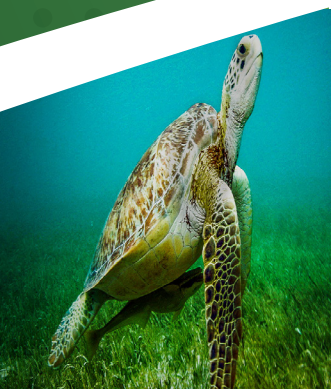




ISSN 2539-0562

Revista
de Investigación Agropecuaria
y Desarrollo Sostenible



Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
Centro Agroempresarial y Minero
Regional Bolívar



SENNOVA

Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación



Revista
de Investigación Agropecuaria
y Desarrollo Sostenible



Equipo Directivo

Carlos Mario Estrada Molina
Director General del SENA

Farid de Jesus Figueroa Torres
Director de Formación Profesional

Emilio Eliecer Navia Zúñiga
Cooordinador Grupo de Investigación, Innovación
y Producción Académica. Dirección de Formación
Profesional

Jaime Torrado Casadiegos
Director Regional Bolívar

Bibiana Cecilia Pinto Tovar
Subdirectora
Centro Agroempresarial y Minero

Guido del Carmen Zúñiga Ospino
Coordinadora Misional
Centro Agroempresarial y Minero

Omaira Miranda Macias
Coordinadora Académico
Centro Agroempresarial y Minero

Sandra Patricia Torres Benavides
Coordinadora de programas especiales

William Ruidíaz Rodríguez
Líder Sennova

Juliana Aguilar Medina
Director de Grupo de Investigación GIBIOMAS

Comité Científico Externo

Donicer Montes Vergara PhD
Doctor en Genética y Mejoramiento Animal. Unesp (SP). Brasil.
Universidad de Sucre, Colombia

Eder Dadner Durango Ballesteros PhD
Doctor en Biotecnología Agrícola, Mención Vegetal
Ingeniero Agrónomo
Grupo de Investigación GIBIOMAS
SENA Centro Agroempresarial y Minero

Piedad A. Franco Anaya Esp. MSc
Especialista en Aseguramiento de la Calidad Microbiológica de los Alimentos.
Magister en Administración con Especialidad en Sistemas Integrales de Gestión de
Calidad, Seguridad, Medio Ambiente.
Grupo de investigación en Microbiología y Ambiente (GIMA)
Universidad de San Buenaventura, Cartagena – Colombia.

Marco Eliecer Anaya Romero MSc PhD (c)
Candidato a Doctor en Ciencias y Tecnologías Marinas
Universidad de Cádiz - España.
Magister en Genética.
Universidad Simón Bolívar, Barranquilla – Colombia.

Yenifer Olivo Martínez Bact. MSc
Magister en Bioquímica Clínica
Universidad de San Buenaventura, Cartagena – Colombia.
Corporación para el desarrollo de la Investigación en Biomedicina & Biotecnología.
Grupo de investigación traslacional en Biomedicina & Biotecnología (GITB&B),
Cartagena – Colombia.

Comité Editorial

Bibiana Cecilia Pinto Tovar
Directora de la Revista

José Gómez Caraballo
Coordinador de la Revista

Mauricio E. Orozco-Ugarriza
Editor Científico

Luis Fernando Morris Navarro
Gestión Editorial

William Ruidíaz Rodríguez
Gestión Editorial

Guido Del Carmen Zúñiga Ospino
Gestión Editorial

Contacto Editorial

Mauricio E. Orozco-Ugarriza
Editor Científico Revista RIASD
Sena Regional Bolívar.
Centro Agroempresarial y Minero, Cartagena.
Email: revistacaymbol@sena.edu.co
Email: morozcou@sena.edu.co
Email: orevistariadssena@gmail.com

Datos de Contacto

Dirección de Correspondencia

Sena Regional Bolívar. Centro
Agroempresarial y Minero, Cartagena.
Ternería Km 1 Vía Turbaco. Bolívar,
Colombia.
Teléfono: +57 (5) 653 9040.
Email: revistacaymbol@sena.edu.co

Tabla de Contenido

Editorial

- » **PRESENTACIÓN EDITORIAL REVISTA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA Y DESARROLLO SOSTENIBLE.**
Bibiana Cecilia Pinto Tovar.7
- » **RECOMENDACIONES PARA ESCRIBIR UN ARTÍCULO CIENTÍFICO: PRINCIPIOS Y ESTRUCTURA GENERAL.**
Mauricio E. Orozco - Ugarriza.8

Artículo Original

- » **EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA AL ESTRÉS SALINO EN ÑAME ESPINO (*Dioscorea rotundata* Poir.), CULTIVAR BOTÓN.**
Eder Durango Ballesteros, Carlos Durango Ballesteros. 10
- » **VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA ANALÍTICA PARA LA DETERMINACIÓN DE DQO EN AGUA NATURAL Y RESIDUAL POR LOS MÉTODOS COLORIMÉTRICO Y TITULOMÉTRICO (REFLUJO CERRADO).**
Carlos Burgos Galeano, Never Hernández Begambre, Paula Estrada Palencia. 18
- » **BENEFICIOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y AMBIENTALES EN EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.**
Cristian Fernando Hernández Núñez.30
- » **EFICIENCIA DEL APOORTE DIRECTO DE HOJARASCA EN EL INCREMENTO DE Carbono Orgánico (CO) EN SUELOS URBANOS.**
Sandra Marcela Castañeda Rodríguez, Daniela Arias Giraldo, Sandra Milena Zambrano Cantillo.36

Artículo de Revisión

- » **EFFECTO DE LA SEDIMENTACION EN EL DESARROLLO DE LOS ARRECIFES CORALINOS.**
Yasser Romero Hernández.42

Table of Contents

Editorial

- » EDITORIAL PRESENTATION JOURNAL OF AGROPECUARY RESEARCH AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT.
Bibiana Cecilia Pinto Tovar.7
- » RECOMMENDATIONS FOR WRITING A SCIENTIFIC ARTICLE: "PRINCIPLES AND GENERAL STRUCTURE".
Mauricio E. Orozco - Ugarriza.8

Original Research

- » EVALUATION OF THE RESPONSE TO THE SALINE STRESS IN ÑAME ESPINO (*Dioscorea rotundata* Poir.), CULTIVARS BUTTON
Eder Durango Ballesteros, Carlos Durango Ballesteros.10
- » VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA ANALÍTICA PARA LA DETERMINACIÓN DE DQO EN AGUA NATURAL Y RESIDUAL POR LOS MÉTODOS COLORIMÉTRICO Y TITULOMÉTRICO (REFLUJO CERRADO).
Carlos Burgos Galeano, Never Hernández Begambre, Paula Estrada Palencia.18
- » BENEFITS ECONOMIC, SOCIAL AND ENVIRONMENTAL IN THE RECOVERY OF MUNICIPAL SOLID WASTE
Cristian Fernando Hernández Núñez.30
- » EFFICIENCY OF THE DIRECT CONTRIBUTION OF HOJARASCA IN THE INCREMENT OF ORGANIC CARBON IN URBAN SOILS. EFFECTS OF SEDIMENTATION ON THE DEVELOPMENT OF THE CORAL REEF
Sandra Marcela Castañeda Rodríguez, Daniela Arias Giraldo, Sandra Milena Zambrano Cantillo.36

Reviews Article

- » EFFECTS OF SEDIMENTATION ON THE DEVELOPMENT OF THE CORAL REEF
Yasser Romero Hernández.42

Presentación Editorial

Revista de Investigación Agropecuaria Y Desarrollo Sostenible - RIADS.

En la presentación del primer número de la Revista de Investigación Agropecuaria y Desarrollo Sostenible - RIADS decíamos que *“La investigación, día a día toma cada vez más relevancia en cada uno de los ámbitos de la sociedad”,* que *“El verdadero progreso de un país se encuentra ligado al conocimiento que desarrolla y de cómo ese conocimiento puede contribuir de manera integral en el mejoramiento de la calidad de vida de las personas”.*

Hoy dos años después del inicio de este proyecto editorial, con la presentación del número correspondiente al año 2018, podemos decir que el Centro Agroempresarial y Minero regional SENA Bolívar, contribuye de manera significativa y coherente a la consolidación de los anteriores planteamientos, precisamente lo hace a través de este proyecto editorial, el cual día a día se constituye como una herramienta para el aprovechamiento, gestión y difusión del trabajo investigativo institucional.

La presente edición de la Revista de Investigación Agropecuaria y Desarrollo Sostenible - RIADS, reúne una variada selección de temas y recoge contribuciones de estudios realizados por investigadores nacionales, que realizan sus actividades de investigación y docencia en instituciones públicas o privadas en las que se reconoce la importancia de la investigación, entre ellas la familia SENA, artículos con los cuales nos proponemos abrir un espacio para el debate y la reflexión académica, con cinco (5) trabajos de investigación, que representan un aporte valioso para la divulgación y circulación del conocimiento especializado, relacionado con las líneas de investigación de *Agroindustria, Biotecnología, Gestión ambiental, Control de calidad y Validación de métodos.*

La sección de artículos originales incluye cuatro interesantes investigaciones, bajo los títulos *“Evaluación de la respuesta al estrés salino en ñame espinoso (Dioscorea rotundata Poir.), cultivar botón”.* *“Validación de la metodología analítica para la determinación de DQO en agua natural y residual por los métodos colorimétrico y titulométrico (reflujo cerrado)”.* *“Beneficios económicos, sociales y ambientales en el aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos”.* *“Eficiencia del aporte directo de hojarasca en el incremento de Carbono Orgánico (CO) en suelos urbanos”.* Además, este número cuenta con una revisión temática sobre la problemática relacionada con *“El efecto de la sedimentación en el desarrollo de los arrecifes coralinos”, contextualizado al caso del mar Caribe Colombiano.*

Nuevamente, agradezco a todos los autores que enviaron y sometieron sus manuscritos a nuestro proceso editorial, a los pares evaluadores externos por su revisión oportuna, imparcialidad y rigor, a los miembros del comité científico y editorial por su excelente colaboración en la gestión de este proyecto editorial. A partir de este momento, los lectores tienen la palabra sobre el contenido de la revista y les agradeceremos sus comentarios y, especialmente, el aporte de nuevos trabajos de investigación que aseguren la continuidad de nuestro proyecto editorial.

