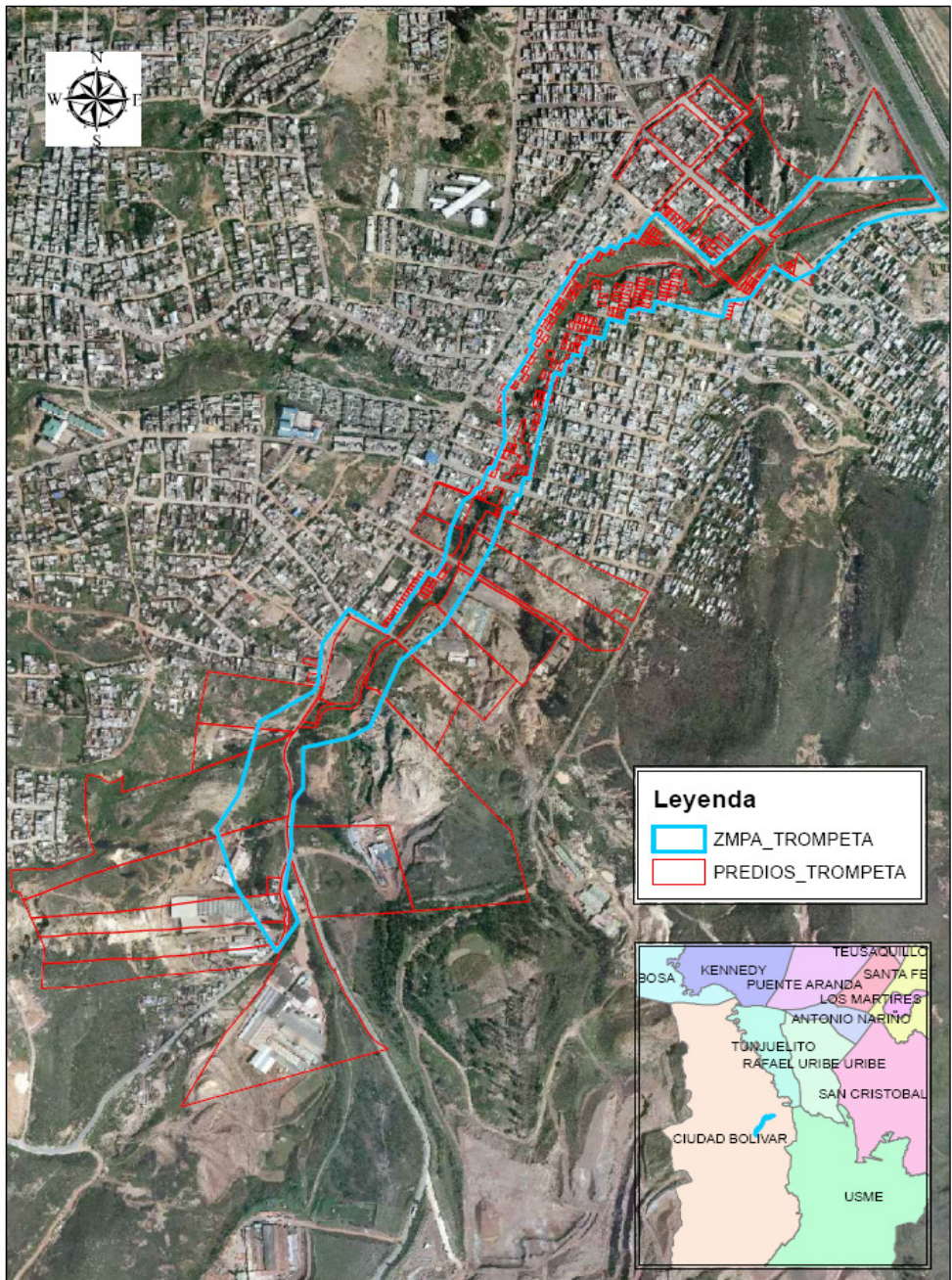


Figura 1. Mapa de localización de la ZMPA

Técnicas de recopilación de la información elegidas:

1. Técnica por observación: en ambiente físico (entorno), social y humano, actividades individual y colectivas, hechos relevantes.
2. Técnica por entrevistas:
3. Técnica por recopilación fotográfica: individuales, grupal.