Dra. Bibiana Cecilia Pinto Tovar.

Subdirectora Centro Agroempresarial y Minero, Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, Regional Bolívar.

RECOMENDACIONES PARA ESCRIBIR UN ARTÍCULO CIENTÍFICO: PRINCIPIOS Y ESTRUCTURA GENERAL.

Mauricio E. Orozco - Ugarriza  <https://orcid.org/0000-0002-7385-0036>

Editor Científico. Revista de Investigación Agropecuaria y Desarrollo Sostenible (RIADS).

Centro Agroempresarial y Minero, Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, Regional Bolívar.

La investigación científica y la divulgación de los resultados son dos actividades complementarias, el medio tradicional para comunicar la ciencia, es el artículo científico, el cual se define como un informe escrito y publicado que describe resultados originales de una investigación. Según la Guía para la Redacción de Artículos Científicos destinados a la publicación de la UNESCO (1983) ...*“La finalidad esencial de un artículo científico es comunicar los resultados de investigaciones, ideas y debates de una manera clara, concisa y fidedigna; la publicación es uno de los métodos inherentes al trabajo científico. Es preciso establecer estrategias de publicación bien elaboradas y seguir con conocimiento de causa una serie de normas adecuadas para facilitar el intercambio entre científicos de todos los países y reducir a proporciones razonables el incremento del volumen de publicaciones”*

En resumen, el artículo científico:

- Es un informe sobre resultados de una investigación científica.
- Se refiere a un problema científico.
- Comunica los resultados de una investigación (por primera vez).
- Presenta resultados que deben ser válidos y fidedignos.
- Sirven para socializar con la comunidad académica los resultados de las investigaciones.

Existen diferentes tipos de artículos científicos, como son las críticas y reflexiones sobre opiniones de otros autores, la revisión de literatura, los artículos teóricos, los artículos metodológicos y el estudio de caso, entre otros. En esta editorial abordaremos únicamente al artículo científico original. En general, se consideran artículos originales los trabajos de investigación que validan hipótesis, comparan alternativas o llegan a resultados que incrementan el conocimiento científico.

Independiente de la tipología del documento al momento de la redacción de un artículo científico se deben tener en cuenta tres principios fundamentales: *precisión, claridad y brevedad del lenguaje.*

Precisión: “Para redactar con precisión hay que escribir para el lector”, esto hace referencia a la concisión y exactitud rigurosa en el lenguaje y estilo, empleando palabras que comunican exactamente lo que se quiere decir, por lo que se debe hacer una elección adecuada de las palabras y de los términos que se van a emplear.

Claridad: “Para comunicarse con precisión y claridad es necesario usar palabras comunes y no términos rebuscados”, esto significa que el texto se lee y se entiende rápidamente, lo que se logra cuando el lenguaje es sencillo, las oraciones están bien construidas y cada párrafo desarrolla su tema siguiendo un orden lógico y coherente.

Brevedad: “El texto innecesario desvía la atención del lector y afecta la claridad del mensaje”, esto significa incluir solo información pertinente al contenido del artículo y comunicarla con el menor número posible de palabras.

En cuanto a su estructura, generalmente los artículos científicos originales están estructurados en un orden establecido bajo el formato IMRYD, que corresponde a las iniciales de las secciones del artículo: *Introducción, Materiales y métodos, Resultados y Discusión*, el cual no es un formato de publicación arbitrario, sino un reflejo directo de la aplicación del método científico empleado durante el proceso de investigación que consiste en *Plantear y formular un problema de investigación, definir un método, presentar los resultados y discutirlos.* Las conclusiones se incluyen dentro del apartado de la discusión. Existen, además, otras secciones que no forman parte del formato de la abreviatura IMRYD, pero no por ello dejan de ser relevantes, como son: *el título,*

la información acerca del autor, el resumen y abstract, las palabras clave, los agradecimientos y otras declaraciones, y la lista de referencias bibliográficas.

Durante la redacción del artículo el autor debe tener en cuenta que “El lector no puede consultar directamente al autor para aclarar sus dudas, ni mucho menos imaginar lo que este quiso decir”, en ese sentido la redacción bajo el formato IMRYD, es una forma de organizar el trabajo científico y consiste en ofrecer al lector información básica relacionada con preguntas claves orientadoras, las cuales tendrán correspondencia a su vez con cada una de las secciones del artículo de la siguiente forma:

Introducción: ¿Por qué se ha hecho este trabajo, cual es el problema?

Material y métodos: ¿Cómo se estudió el problema?

Resultados: ¿Qué se encontró, o cuáles fueron los hallazgos?

Discusión: ¿Qué significan dichos hallazgos?

Generalmente, como estilo de redacción se utilizan apartados dentro de cada una de estas secciones para organizar mejor el contenido escrito, principalmente en las secciones de *Resultados y la Discusión*.

En un esfuerzo por presentar un enfoque simplificado para adoptar un estilo de redacción al escribir un artículo científico, recomendamos tener en cuenta los siguientes puntos clave:

- Seleccione un tipo de artículo.
- Conozca el público objetivo.
- Elija una revista.
- Conozca los requisitos de la revista y comuníquese con el editor.
- Organizar la escritura según la estructura y normas editoriales.
- Enviar a evaluación
- Esperar revisiones
- Revisar y reenviar
- Asegurar el éxito y evitar el rechazo.

Desde el rol de editor, resulta desafiante seleccionar artículos mediante el procedimiento de evaluación por pares, esto requiere la colaboración de los evaluadores para analizar las propuestas y, cuando corresponda, sugerir ajustes a los autores. Por parte de los autores, se necesita la disposición para considerar las sugerencias

que, en definitiva, están orientadas a elevar la calidad de su trabajo. En otras palabras, se trata de establecer un diálogo académico que enriquece la producción científica.

Finalmente, el conocimiento de la estructura de un artículo científico original y de los elementos que integran cada uno de sus secciones es fundamental, para todos los actores involucrados en el proceso de gestión editorial, tanto para los profesionales que se dedican a la investigación, como para aquellos que se encargan de evaluarla. por tanto, unificar la forma de redactar los artículos, destinados a comunicar los resultados, hallazgos y conclusiones de las investigaciones garantiza, entender más fácilmente las publicaciones científicas y propician que los nuevos avances científico-técnicos trasciendan al resto de la sociedad.

En ese sentido desde el comité editorial ofrecemos a los investigadores interesados en en este proyecto editorial una caja de herramientas para la redacción que le ayudaran a redactar su artículo conforme al consenso adoptado por la revista, el cual podrán consultar en:

- <https://goo.gl/ELLzWR>
- <https://goo.gl/M9o6tx>

Bibliografía

Ugarriza, Mauricio Ernesto Orozco. "La Integración Universidad-Empresa-Estado-Sociedad como modelo de desarrollo e innovación social." *Ciencia Actual* 3 (2014): 3-4.

Orozco-Ugarriza, M. E. (2016). LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA CON RESPONSABILIDAD SOCIAL: MÁS ALLÁ DEL ARTÍCULO Y MÁS CERCA DE LA SOCIEDAD. *RIADS: Revistas de Investigación Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*, 1(1), 8-9.

Lam Díaz, Rosa María. (2016). La redacción de un artículo científico. *Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia*, 32(1), 57-69.

Shubrook Jr, J. H., Kase, J., & Norris, M. (2010). How to write a scientific article. *Osteopathic Family Physician*, 2(5), 148-152.

EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA AL ESTRÉS SALINO EN ÑAME ESPINO (*Dioscorea rotundata* Poir.), CULTIVAR BOTÓN.

*Evaluation of the response to the saline stress in ñame espino (*Dioscorea rotundata* Poir.), cultivars button.*

Eder Durango Ballesteros¹*, Carlos Durango Ballesteros².

Resumen

Introducción. El ñame ocupa una importante posición en la alimentación y en el desarrollo de la agricultura familiar. En los últimos años el cultivo del ñame en la Costa Caribe Colombiana ha sufrido una disminución considerable, debido a problemas abióticos que generan grandes pérdidas. La salinización uno de los problemas a los que se enfrentan los cultivadores de ñame, cada día incrementa el nivel de salinidad en los suelos del caribe. **Objetivo General.** Evaluar la respuesta al estrés salino, en suelos sometidos a tres concentraciones de salinidad (0, 40 y 45 mM de NaCl). **Metodología.** Se sembrarán segmentos de tubérculos de 50 gr en suelos con tres concentraciones de sal (0, 40 y 45 mM de NaCl). En cada una se evaluó el porcentaje de brotación, longitud de la planta, número de hojas, fluorescencia de la clorofila y conductividad eléctrica del suelo a las plantas obtenidas. **Resultados.** Se obtuvieron porcentajes de brotación del 95 % a los 36 días, en el tratamiento de 0 mM de NaCl, así mismo, en las concentraciones de 40 y 45 mM de NaCl se presentaron porcentajes de brotes de 45 y 0,2 % a los 48 y 55 días respectivamente, de igual forma el número de hojas por planta se vio afectada por la salinidad del suelo, registrándose en 0 mM de NaCl, a los 49 días un promedio 19 hojas aproximadamente, mientras que para el mismo tiempo el tratamiento T1 y T2 tenían en promedio 6 y 1 hojas. **Conclusiones.** La salinidad del suelo afecta drásticamente el cultivo del ñame espino, por lo que se pudo atribuir a la concentración salina en el suelo. A más salinidad en el suelo, las plantas de ñame se verán muy afectadas, y se producirá la muerte.

Palabras Claves: Estrés Abiótico, Salinidad, Fotosistemas, Fluorescencia, Brotación.

© 2018 Durango *et al.* Este es un artículo Open Access distribuido bajo la licencia CC BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, su distribución se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.

¹ Centro Agroempresarial y Minero, SENNOVA, SENA Regional Bolívar. * Autor para correspondencia: edurangob@sena.edu.co

² Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuário y Turístico, SENA Regional Antioquia.

Abstract

Introduction. Yam occupies an important position in food and in the development of family farming. In recent years, the cultivation of yam in the Colombian Caribbean coast has suffered a considerable decrease due to problems abiotic, that generate large losses. Salinization one of the problems faced by yam growers, each day increases the salinity level in the Caribbean soils. **General objective.** To evaluate the response to saline stress, in soils subject to three concentrations of salinity (0, 40 and 45 MM of NaCl). **Methodology.** Tuber segments of 50 gr will be sown in soils with three concentrations of salt (0, 40 and 45 MM of NaCl). In each one we assessed the percentage of sprouting, plant length, number of leaves, fluorescence of chlorophyll and electrical conductivity of the soil to the plants obtained. **Results.** Sprouting percentages were obtained from 95% at 36 days, in the treatment of 0 MM of NaCl, likewise, in the concentrations of 40 and 45 MM of NaCl were presented percentages of shoots of 45 and 0.2% to 48 and 55 days respectively, in the same way the number of leaves per plant was affected by the salinity of the soil, registering in 0 MM of NaCl, at 49 days an average 19 leaves approximately, while for the same time the treatment T1 and T2 had on average 6 and 1 leaves. **Conclusions.** Soil salinity drastically affects the cultivation of Hawthorn yam, so it could be attributed to the saline concentration in the soil. The more salinity in the soil, the yam plants will be very affected, and death will occur.

Key Words: *Abiotic Stress, Salinity, Photosystems, Fluorescence, Sprouting.*

© 2018 Durango *et al.* This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). Commercial use of the original work of the possible derivative works is not allowed, its distribution must be done with a license equal to that which regulates the original work.

Recibido para publicación: 04 de Mayo, 2018 - Aceptado para publicación: 04 de Agosto, 2018

INTRODUCCIÓN

Los continuos cambios en el medio ambiente, han evidenciado un incremento en la salinidad de los suelos en todo el mundo. En Colombia, la salinidad es uno de los más importantes procesos degradativos de suelos, alcanzado cerca del 7,7 % de la superficie del territorio, lo que representa aproximadamente 87.300 km² (Otero *et al.* 2002), siendo las áreas con mayor cantidad de suelos salinos, las zonas costeras y llanuras de la región Caribe y zonas costeras de la región del Pacífico.

La salinidad altera la germinación de semillas y atrofia el crecimiento de las plantas, induciendo respuestas que afectan la morfología, fisiología y metabolismo, que implican procesos de respiración, fotosíntesis y transporte de nutrientes, así como cambios morfológicos (Munns y Testar, 2008; Díaz *et al.*, 2010). Que en muchos casos causa la muerte (FAO 2008; Ramoliya *et al.*

2006), por lo que las plantas, han desarrollado mecanismos morfofisiológicos para tratar de adaptarse a estas nuevas condiciones, y así lograr la sobrevivencia en las condiciones a las que están sometidas constantemente. Al ser percibido este tipo de estrés se inician señalizaciones, que influyen en cambios celulares, de tejidos y órganos (cambios morfogenéticos), en los cuales la condición ambiental limitante involucran tres factores principales: El momento del año en el que se presente (época seca o época lluviosa), duración (días, semanas, meses), así como también depende de factores intrínsecos, como el estado de desarrollo de la planta en el momento en que se presente las condiciones de estrés y la especie vegetal. Todos estos aspectos influyen en la productividad del cultivo y en el fenotipo de la planta. Por tales razones, el mejoramiento para la tolerancia al estrés salino en cultivos de interés agronómico no ha tenido el éxito esperado (Athar y Ashraf, 2009).

El ñame se es uno de los principales alimentos para un grupo innumerable de personas que habitan en regiones tropicales y subtropicales, África, América Central, Sur América, partes de Asia, Caribe e Islas del Pacífico, debido a su alto contenido de carbohidratos (Tous, 2010). Lo que ha generado una alta demanda en su comercialización y por ende en la economía a nivel mundial (Amusa, et al; 2004). En la costa caribe colombiana, los principales productores dedicados al cultivo de ñame para el sustento y comercialización se encuentran en los departamentos de Córdoba, Sucre, Bolívar, Atlántico y Magdalena, en los cuales se ha registrado que el 63,5% de los suelos sufre procesos de salinidad alta o moderado (Sánchez-Triana, 2008). Por lo tanto, es de suponer que la ocurrencia de la salinidad en un conjunto pequeños de células, durante un periodo de tiempo corto, así como el efecto que produce, puede que no sea distinguible fenotípicamente a nivel macro, a no ser que se tenga un conocimiento suficiente de las características del material vegetal.

El objetivo de la presente investigación consistió en Evaluar la respuesta al estrés salino, en suelos sometidos a tres concentraciones de salinidad (0, 40 y 45 mM de NaCl). En este sentido, la evaluación de la respuesta al estrés salino en ñame espino (*Dioscorea rotundata* poir.), cultivar botón, es útil para determinar la tolerancia a la salinidad del cultivar de ñame y como elemento para asistir los programas de mejoramiento.

Metodología

Siembra de ñame.

Para el establecimiento del ensayo se seleccionó ñame espino, cultivar botón, por ser uno de los materiales de exportación y estar ampliamente distribuido en la costa caribe, de los cuales se obtuvieron segmentos de tubérculos de aproximadamente 50 gramos. Los segmentos se sembraron en bolsas de 10 Kg, en una mezcla de suelo con tres concentraciones de salinidad ($T_0 = 0$, $T_1 = 40$ y $T_2 = 45$ mM de NaCl). Por cada concentración salina, se sembraron 20 segmentos de ñame, para un total de 60 segmentos. A las plantas obtenidas, se le realizaron mediciones semanales, registrando en cada tratamiento, altura de la planta, número de hoja (Africano, et al; 2015), y porcentaje de sobrevivencia. El % de sobrevivencia se determinó mediante la siguiente fórmula: % sobrevivencia =

$Sb / (Sb + Sm) * 100$ donde Sb = Segmentos de ñame con brotes y Sm = Segmentos de ñame muertos (Falcón, et al; 2015). Se midió la conductividad eléctrica en todas las bolsas, tomando 4 muestras en cada bolsa, a lo largo de la fase experimental.

Eficiencia de la Fluorescencia de las clorofilas (PSII).

Se midió la emisión de fluorescencia de la clorofila en hojas completamente expandidas con un Fluorímetro (Hansatech pocket PEA), colocándolas en cámara oscura durante 20 minutos y exponiéndolas por 0,8 s a 8000 μ mol fotones $m^{-2}s^{-1}$ (Africano, et al; 2015). Tomando como punto de referencia 0.8 Fv/Fm, como la máxima eficiencia fotosintética (Magnusson, 1997). Para validar que eficiencia de la fluorescencia de la clorofila se debía al efecto del estrés salino sobre las plantas de ñame, se realizaron mediciones de conductividad eléctrica al suelo.

Evaluación del daño en membrana plasmática por pérdida de electrolitos.

Se colectaron dos hojas por planta, y se colocaron en 20 ml de agua destilada durante 2 h a 25 °C con agitación constante (100 rpm). Se midió la conductividad el agua sin las hojas y 2 h después con las hojas. Los recipientes con las hojas se colocaron en calentamiento por 30 min, cuantificando la conductividad con el equipo multiparámetro pro DSS. La pérdida relativa de electrolitos fue estimada como la relación de conductividad antes y después del calentamiento (Huang y Guo, 2005).

Resultados y discusión

Siembra de por segmentos de tubérculos.

Luego de 28 días de sembrados los segmentos, se observaron los primeros brotes en todos los tratamientos, obteniéndose porcentajes de brotación del 95 % a los 36 días, en el tratamiento de 0 mM de NaCl, así mismo, en las concentraciones de 40 y 45 mM de NaCl se obtuvieron porcentajes de brotes de 45 y 0,2 % a los 48 y 55 días respectivamente (Figura 1). El porcentaje de mortalidad de los segmentos de tubérculos de ñame después de los 55 días de brotación en los tratamientos con 40 mM NaCl y 45 mM NaCl, fueron del 55% y 80% respectivamente.

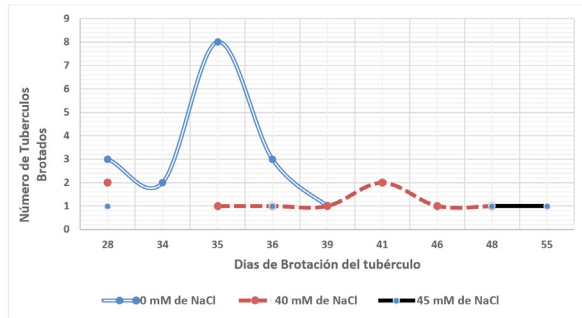


Figura 1. Número de tubérculos con brotes en cada tratamiento.

A medida que aumenta la concentración de sales en el suelo, se produce degradación y disminución de la síntesis de proteínas, proteólisis acelerada, disminución de la disponibilidad de aminoácidos y desnaturalización de las enzimas involucradas en la síntesis de proteínas (Levitt, 1980), ocurriendo la muerte de las plantas expuestas a concentraciones altas de salinidad. El incremento de la salinidad en el suelo redujo la formación de brotes en los tubérculos (Garsaball, et al., 2007), según Dodd et al; en 1999, un incremento de la salinidad generalmente reduce la germinación, proceso que puede estar relacionado con la absorción y acumulación de iones en la semilla o plántula, lo que concuerda con lo propuesto por Prisco, et al; 1970, quienes indican que un alto contenido de sales en el suelo, especialmente cloruro de sodio, puede inhibir la germinación a causa de la sequía fisiológica, disminución del potencial hídrico y aumento de la concentración de iones en el embrión generando efectos tóxicos.

En términos generales, cuando las plantas se encuentran bajo condiciones de estrés salino se presenta una ruptura de la homeostasis iónica de la planta, causada por la toxicidad del sodio (Na^+) en el citoplasma y a su vez provoca una deficiencia de iones como el potasio; por otro lado las soluciones salinas afectan los procesos enzimáticos de la glicólisis, ciclo de Krebs y la fotofosforilación dando como resultado una menor disponibilidad de energía y adsorción de nutrientes (Mata-Fernández, et al; 2007).