Resultados

Producto de la investigación se logró determinar que dadas las dinámicas de ocupación urbana especialmente informales de las rondas de ríos y quebradas, establecidas como zonas no habitables de riesgo en las cuales se ha desarrollado parte del Distrito Capital, existe una condición de profunda alteración en las condiciones hidrológicas (referente al agua), hidráulicas (referente al agua en función de sus propiedades específicas) y ecosistémicas de los corredores ecológicos de ronda por la presión urbana que sobre los mismos se presenta y que generan condiciones de vida altamente vulnerables para los asentamientos humanos de estos corredores.

Posterior a esta determinación se establece que el primer paso para procurar restablecer el funcionamiento ecosistémico de estos corredores ambientales se ve representado en la identificación

de estrategias que conlleven a la mitigación y/o prevención del impacto socio-ambiental ocasionado por la invasión de predios en la Zona de Manejo y Preservación Ambiental - ZMPA de la quebrada Trompeta ubicada en la localidad Ciudad Bolívar de Bogotá, dichas estrategias de mitigación y/o prevención requieren estar enfocadas desde diversos componentes o medios como lo son el medio físico (eco sistémico), medio socioeconómico y político.

Por tal motivo las estrategias que se plantean a continuación se formulan desde una visión holística de la gestión ambiental fundamentada a partir de la experiencia académica durante la carrera profesional de cada investigador.

Estrategia medio socioeconómico

Dentro del medio socioeconómico se encuentran diversos componentes como la salud, el empleo, la cultura ciudadana, la economía, el trabajo de la comunidad, la ética y valores sociales, la educación ambiental entre otros, siendo este último componente al cual se enfocará esta estrategia de mitigación y/o prevención del impacto socio-ambiental generado, debido a que a través de la educación ambiental como base de desarrollo de una comunidad se logra intervenir los otros componentes mencionados.

Esta estrategia está basada en el planteamiento del modelo de una cartilla educativa para la sociedad, debido a las situaciones e información analizada producto de la investigación, se considera de vital importancia, contemplarla en medios de comunicación y divulgación para las personas que se encuentren dentro, próximas y en general a la comunidad que rodea la zona de estudio; dicha cartilla aprecia la sensibilización sobre la importancia y necesidad de la mitigación y prevención del deterioro ambiental por causa de la invasión de construcciones y acciones antrópicas sobre la ZMPA de la Quebrada Trompeta, los cuales hoy son delimitados por el corredor ecológico de ronda definido legalmente para cada cuerpo de agua.

El desarrollo del modelo planteado de la cartilla brinda intervención social y técnica para la protección, conservación, mitigación y restauración de los ecosistemas, medios sociales y ambientales presentes en la zona de estudio, debido a que forjará un plan de contingencia contra las acciones antrópicas detectadas durante la investigación.

Como etapa inicial la cartilla se convertirá en una herramienta de prevención, dado que permitirá conocer las condiciones iniciales de la quebrada Trompeta especialmente la de los predios que invaden la Zona de Manejo y Preservación Ambiental

(ZMPA) exponiendo conjuntamente la normatividad ambiental vigente en relación a los recursos hídricos; con ello se implementan acciones que se adelanten a la ocurrencia de posibles riesgos, evitando catástrofes económicas, físicas y ambientales como cuando se derrumba una construcción ubicada dentro de la ZMPA, cuyos escombros caen al cauce hídrico de la quebrada, deteriorando de esta forma todos los componentes ambientales, físicos y sociales presentes en la zona.

Con la cartilla como propuesta ambiental que brinda solución al problema investigado se establece que por medio de la misma se logre una recuperación integral tanto para la quebrada Trompeta como área de investigación así como para todas las quebradas que se encuentran en las mismas condiciones, determinando entre otros campos de acción a mejorar los siguientes componentes:

Componente abiótico: Debido a la determinación de vertimiento de residuos industriales por parte de las ladrilleras situadas en la parte alta de la quebrada hacia su origen.

Componente biótico: Al establecer construcciones y desvíos del cauce de la quebrada se genera un bloqueo en el tránsito no solo de la parte hídrica de la quebrada sino de la vegetación presente en la misma, dada por variables como la ecología del paisaje, conectividad ecológica y regeneración de capas vegetales afectadas.