La concentración de sales afecta tanto a la altura de planta, como al número de hojas, obteniéndose el mayor promedio de altura, en el tratamiento T0, seguido del tratamiento T1 y finalmente el menor promedio en el tratamiento T2, con alturas promedios de 89.7, 30.5, 7.3 cm respectivamente. (Figura 2)

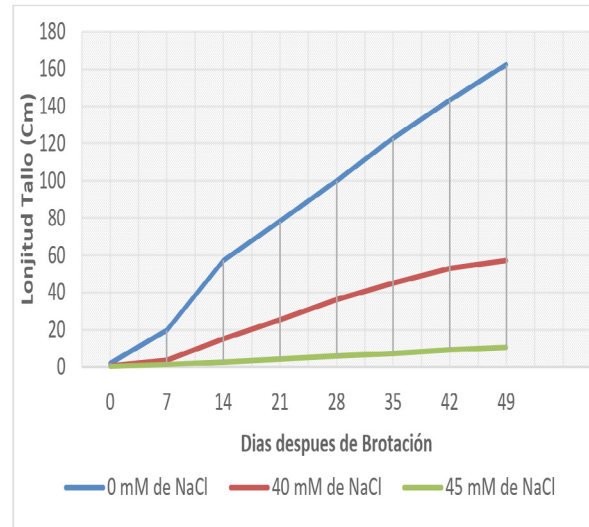


Figura 2. Longitud de tallos en cada tratamiento.

La disminución en el tamaño de las plantas presentes en los tratamientos con 40 y 45 mM de NaCl, puede estar relacionado con la disminución del potencial hídrico del suelo durante las primeras etapas de crecimiento (Mata-Fernández, et al; 2007), que interviene afectando la toma de agua por la planta, el efecto osmótico de los suelos salinos se refiere a altas concentraciones de sales que incrementan las fuerzas potenciales reteniendo el agua en la solución del suelo dificultando la extracción de esta por las raíces de las plantas (Mata-Fernández, et al., 2007), generando una variabilidad en la toma de nutrientes por la baja disponibilidad de agua y aumento en la concentración de elementos como Na^+ , Cl^- , (Leidi, et al; 2002). Resultados que concuerdan con lo descrito por Coca, et al; en el año 2013, quienes encontraron una reducción en la altura del pseudotallo de *Allium cepa*, sembrada bajo condiciones de 90 mM de NaCl de salinidad, de igual forma Manga et al; en 1988, reportaron la disminución del pseudotallo en plantas de cebolla con el aumento del nivel de salinidad en el suelo.

Dependiendo de cuál sea el catión predominante en el complejo de intercambio del suelo; la concentración de sales confiere propiedades nocivas para los cultivos (Mata-Fernández, et al; 2007), sobre todo cuando alguno de estos se concentran en la zona radical de los cultivos generando valores muy altos en la presión osmótica del suelo con evidentes consecuencias en el desarrollo de la planta ocasionando la disminución del tamaño de la planta y por ende, la baja productividad (Sánchez-Bernal, et al; 2008).

El número de hojas por planta fue una de las variables que se afectaron por la salinidad del suelo, comparando el tratamiento de 0 mM de NaCl, el cual a los 49 días presentaba en promedio 19 hojas aproximadamente, mientras que para el mismo tiempo el tratamiento T1 y T2 tenían en promedio 6 y 1 hojas (Figura 3). Esto indica una reducción del área foliar de las plantas sometidas a altas concentraciones de salinidad. La disminución en el número de hojas es variable con respecto al cultivar que se esté analizando y la concentración de salinidad a la que este expuesto (Goykovic et al; 2007).

El cultivo del tomate, cuando se encuentra sometido a niveles de salinidad presenta reducción en el número de hojas y área foliar (Romero, et al; 2001). Esta respuesta puede estar relacionada directamente con el desequilibrio osmótico que presentan las plantas al absorber más sodios y cloruros que agua, generando problemas de toxicidad y nutricionales que a su vez ocasionan problemas de crecimiento y desarrollo en el material vegetal (Yokoi, et al; 2002). De acuerdo con un estudio realizado por Lesmes et al; en el 2007, quien obtuvo mayor número de hojas en plantas de lechuga 'Batavia' (*Lactuca sativa* L.) establecidas sin adición de NaCl, encontró, que la salinidad afecta los procesos de división y expansión celular del tejido foliar, confirmado por Salisbury et al; 1992, quienes señalan que en plantas sometidas a ciertas condiciones pueden verse afectadas por limitantes que conducen a disminuir la división celular, el cual, es un proceso necesario para el crecimiento de órganos como las hojas.

La reducción de la toma de potasio K^+ por las plantas y por ende la reducción de este elemento en los tejidos de las mismas, gracias al incremento de la salinidad en el medio que favorece la toma de Na^+ que posteriormente retarda el transporte de K^+ a los brotes de la planta

(relación Na^+/K^+) inactivan enzimas y disminuyen la síntesis de proteínas en las plantas (Azcón-Bieto, 2000).

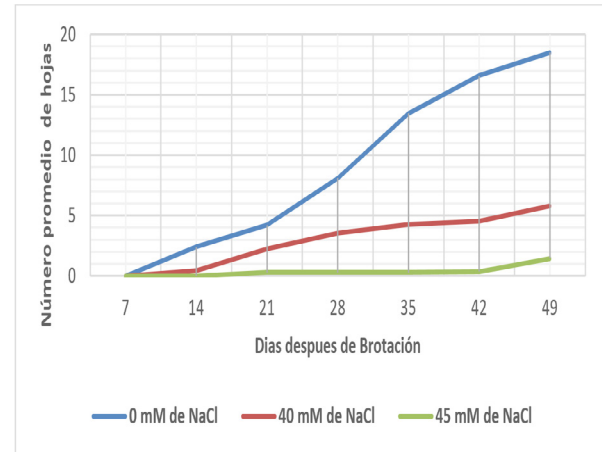


Figura 3. Numero promedio de hojas en cada tratamiento de salinidad.

Eficiencia de la fluorescencia de la clorofila en plantas de ñame *Dioscorea rotundata*.

Tomando como punto de referencia la máxima eficiencia fotosintética con valor de 0.8 F_v/F_m (Magnusson, 1997), se evidencia una disminución en la eficiencia fotosintética de 0,20 y 0,23 (Figura 4) en las concentraciones de 40 y 45 mM de NaCl, respectivamente, con respecto a la concentra de 0 mM de NaCl en los tratamientos sometidos al estrés por salinidad. En condiciones in vivo la emisión de la fluorescencia de los sistemas fotosintéticos es cambiante según las condiciones ambientales a las que se encuentran sometidos las plantas, tales como: altas temperaturas, sequias, intensidad lumínica, deficiencia nutricional, salinidad, entre otros, los cuales afectan directa o indirectamente la función del PSII y, por ende, modifica la emisión de la fluorescencia (Moreno, et al; 2008).

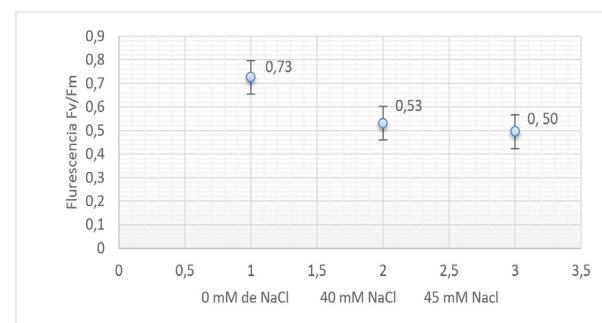


Figura 4. Fluorescencia de la clorofila en los tratamientos de salinidad.

La relación F_v/F_m , es “una estimación de la eficiencia cuántica máxima de la actividad fotoquímica del PSII cuando todos los centros de reacción del PSII están abiertos” (Baker et al; 2004). F_m hace referencia a la fluorescencia máxima, mientras que F_v fluorescencia mínima; por lo tanto, una disminución en valor F_v/F_m indica una reducción en la eficiencia fotoquímica del PSII y una perturbación o daños en el aparato fotosintético (Jiménez, et al; 2015). Es muy probable que la salinidad presente en el suelo haya generado cierre estomático como primera respuesta al estrés (Jiménez, et al; 2015), y un efecto en el intercambio de gases con la atmósfera, ocasionando la disminución de CO_2 que genera saturación de electrones en el PSII (Africano, et al; 2015).

Daño en membrana plasmática por pérdida de electrolitos.

Los valores obtenidos de conductividad eléctrica del suelo, evidencian un tratamiento sin salinidad y dos tratamientos con salinidad. La salinidad de los suelos agrícolas afecta directamente la productividad de los cultivos tolerantes a esta condición (Camacho, 2013). La salinidad del suelo se expresa en términos de conductividad eléctrica (CE), que indica la “velocidad con la que la corriente eléctrica atraviesa una solución salina, siendo esta proporcional a la concentración de sales en la solución” (Mata-Fernández, et al; 2007). La conductividad eléctrica del suelo, se mide en milimhos por centímetro cúbico (mmhos/cm³) o decismos (dSm-1) (Basurto, et al; 2008) y se considera un suelo salino cuando el complejo coloidal presenta principalmente con sodio (Na^+) determinado cuando la conductividad del extracto de saturación es mayor a 4 dSm-1 a 25° C (Allison, et al; 1990).

La conductividad en el tratamiento T0 presento un promedio de 1,72 ds/m, valor que se encuentra por debajo de 4 ds/m por lo que se puede establecer que el tratamiento control, no era suelos salinos, mientras que en los tratamientos T1 y T2, los valores de conductividad están por encima de 4 ds/m, indicando salinidad en el suelo, con más o menos 40 mM de NaCl, corresponden a las concentraciones agregadas al suelo al inicio de la investigación. El tratamiento T2 con 4,64 ds/m, registro un valor superior que el tratamiento T1 que corresponde aproximadamente a 46 mM de NaCl.

El parámetro de conductividad eléctrica del suelo se calculó con el fin de monitorear los cambios posibles presentados a lo largo de la investigación. Se encontró que en el suelo control, la conductividad eléctrica tubo un promedio de 1.725 a lo largo de la fase investigativa, mientras T1 y T2 presentaron valores de 4.175 y 4.64 respectivamente. La salinidad de los suelos agrícolas afecta directamente la productividad de los cultivos (Camacho-Tamayo, 2013). La salinidad del suelo se expresa en términos de conductividad eléctrica (CE), que indica la “velocidad con la que la corriente eléctrica atraviesa una solución salina, siendo esta proporcional a la concentración de sales en la solución” (Mata- Fernández, et al; 2007). Dentro de las consecuencias generadas por la salinidad perjudican el desarrollo y la productividad de los cultivos (Mata- Fernández, et al; 2007).