Componente político administrativo: Falencia en la presencia de equipos profesionales, técnicos y educativos que requieran responsabilidad social, ambiental y acciones de políticas populares internas en la comunidad.

Componente ecológico: Requiere restaurar ambiental y ecológicamente la zona de estudio afectada por acciones antrópicas.

Componente cultural y socioeconómico: Posibilidad de generar opciones de empleo por medio del reconocimiento económico de la responsabilidad y actividades en pro de la recuperación, restauración y mantenimiento del medio ambiente y los ecosistemas que lo componen.

Con la determinación inicial de estos componentes mediante el diseño del modelo de una cartilla educativa como propuesta de gestión ambiental se determina que se pueden establecer otros parámetros preventivos como la ubicación y señalización de zonas vulnerables, se recomienda diseñar programas de protección ambiental donde se trabaje por la apropiación del territorio en búsqueda de una mejora de la calidad de vida de los habitantes y el cuidado del entorno.

Previo a la determinación del modelo de la cartilla como propuesta ambiental que brinde solución a la problemática objeto

de estudio, se realizaron trabajos de campo con actividades como encuestas a la comunidad con el fin de evaluar la aceptación de la cartilla como herramienta socio-educativa y su efectividad en el proceso de sensibilización, en conjunto con el registro fotográfico de las condiciones de la zona y de las construcciones sobre la ZMPA, se establece que se pueden generar con la comunidad controles de riesgo mediante el planteamiento y puesta en marcha de operativos que busque minimizar las amenazas, riesgos y situaciones de vulnerabilidad mediante acciones de prevención, como alertas tempranas ante cualquier eventualidad que afecte contra la integridad de la comunidad y/o del medio ambiente.

Estrategia medio físico

Como complemento de la estrategia orientada al medio socioeconómico desde el punto de vista de la educación socio ambiental se plantea la siguiente estrategia para mitigar los impactos generados sobre el medio físico – ecosistémico evidenciado dentro de la Quebrada Trompeta.

Concertar con la comunidad residente de la zona actividades de reforestación sobre la zona, creando surcos lineales con especies nativas e inclusión de frutales a fin de colaborar con la alimentación y atracción de la fauna del sector.

Alefectuar esta estrategia se genera una mitigación sobre el impacto físico-ecosistémico generado debido a que impone una gran diferencia en la calidad de vida de las personas próximas a la quebrada, es importante que a través de esta estrategia la comunidad participe de estas actividades adopte por medio de las mismas el enfoque ecosistémico como el medio o estrategia para la gestión integrada de la tierra, los recursos vivos y el agua para promover la conservación y uso sostenible de forma equitativa.

Dada la naturaleza del área de estudio se torna de gran importancia controlar los procesos de alteración de la calidad y cauce del recurso hídrico de la quebrada Trompeta, por lo tanto se propone la inclusión dentro de esta estrategia de tecnologías y programas comunitarios que permitan disminuir la contaminación y el desperdicio de agua. La implementación de estos programas y tecnologías mediante sistemas de tratamiento y disposición final de residuos líquidos permitirá un manejo adecuado de las aguas de origen doméstico y que actualmente se disponen directamente a la quebrada Trompeta.

Otro componente a intervenir por medio de las estrategias para el medio físico-ambiental de la quebrada, corresponde a la recolección de residuos sólidos dispuestos dentro y en los alrededores de la extensión de la quebrada Trompeta, esta estrategia se compone de la actividad

de integración a la comunidad en torno de la construcción y ubicación de canecas rotuladas y de diversos colores acordes a la normatividad actual, esto con la finalidad de realizar posteriormente campañas periódicas de recolección de residuos sólidos. Estrategia que en último lugar se enfoca en la mitigación del impacto socio ambiental generado por acciones antrópicas dentro de la ZMPA de la quebrada Trompeta a través de la creación de una conciencia ciudadana que evite la degradación ambiental mediante herramientas de prevención y control enfocadas a la sensibilización y formación ambiental para la comunidad.

Estrategia medio político

Finalmente y como complemento a las estrategias de mitigación expuestas se vincula una estrategia para el medio político con enfoque ambiental, dado que las autoridades deben contar con un mayor conocimiento de la normatividad existente a fin de poder actuar con mayor ética y rigurosidad respecto a la gestión ambiental.

Esta estrategia como propuesta de mitigación de los impactos socio-ambientales generados por la invasión de predios en la ZMPA de la quebrada Trompeta, busca establecer el apoyo e integración de empresas y entidades gubernamentales presentes tanto

en la zona de estudio como en la ciudad, a través de la creación y ubicación de oficinas zonales que brinden soluciones, apoyo y atiendan las necesidades de la comunidad respecto a la mitigación y prevención de los impactos ambientales a nivel local, apoyo e integración de empresas y entidades gubernamentales como es el caso del Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IDIGER) antes Fondo de Prevención y Atención de Emergencias (FOPAE), entidad que tiene como misión, dirigir, coordinar y orientar el Sistema Distrital de Gestión de Riesgos y promover políticas, normas, planes, programas y proyectos con el fin de reducir los riesgos para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de la población de Bogotá, la cual dentro de la zona de estudio fue delegada para emitir el Concepto Técnico de Riesgo No. 6964 de la Quebrada Trompeta, mediante el cual se establecen las condiciones sociales de las familias que habitan la ronda de la quebrada, la Caja de Vivienda Popular (CVP) como entidad autorizada para gestionar y hacer seguimiento a los procesos de reasentamiento de familias, la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (UAECD) encomendada para el reconocimiento asignación de usos y destinos prediales, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) delegada para realizar las recomendaciones técnicas sobre el manejo que se debe dar a la ZMPA y la Alcaldía de la localidad Ciudad Bolívar como ente regulador de las

acciones presentes dentro de su jurisdicción, entre otras.

Dado que actualmente la quebrada Trompeta cuenta con predios que invaden su Zona de Manejo y Preservación Ambiental (ZMPA), dentro de la estrategia del componente político se establece que las entidades mencionadas anteriormente deben incurrir en planes de reasentamiento de la población vulnerable ubicada dentro de dicha zona, teniendo presente las siguientes consideraciones, dado que el proceso de reubicación implica desplazamiento de las familias de un lugar a otro, con lo cual deben reconstruir su estilo de vida y cotidianidad, esto conlleva a una variación en los modelos de vida basados en el entorno de vecindad e interacción con los miembros de la comunidad en la que habitan y el entorno social del lugar en el que sean reubicados:

Como primera consideración a tener en cuenta para la reubicación de dichas familias, se debe asegurar la cobertura de la zona a la que van a ser reubicados respecto a educación, salud, medios de transporte, lugares de trabajo, seguridad, relaciones sociales.

El sitio elegido para la relocalización de la población deberá ser sometido a una evaluación ambiental, para evitar casos en los que nuevamente se tuviesen que reubicar por problemas ambientales como ya sucedió dado lo expresado por la

comunidad que reside en la zona de estudio de esta investigación.

Dentro de esta estrategia político ambiental que busca mitigar y prevenir el impacto ambiental sobre la quebrada Trompeta realizando la reubicación de las familias presentes en la zona objeto de estudio a través de la integración entre instituciones, se establece dentro de las consideraciones y como marco final de la reubicación de los habitantes dentro de la ZMPA de la quebrada Trompeta un componente legal que garantice la seguridad jurídica a través de la escrituración de la propiedad a cada familia reubicada, para que no tengan que reincidir en la invasión de estas zonas para asegurar un espacio habitable.

Discusión

Después de explorar las causas sociales, culturales y políticas que originaron la situación de degradación ambiental actual en la ZMPA de la Quebrada Trompeta, se determinó que las partes involucradas dentro de la problemática, tanto las comunidades que habitan la zona, el Estado y el Distrito como entes reguladores, tienen responsabilidad directa sobre esta.

En primera instancia los habitantes del sector no conocen claramente la normatividad que rige estas zonas de manejo especial, además algunos fueron reubicados allí sin contar con que posterior a su asentamiento

se realizaría un estudio técnico que determinaría que en ese lugar la amenaza por inundación y deslizamientos constituirían un riesgo inminente. En segundo lugar el Estado y el Distrito cuentan con un gran compendio de normas que muchas veces resultan ambiguas y además en ciertos casos los entes de control y vigilancia no actúan de manera efectiva e integrada para prevenir los problemas ambientales actuales.