Conclusiones

La salinidad de los suelos afecta negativamente el cultivo de ñame, interviniendo en la brotación de las semillas, altura de la planta, y aparición del número de hojas, por lo tanto, la fluorescencia de la clorofila de las plantas de ñame espino, cultivar botón, se ve afectada a causa de la salinidad, reduciéndose hasta en un 80 % la brotación de los tubérculos cuando se tienen concentraciones de salinidad de más de 40 mM de NaCl en el suelo, ocasionando en las hojas aumento del grosor y mayor serosidad. Mayores valores de salinidad se tiene menores valores en la eficiencia fotoquímica F_v/F_m del PSII, por lo tanto, las plantas no sobreviven en condiciones de suelo salino con conductividad eléctrica igual o mayor a 4 ds/m. se deben hacer pruebas completarias al fenotipar para detectar los cambios sutiles en los fenotipos.

Bibliografía

Amusa, N., Adigbite, A., Muhammed, S., & Baiyewu, R. (2004). Yam diseases and its management in Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 2(12), 497-502.

Athar HR, Ashraf M. 2009. Strategies for crop improvement against salinity and drought stress: An overview. En: Ashraf M, Ozturk MÑ, Athar HR. [Eds.]. *Salinity and water stress improving crop efficiency*. Osnabrueck:

Springer. (Springer series editor in Tasks for Vegetation Sciences; 44). pp. 1-16.

Cuartero J, Bolarín MC, Asíns MJ, Moreno V. 2006. Increasing salt tolerance in the tomato. *Journal of Experimental Botany*, 57(5): 1045 -1058.

Huang, M., Guo, Z. (2005). Responses of antioxidative system to chilling stress in two rice cultivars differing in sensitivity. *Biol. Plantarum*, 49(1):81-84. doi: 10.1007/s00000-005-1084-3.

Munns R, Tester M. 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59(1): 651-681.

Africano Pérez, K. L., & Pinzón Sandoval, E. H. (2015). Comportamiento fisiológico de plantas de rábano (*Raphanus sativus* L.) sometidas a estrés por salinidad. *Conexión Agropecuaria JDC*, 4(2), 11-22.

Allison, L., Brown, J., Hayward, H., Richards, L., Bernstein, L., Fireman, M., et al. (1990). Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos: Limusa.

Azcón-Bieto, J. (2000). fundamentos de fisiología vegetal In M. Talón (Ed.): McGraw-Hill.

Baker, N. R., & Rosenqvist, E. (2004). Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of Experimental botany*, 55(403), 1607-1621.

Basurto, S., Núñez, B., Pérez, L., & Hernández, R. (2008). Fisiología del estrés ambiental en plantas. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua-México. *Synthesis-Aventuras del pensamiento*, 1-5.

Camacho-Tamayo, J. H. (2013). Relación espacial entre la conductividad eléctrica y algunas propiedades químicas del suelo. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 16(2), 401-408.

Coca, A., Carranza, C., Miranda, D., & Rodríguez, M. (2013). Efecto del NaCl sobre los parámetros de crecimiento, rendimiento y calidad de la cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.) bajo condiciones controladas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 6(2), 196-212.

Díaz, L. P., Namur, J. J., Bollati, S. A., & Arce, O. E. A. (2010). Acclimatization of *Phalaenopsis* and *Cattleya* obtained by micropropagation. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 12(2), 27-40.

Dodd, G. L., & Donovan, L. A. (1999). Water potential and ionic effects on germination and seedling growth of two cold desert shrubs. *American Journal of Botany*, 86(8), 1146-1153.

7. FAO, 2008. Land and Plant Nutrition Management Service. Disponible desde Internet en: <http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush> (con acceso 24/09/2017)]

Falcón Oconor, E., Rodríguez Leyva, O., & Rodríguez Matos, Y. (2015). Aplicación combinada de micorriza y FitoMas-E en plantas de *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell (Majagua). *Cultivos Tropicales*, 36(4), 35-42.

Flowers, T. (2004). Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental botany*, 55(396), 307-319.

Garrido Correa, A. J., & Benitez Calderín, H. E. (2010). Desarrollo de metodologías para el enraizamiento in vitro de *Dioscorea cayenensis* Cv" Ñame amarillo" y su aclimatación a condiciones in vivo.

Garsaball, J. A. L., Méndez, J. R., & Mayz-Figueroa, J. (2007). Efecto de la salinidad del suelo sobre la germinación de semillas de maíz de diferentes pesos en el oriente venezolano. *Revista Temas Agrarios*, 12(2).

Goykovic Cortés, V., & Saavedra del Real, G. (2007). Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *Idesia (Arica)*, 25(3), 47-58.

Jiménez-Suancha, S. C., & Balaguera-López, H. E. (2015). Fluorescence as an indicator of stress in *Helianthus annuus* L. A review. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(1), 149-160.

Leidi, E. O., & Pardo, J. M. (2002). Tolerancia de los cultivos al estrés salino: qué hay de nuevo.

Lesmes, R., Molano, Á., Miranda, D., & Chaves, B. (2011). Evaluación de concentraciones de sal (NaCl) en el agua de riego sobre el crecimiento de lechuga 'Bata-

via' (*Lactuca sativa L.*). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 1(2), 222-235.

Magnusson, G. (1997). Diurnal measurements of F v/F m used to improve productivity estimates in macroalgae. Marine Biology, 130(2), 203-208.

Mata-Fernández, I., Rodríguez-Gamiño, M., López-Blanco, J., & Vela-Correa, G. (2007). Dinámica de la salinidad en los suelos.

Moreno, S. G., Vela, H. P., & Alvarez, M. O. S. (2008). La fluorescencia de la clorofila a como herramienta en la investigación de efectos tóxicos en el aparato fotosintético de plantas y algas. Revista de Educación Bioquímica, 27(4), 119-129.

Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. Annu. Rev. Plant Biol., 59, 651-681.

Otero, J.; Gómez, C.; Sánchez, R. 2002. Zonificación de los procesos de salinización de los suelos de Colombia. Subdirección de Geomorfología y Suelos. IDEAM. 44p.

Prisco, J. T., & O'LEARY, J. W. (1970). Osmotic and toxic effects of salinity on germination of *Phaseolus vulgaris* L. seeds. Turrialba, 20(2), 177-184.

Ramoliya, P.J.; Patel, H.M.; Pandey, A.N. 2006. Effect of salinization of soil on growth and nutrient accumulation in seedlings of *Prosopis cineraria*. J. Plant Nutr. 29:283-303.

Romero-Aranda, R., Soria, T., & Cuartero, J. (2001). Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. Plant Science, 160(2), 265-272.

Salisbury, F. y C. Ross, 1992. Fisiología de las plantas. Thomson Learning, España. pp. 69-70.

Sánchez-Bernal, E., Escobar, M. O., Hernández, V. G., Escobar, M. A. C., & Kohashi-Shibata, J. (2008). Crecimiento de plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. Alpha, inducido por diversas soluciones salinas. Interciencia, 33(9), 643-650.

VALIDACIÓN DE LA METODOLOGIA ANALÍTICA PARA LA DETERMINACIÓN DE DQO EN AGUA NATURAL Y RESIDUAL POR MÉTODOS COLORIMÉTRICO Y TITULOMÉTRICO (REFLUJO CERRADO).

Validación de la metodología analítica para la determinación de DQO en agua natural y residual por los métodos colorimétrico y titulométrico (reflujo cerrado).

Carlos Burgos Galeano^{1*}, Never Hernández Begambre¹, Paula Estrada Palencia¹

Resumen

El laboratorio de investigación y calidad ambiental del SENA Regional - Córdoba está en proceso de acreditación para así ofrecer servicios en parámetros fisicoquímicos y microbiológicos como lo es el análisis de DQO en aguas residuales y naturales, que le permite demostrar, evaluar que opera con un proceso de calidad viable, es decir, sus métodos de análisis son fiables, veraces, transparentes y adecuados para su propósito, debido a que muchas de las decisiones que se toman estarán basadas en la información que estos datos proporcionen. Este trabajo fue desarrollado tomando como referencia los métodos de la sección 5220 C y 5220D propuestos por el Standard Methods Ed. 2012, para la determinación de DQO por los métodos titulométrico y colorimétricos por reflujo cerrado. La metodología usada para la determinación de la DQO consistió en valorar el dicromato (Cr_2O_7) en exceso por sulfato ferroso amoniacal como la lectura en para los calculo en mgO_2/L para el método titulométrico, así mismo se tomaron lecturas del ion crómico Cr^{+3} reducido a una longitud de onda de 600nm en el Espectrofotómetro Thermo scientific, Genesis 30 para el método colorimétrico, el cual se dividió en dos rangos de trabajo, bajo y alto. Los parámetros de validación obtenidos experimentalmente arrojaron resultados que se encuentran dentro de los establecidos para una validación, para la determinación de DQO por el método colorimétrico, el rango de trabajo se evaluó de 10 a 400 mgO_2/L , el límite de detección del método fue de 9,889 mgO_2/L , la exactitud del método se reportó como porcentaje de recuperación obteniendo valores 94,97% para agua superficial y 93,32% agua residual, y porcentaje de error dando resultados de 2,18% para rango bajo, 2,30% para rango medio y 0,77% para rango alto, por último, se obtuvieron valores de incertidumbres de $80 \pm 4,34 \text{ mgO}_2/\text{L}$ para el rango bajo, $200 \pm 5,36 \text{ mgO}_2/\text{L}$ para el rango medio y $400 \pm 5,69 \text{ mgO}_2/\text{L}$ para el rango alto. Para el método colorimétrico rango bajo se obtuvieron resultados, el LIM igual 3,656 mgO_2/L , LDM igual 11,576 mgO_2/L y el LCM igual 19,389 mgO_2/L , se evaluó exactitud en porcentaje de recuperación, 95,60 % para agua superficial y 82,13 % para agua residual y para colorimétrico rango alto 106,93 para agua residual, mostrando la capacidad del método para determinar el analito en estudio. Se obtuvo también, porcentajes de errores por debajo del 10%, lo que indica que se tiene una buena exactitud y precisión. La validación realizada en este trabajo, muestra que las metodologías empleadas cumplen con los criterios exigidos ante los entes de control como el IDEAM, que nos permiten garantizar que los anteriores resultados son de alta confiabilidad en el laboratorio de investigación calidad ambiental del SENA regional córdoba y a su vez es un soporte para garantizar la acreditación, conservando los lineamientos de la norma ISO 17025.

Palabras Clave: DQO, NTC/ISO/IEC 17025:2005, colorimetría, titulometría.

© 2018 Burgos *et al.* Este es un artículo Open Access distribuido bajo la licencia CC BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>). No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, su distribución se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.

¹ Grupo de Investigación Ciencias Ambientales Aplicadas "GICAP", SENA, Centro de Comercio, Industria y Turismo, Montería - Colombia.

*Autor de Correspondencia: cburgosg@sena.edu.co

Abstract

The research and environmental quality laboratory of SENA Regional - Córdoba is in the process of being accredited to offer services in physicochemical and microbiological parameters such as the analysis of COD in wastewater and natural waters, which allows it to demonstrate, evaluate that it operates with a process of viable quality, that is, their methods of analysis are reliable, truthful, transparent and adequate for their purpose, because many of the decisions that are made will be based on the information that these data provide. This work was developed taking as reference the methods of section 5220 C and 5220D proposed by the Standard Methods Ed. 2012, for the determination of COD by the titulometric and colorimetric methods by closed reflux. The methodology used for the determination of the COD consisted in evaluating the dichromate (Cr_2O_7) in excess by ferrous ammoniacal sulfate, the reading in for the calculation in mgO_2/L for the titulometric method, likewise readings of the chromic ion $\text{Cr} + 3$ were taken reduced to a wavelength of 600 nm in the Thermo Scientific Spectrophotometer, Genesis 30 for the colorimetric method, which was divided into two working ranges, low and high. The validation parameters obtained experimentally yielded results that are within those established for a validation, for the determination of COD by the colorimetric method, the working range was evaluated from 10 to 400 mgO_2/L , the limit of detection of the method was of 9,889 mgO_2/L , the accuracy of the method was reported as percentage of recovery obtaining values 94,97% for surface water and 93,32% residual water, and error percentage giving results of 2,8% for low range, 2,30% for medium range and 0,77% for high range, finally, uncertainties values of $80 \pm 4,34 \text{mgO}_2/\text{L}$ were obtained for the low range, $200 \pm 5,36 \text{ mg O}_2/\text{L}$ for the medium range and $400 \pm 5,69 \text{ mgO}_2/\text{L}$ for the high range. For the low-range colorimetric method results were obtained, LIM equal to 3,656 $\text{mg O}_2/\text{L}$, LDM equal to 11,576 mgO_2/L and LCM equal to 19,389 mgO_2/L , accuracy was evaluated in recovery percentage, 95,60% for surface water and 82,3% for wastewater and for colorimetric range 106,93% for wastewater, showing the ability of the method to determine the analyte under study. It also obtained, percentages of errors below 10%, which indicates that it has a good accuracy and precision. The validation carried out in this work shows that the methodologies used meet the criteria required before the control entities such as the IDEAM, which allow us to guarantee that the above results are highly reliable in the environmental quality research laboratory of SENA regional Córdoba and It is also a support to guarantee accreditation, keeping the guidelines of ISO 17025.

Keywords: COD, NTC/ISO/IEC17025:2005, colorimetry, titulometry.

© 2018 Burgos *et al.* This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). Commercial use of the original work of the possible derivative works is not allowed, its distribution must be done with a license equal to that which regulates the original work.

Recibido para publicación: 21 de Noviembre, 2018 - **Aceptado para publicación:** 20 de Diciembre, 2018

Introducción

La descomposición de materia orgánica (MO) es uno de los procesos claves en el funcionamiento de los todos los ecosistemas acuáticos, por consiguiente para el monitoreo de la calidad del agua se deben acudir a parámetros indicadores de materia orgánica y oxígeno, tales como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y la demanda química de oxígeno (DQO), que muestran la influencia antropogénica desde el punto de vista de la afectación del agua por la presencia de centros urbanos e industriales (que por sus características producen desechos líquidos de calidad diferenciable).

Estos parámetros permiten reconocer gradientes que van desde una condición relativamente natural o sin influencia de la actividad humana, hasta agua que muestra indicios o aportaciones importantes de descargas de aguas residuales municipales y no municipales. Por otro lado la demanda química de oxígeno (DQO) expresa la cantidad de oxígeno equivalente necesario para oxidar las sustancias presentes en las aguas residuales, mediante un agente químico fuertemente oxidante, como el el dicromato potásico ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), Tal fin se deben evaluar parámetros que nos garanticen los buenos estados de los cuerpos de agua, como lo es el parámetro de DQO, los métodos de análisis incluidos en este documento están

publicados en el estándar methods, por lo tanto son métodos oficiales. Pero ellos no garantizan que el funcionamiento se satisficiera en el laboratorio, por lo que siempre que un laboratorio aplica un método debe validar bajo sus condiciones ya que cualquier cambio introducido puede afectar su desempeño.

El objetivo es obtener un método validado, resultado dado por unos parámetros de calidad calculables mediante herramientas matemáticas – estadísticas tales como: exactitud, precisión, sensibilidad, selectividad, límites de detección y cuantificación, entre otros. A excepción de la representatividad que aunque es otro parámetro de calidad, está ligada fundamentalmente a la toma de muestras. Por lo tanto, la validación de un método consiste en una etapa de rectificación, donde todos los parámetros son evaluados bajo las condiciones del método y las características propias del laboratorio. Para tal fin se validaron dos métodos analíticos para la determinación de DQO en aguas naturales y agua residual por el método Colorimétrico y Titulométrico (reflujo cerrado) en el laboratorio de investigación calidad ambiental del SENA - regional Córdoba.

La validación lograda en este trabajo es un soporte técnico para llevar a cabo el proceso de acreditación ante los entes de control como lo es el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, bajo los lineamientos de la norma citada anteriormente.

Metodología

Estandarización del Método

La presente validación es de carácter analítico-estadístico, la metodología utilizada para el análisis mediante valoración titulométrica y espectrofotometría UV se realizó según el método (Método colorimétrico y titulométrico) para el análisis de DQO de acuerdo con el Standard Methods Ed. 2012.

Manipulación de la muestra

Para envasar las muestras se utilizaron recipientes de vidrio. La muestra se preservó en campo por adición de H₂SO₄ concentrado. (2 mL de H₂SO₄ conc./L de muestra) y se mantuvo refrigerada hasta el momento del análisis. El tiempo máximo de vida útil de la muestra es de

veintiocho días. La toma de muestra de agua residual se realizó en la laguna de oxidación de Montería-Córdoba y la muestra de agua superficial fue tomada del Río Sinú, punto corregimiento los garzones, Montería. Posteriormente, se almacenó a 4°C hasta llegar al laboratorio.

Materiales y Equipos

Beakers. Pipetas Volumétricas Clase A (1 – 20 mL), Matraces Aforados de 50, 100, 250 y 500 mL, Celda de 1 cm de diámetro, Digestor Behr para 24 muestras, Buretas, Erlenmeyers, Frasco Lavador, Campana de Extracción de Vapores, Agitador Magnético, Balanza Analítica, Espectrofotómetro Thermo scientific, Génesis 30, Tubos de digestión 16 x 100 mm.

Preparación Reactivos DQO Metodo Titulometrico

Para la realización de los ensayos, fue necesario la preparación de las siguientes soluciones:

Ftalato ácido de potasio (KHP) estándar: Se trituró ligeramente y se secó Biftalato de potasio (HOOC-C₆H₄COOK) a 110°C hasta peso constante. Se disolvió 0,2125 g de biftalato de potasio en agua ultrapura y se llevó a un volumen en un balón volumétrico de 500 mL. El biftalato tiene una DQO teórica de 1,176 mg O₂/mg y la solución tiene una DQO teórica de 500 mg O₂/L. Solución titulante de Sulfato ferroso amoniacal hexahidratado (Fe(NH₄)₂(SO₄)₂·6H₂O) FAS, aproximadamente 0.05 N: Se disolvió 15,6856 g de FAS en agua desionizada filtrada. Adicionando 20 mL de H₂SO₄ concentrado, grado reactivo lentamente, se dejó enfriar y completó en balón volumétrico de 1000 mL. Solución titulante de Sulfato ferroso amoniacal hexahidratado (Fe(NH₄)₂(SO₄)₂·6H₂O) FAS, aproximadamente 0.1 N: Se 39,2140 g de FAS en agua desionizada filtrada, adicionando 20 mL de H₂SO₄ concentrado, grado reactivo lentamente, se dejó enfriar y completó en balón volumétrico de 1000 mL.

Solución de digestión: 0,0167M ó 0.1 N: se colocó a secar a 150°C durante 2 horas, Dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇) con pureza superior al 99.5%. En un vaso de 1000 mL se disolvió 4,913 g del Dicromato de potasio anhidro, en 500 mL de agua desionizada filtrada, adiciónale muy lentamente 167 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado y 33,3 g de Sulfato mercúrico (HgSO₄) grado reactivo, se esperó disolver y enfriar a

temperatura ambiente completó en balón volumétrico de 1000 mL. Almacene en botella ámbar a temperatura ambiente.

Reactivo de ácido sulfúrico: Se preparó con una semana de anticipación. Se agregó sulfato de plata (Ag_2SO_4), grado reactivo o técnico, en cristales o en polvo, a una cantidad de H_2SO_4 concentrado en proporción de 5,5 g de $\text{Ag}_2\text{SO}_4/\text{kg H}_2\text{SO}_4$ (aproximadamente 545 mL de ácido), y se adicionó 25.2294 g de Ag_2SO_4 . Se dejó en reposo una semana para que se disuelva el Ag_2SO_4 .

Solución indicadora de ferroina: Se disolvió 1,485 g de 1,10-fenantrolina monohidratada y 0,695 g de Sulfato ferroso heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) en agua desionizada filtrada y diluyó en balón de 100 mL.

Para el método DQO colorimétrico se utilizaron los mismos reactivos, pero difieren en las soluciones digestoras, las cuales se prepararon dos soluciones para cada rango de trabajo. Para la DQO rango bajo (baja concentración) se trabajó con una solución digestora rango bajo preparada de la siguiente manera:

Solución de digestión rango bajo: se pesó aproximadamente y con precisión 1,0216 gramos de dicromato de potasio, previamente secado a 103°C por 2 h, y añadirlos a 500 mL de agua. Adicionar 167 mL de ácido sulfúrico concentrado y 33,3 g de sulfato mercuríco. Disolver y enfriar a temperatura ambiente. Aforar a 1 L con agua destilada.