Luego de analizar el impacto ambiental negativo que han tenido las acciones antrópicas, para el caso la invasión de predios y contaminación por residuos, sobre la Zona de Manejo y Preservación Ambiental (ZMPA) de la Quebrada Trompeta, se diagnostica que la generación de futuras estrategias socio-educativas para la comunidad deben disponer de forma clara los conceptos de relevancia para la comprensión de la problemática y la importancia de la puesta en práctica de las recomendaciones que en estas tengan lugar para la rehabilitación y protección del entorno que habitan, siendo fundamentales para el éxito de todas estas estrategias el apoyo y acompañamiento de los entes reguladores.

Se resolvió que el planteamiento de las estrategias indicadas permitirá a la comunidad y entidades locales, mitigar y prevenir el deterioro ambiental dentro de la Quebrada Trompeta generado a causa de

actividades antrópicas producidas por la invasión de predios, además de sensibilizar a la comunidad sobre la importancia de proteger estas áreas de manejo especial.

La problemática examinada mediante este proyecto de investigación refleja que una solución definitiva que permita restaurar, mitigar, proteger y conservar la Zona de Manejo y Preservación Ambiental (ZMPA) de la Quebrada Trompeta, requiere de la correcta articulación con otros componentes interdisciplinarios como: legislativo, económico, político, educativo, ecológico, cultural, ético y social; pues las estrategias planteadas buscan que todos los entes involucrados participen de manera activa y sistémica con el fin de crear y sostener programas similares que permitan la rehabilitación y protección de la zona de estudio.

Posterior al reasentamiento de las familias generar un acompañamiento social para que no se vean afectadas por la reubicación. Establecer una vigilancia constante e integrada entre entidades y la comunidad para evitar futuros problemas de invasiones y deterioro de la ZMPA de la quebrada Trompeta. Sumar a estas estrategias otras similares que permitan continuar con el proceso de mitigación y prevención del deterioro ambiental en la Zona de Manejo y Preservación Ambiental de la Quebrada Trompeta.

Implementar el uso de las tecnologías de información geográfica para promover la integración de la información capturada en terreno con la ubicación espacial de la misma sobre cartografía, que facilite el análisis de los datos optimizando la toma de decisiones a nivel de desarrollo territorial promoviendo las buenas prácticas ambientales.

Agradecimientos

El autor agradece a la comunidad de la zona de influencia por la disponibilidad de tiempo y en la recolección de la información. Así mismo al Centro Agroempresarial y Desarrollo Pecuario del Huila y a su programa Sennova por el espacio para poder publicar este trabajo.

Referencias Bibliográficas

COLOMBIA. Alcaldía Mayor De Bogotá. Decreto 190. (22 de Junio de 2004). Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. [Citado el 15 de Octubre de 2015]. Disponible en internet: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=13935>>.

COLOMBIA. Secretaria Distrital de Ambiente. Resolución 2518. (29 de agosto de 2007). Por medio de la cual se adopta el acotamiento de la zona de ronda hidráulica de las quebradas el infierno, el zanjón del recuerdo, la trompeta y se toman otras determinaciones. [Citado el 15 de Octubre de 2015].

Empresa de acueducto de Bogotá, 1990. Sobre el Análisis y solución de Algunas Rondas de Cauces y Canales de Bogotá. Bogotá, 1990, p. 12.

Sauvé, L. 2004. Una cartografía de corrientes en educación ambiental. Canadá, 22 pp.

Mouthon, F., B.A. Blanco., B. Acevedo., & J. Miller. 2002, Manual de evaluación de estudios ambientales, Investigación, compilación y edición: [file:///C:/users/admin/downloads/articulo%20cartilla%204%20manual%20de%20evaluaci%20n%20de%20estudios%20ambientales%202002%20\(1\).Pdf](file:///C:/users/admin/downloads/articulo%20cartilla%204%20manual%20de%20evaluaci%20n%20de%20estudios%20ambientales%202002%20(1).Pdf)

Morgan, R.K. 2012. Environmental impact assessment: the state of the art Impact Assessment and Project Appraisal, 30: 5-14.

Naidoo, R., A. Balmford. R. Costanza., B. Fisher., R.E. Green. & B. Lehner. 2008. Global mapping of ecosystem services and conservation priorities Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., 105. pp. 9495-9500