Para la DQO rango alto (alta concentración) se trabajó con una solución digestora rango alto preparada de la siguiente manera:

Disolución de digestión rango alto. Se pesó aproximadamente y con precisión 10.216 g de dicromato de potasio, previamente secado a 103°C por 2 h, y añadirlos a 500 mL de agua, adicionó 167 mL de ácido sulfúrico concentrado y aproximadamente 33,3 g de sulfato mercuríco. Se disolvió y enfrió a temperatura ambiente. se aforó a 1 L con agua destilada.

Preparación de estándares de calibración para el método colorimétrico.

Se prepararon a partir de la solución patrón de DQO (500 y 1000 $\text{mg O}_2/\text{L}$) a un volumen final de 50 mL y a las siguientes concentraciones: 10 mgO_2/L , 50 mgO_2/L , 80 mgO_2/L , 140 mgO_2/L , 160 mgO_2/L , 200 $\text{mg O}_2/\text{L}$, 400 mgO_2/L , 800 mgO_2/L y 1000 $\text{mg O}_2/\text{L}$.

Preparación de la Curva de Calibración.

Se realizó con los estándares de calibración previamente preparados. La curva de calibración comprende los valores de 10 a 160 mgO_2/L para la DQO colorimétrico rango bajo, y 170 a 1000 mgO_2/L , tomando un volumen con precisión de la solución patrón y aforando en un matraz de 50 mL, se procedió a digerir. Se leyó la absorbancia en un espectrofotómetro, usando una longitud de onda de 600 nm. Se ajustó el instrumento a cero de absorbancia con el estándar que no contiene materia orgánica sin digerir.

Concentración de DQO en mgO_2/L contra la absorbancia.

Procedimiento de análisis: En tubos de digestión 16 x 100 mm, se adicionaron 2,5 mL de muestra, 1,5 mL de solución digestora, 3,5 mL de solución reactiva de ácido sulfúrico completando un volumen de 7,5 mL, se digirió y dejó enfriar a temperatura ambiente durante

$$\text{mg O}_2/\text{L} = \frac{(V_A - V_B) \cdot N_{\text{FAS}} \cdot 8000}{V_M} \quad (1)$$

30 minutos, en un erlenmeyer, se añadieron unas gotas de indicador de ferroina y se tituló con FAS 0,05 N para muestras menor a 100 mgO_2/L y FAS 0,1 N para muestras mayor a 100 mgO_2/L , hasta un color rojo ladrillo. Se registró la lectura para el método titulométrico, NOTA: el FAS debe ser estandarizado cada vez que se utilice. Para el método colorimétrico Se colocó el instrumento a cero de absorbancia con ayuda del blanco sin digerir. Después de 5 a 10 min de tiempo de contacto, se leyó la

absorbancia y se determinó la concentración de DQO a partir de la curva de calibración previamente preparada, para cada uno de los rangos de trabajo.

Cálculos y Formulas

Ecuación 1 para el método titulométrico:

$$Y = mx + b$$

Ecuación 2 para el método colorimétrico:

$$\text{Abs} = m \cdot [\text{mgO}_2/\text{L}] + b \quad (2)$$

Evaluación de los parámetros de validación.

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

Linealidad

Para evaluar la linealidad del método se prepararon 7 diluciones de la solución patrón de 500 mgO₂/L, comprendiendo los niveles de concentración entre 10 – 160 mgO₂/L para el método DQO colorimétrico rango bajo por triplicado. Para el método DQO colorimétrico rango alto se prepararon 5 diluciones de la solución patrón de 1000 mgO₂/L, comprendiendo los niveles de concentración entre 170 – 1000 mgO₂/L. Se realizaron tres curvas de calibración con los valores de absorbancias de cada uno de los patrones preparados frente a sus respectivas concentraciones en mgO₂/L, se calculó la pendiente, el intercepto, el coeficiente de correlación, el coeficiente de determinación, varianza de la pendiente, varianza del término independiente y varianza de los residuales. Se aplicó un test de linealidad, test de homogeneidad de variancia, ANOVA, test de Durbin Watson y se realizó un gráfico de residuales.

Rango Lineal

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

Precisión

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

Repetibilidad

El método DQO colorimétrico rango bajo se evaluó con mediciones de 3 soluciones a 20, 80, 140 mgO₂/L y el DQO colorimétrico rango alto con 3 soluciones a 200, 400, 800 mgO₂/L, para las cuales se les aplicó el procedimiento analítico bajo las mismas condiciones operativas (analista, equipo, reactivos y día).

Reproducibilidad.

Se evaluó realizando 21 determinaciones sobre tres niveles de concentración del analito (20, 80, 140 mgO₂/L para la DQO colorimétrico rango bajo, 3 soluciones estándar a concentraciones de (200, 400, 800) mgO₂/L para la DQO colorimétrico rango alto, en tres días diferentes y por dos analistas diferentes. La repetibilidad y reproducibilidad se determinó como coeficientes de variación.

Exactitud

Este parámetro se evaluó como porcentaje de error para lo cual se realizan 21 determinaciones sobre tres niveles de concentración del analito estipulados en los dos rangos de trabajo, tres por día cubriendo todo el intervalo de trabajo. El porcentaje de error fue calculado para cada ensayo y un porcentaje de error promedio para cada uno de los niveles de concentración. El porcentaje de recuperación (%R) se evaluó en las muestras con adiciones seleccionadas según el intervalo de trabajo, los resultados obtenidos se evaluaron mediante las ecuaciones 3 y 4.

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

$$\%R_M = \frac{C_{MA} - \bar{C}_M}{C_A} \times 100\%$$

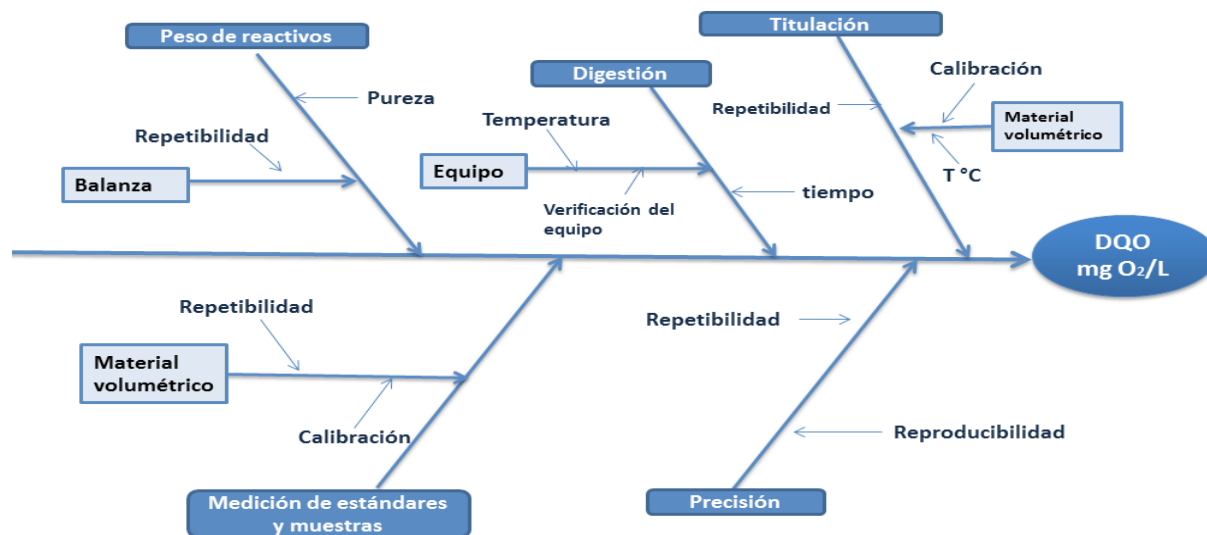


Figura 1. Diagrama de Causa-Efecto, fuentes de incertidumbre.

Límite Instrumental

Se evaluaron 10 blancos reactivos (preparados con solución digestora de $K_2Cr_2O_7$) tomando cada solución dependiendo el rango de trabajo, se calculó la desviación estándar y se determinó con la ecuación:

$$LDI=1,645 \cdot S \quad (5)$$

Límite de Detección.

Para determinar este parámetro se calculó límite de detección estimado a partir de los blancos reactivos del L.I.M, luego se analizaron SIETE (7) estándares cercanos al límite de detección estimado. Se adoptó como criterio el estándar evaluado con mayor exactitud, luego se calculó con la ecuación 6.

$$LDM=B + S_b \cdot 3$$

Límite de Cuantificación

Para determinar este parámetro se tomó la concentración promedio y desviación estándar de los siete (7) estándares correspondiente al límite de detección el cual se calcula a partir de la siguiente ecuación 7.

$$LCM=B + S_b \cdot 10$$

Incetidumbre

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

Análisis Estadístico

El análisis estadístico, fue realizado en los softwares estadísticos STATGRAPHICS CENTURION XVI versión 16.1 y Excel versión 2010.

Resultados

LINEALIDAD Y RANGO LINEAL DQO COLORIMETRICO RANGO BAJO.

El análisis de regresión lineal se evaluó cada uno de los rangos de trabajo, para la DQO método colorimétrico rango bajo, Para evaluar la linealidad se analizaron tres curvas de calibrado tomando estándares en el rango de 10 a 160 mgO_2/L , a la cual se le hizo una regresión lineal simple y análisis de varianza ANOVA.

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo lineal para describir la relación entre Absorbancia y concentración de estándares. La ecuación del modelo ajustado es:

$$Abs = 0,0024 + 0,0003 \cdot [mgO_2/L]$$

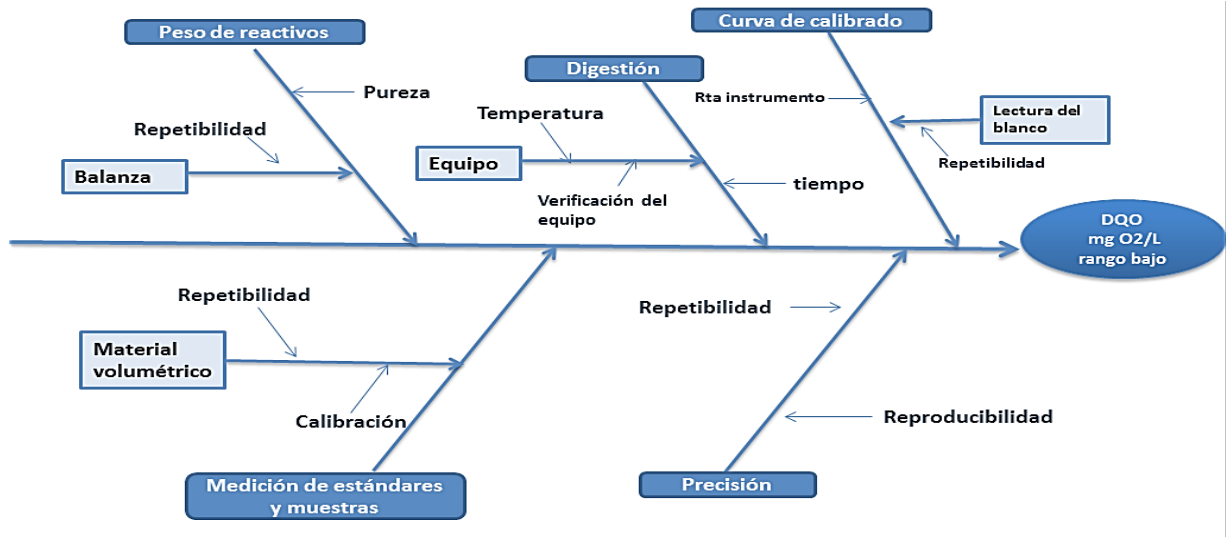


Figura 2. Diagrama de Causa-Efecto, fuentes de incertidumbre

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

$$X = \frac{y+0,0003}{0,0024} \quad X = \left(\frac{mgO_2}{L} \right) \quad (9)$$

Figura 4. Gráfico residual de la curva de calibrado de DQO Colorimétrico rango bajo.

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0,05, existe una relación estadísticamente significativa entre Abs y concentración mgO₂/L con un nivel de confianza del 95,0%.

El estadístico R² indica que el modelo ajustado explica 99,6% de la variabilidad con respecto a la absorbancia. El coeficiente de correlación es igual a 0,997998, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables.

El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es mayor que 0,05, no hay indicación de una autocorrelación serial en los residuos con un nivel de confianza del 95,0%.

LINEALIDAD Y RANGO LINEAL DQO COLORIMETRICO RANGO ALTO.

Para la DQO método colorimétrico rango alto, Para evaluar la linealidad se analizaron tres curvas de cali-

brado tomando estándares en el rango de 170 a 1000 mgO₂/L, a la cual se le hizo una regresión lineal simple y análisis de varianza ANOVA.

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo lineal para describir la relación entre Absorbancia y concentración de estándares. La ecuación de la recta según el modelo es de la forma Y=A+BX, donde:

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

$$Abs=0,0132 + 0,0003* [mgO_2/L] \quad (10)$$

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

$$X = \frac{y+0,0003}{0,0132} \quad X = \left(\frac{mgO_2}{L} \right)$$

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0,05, existe una relación estadísticamente significativa entre Abs y concentración mgO₂/L con un nivel de confianza del 95,0%.

El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos para determinar si hay alguna correlación significativa basada en el orden en el que se presentan en el archivo de datos. Puesto que el valor-P es mayor que 0,05, no hay indicación de una autocorrelación serial en los residuos con un nivel de confianza del 95,0%.

RECHAZO DE DATOS

La Tabla 4 muestra los resultados obtenidos del análisis estadístico de rechazo de datos. Los datos obtenidos no generaron ningún dato anómalo, por lo cual no fue

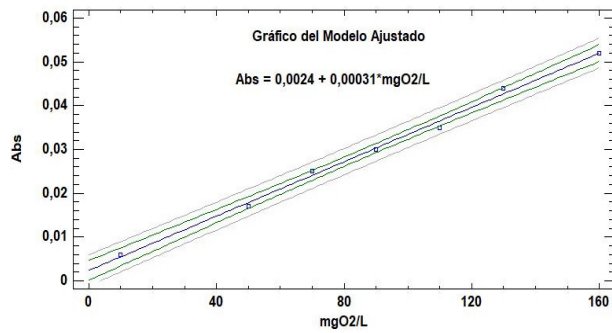


Figura 3. Gráfico del modelo ajustado curva de calibrado de DQO colorimétrico rango bajo.

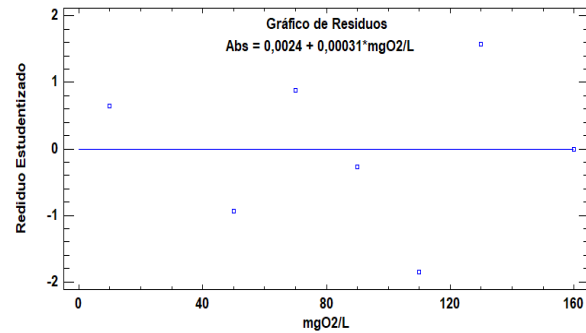


Figura 4. Gráfico residual de la curva de calibrado de DQO Colorimétrico rango bajo.

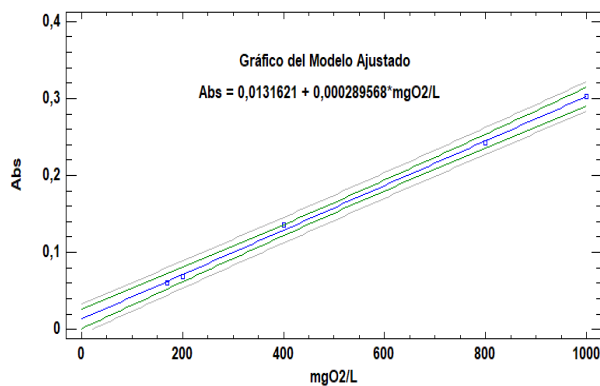


Figura 5. Gráfico del modelo ajustado curva de calibrado de DQO colorimétrico rango Alto.

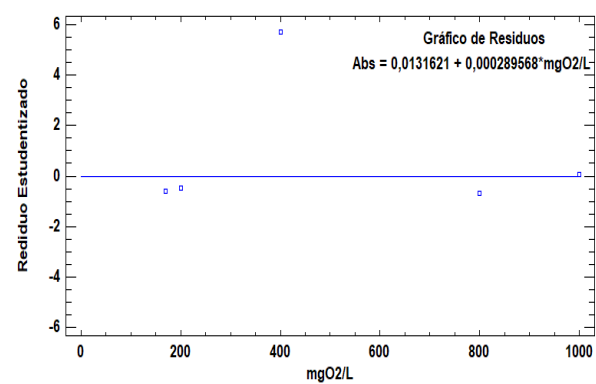


Figura 6. Gráfico residual de la curva de calibrado de DQO Colorimétrico rango alto.

necesario rechazo. Este criterio fue aplicado para verificar que en esta serie de datos, alguno o algunos de los valores no difirieran del resto de forma inexplicable para ello se aplicó el contraste de Grubbs. Se aceptó la hipótesis nula (Hipótesis nula H_0 : todas las medidas proceden de la misma población) al presentarse que el contraste de Grubbs (T) calculado para T_{bajo} y T_{alto} en todos los ensayos son menores al T de rechazo con nivel de confianza del 95%.

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

LIMITES INSTRUMENTAL, DETECCION Y CUANTIFICACION DEL METODO

Para el método DQO titulométrico se evaluó el límite de detección y cuantificación: para LDM= 9,889 mgO₂/L de igual manera LC= 9,889 mgO₂/L.

Para el método DQO colorimétrico rango bajo se determinaron los siguiente: LDI=3,656 mgO₂/L, LDM= 11,576 mgO₂/L de igual manera el LC= 19,389 mgO₂/L.

Para el método DO colorimétrico rango alto se determinó el LDI=2,649 mgO₂/L, LDM=66,834 mgO₂/L y por último el LC=79,056 mgO₂/L.

PRECISIÓN

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

Tabla 4. Análisis de rechazo de datos del metodo DQO titulométrico.

	STD RANGO BAJO	STD RANGO MEDIO	STD RANGO ALTO	MUESTRAS		ADICIONADOS	
	80 mg O ₂ /L	200 mg O ₂ /L	400 mg O ₂ /L	MAN	MAR	A AN	A AR
T para rechazo	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58
Valor mínimo	74,160	193,150	392,740	12,870	193,890	27,360	386,300
Valor máximo	84,030	213,010	408,000	16,540	222,120	32,190	402,400
T bajo	2,38	2,35	2,07	1,76	1,91	1,14	1,49
T alto	1,71	2,04	2,09	1,27	2,10	1,67	1,64
N° total datos	21	21	21	21	21	21	21
N° datos OK	21	21	21	21	21	21	21
Promedio	79,897	203,784	400,335	14,692	207,328	29,146	393,967

MAN: Muestra de agua natural, MAR: Muestra de agua residual, AAN: adicionado + agua natural, AAR: Adicionado + agua residual, STD: estándar.

Tabla 5. Análisis de rechazo de datos método colorimétrico rango bajo.

ENSAYOS	STD RANGO BAJO	STD RANGO MEDIO	STD RANGO ALTO	MUESTRAS		ADICIONADOS	
	20 mg O ₂ /L	80 mg O ₂ /L	140 mg O ₂ /L	MAN	MAR	A.AN	A. AR
T para rechazo	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58
Valor mínimo	18,667	78,667	128,667	12,000	75,333	25,333	132,000
Valor máximo	22,000	85,333	145,333	15,333	88,667	28,667	142,000
T bajo	0,55	1,56	2,15	0,77	1,01	1,38	1,83
T alto	1,75	1,29	1,88	1,24	2,26	0,69	2,28
N° total datos	21	21	21	21	21	21	21
N° datos OK	21	21	21	21	21	21	21
Promedio	19,461	82,317	137,556	13,270	79,460	27,556	136,444

MAN: Muestra de agua natural, MAR: Muestra de agua residual, AAN: adicionado + agua natural, AAR: Adicionado + agua residual, STD: estándar.

Tabla 6. Análisis de rechazo de datos método colorimétrico rango alto.

ENSAYOS	STD RANGO BAJO	STD RANGO MEDIO	STD RANGO ALTO	MUESTRAS	ADICIONADOS
	200 mg O ₂ /L	400 mg O ₂ /L	800 mg O ₂ /L	MAR	A. AR
T para rechazo	2,58	2,58	2,58	2,58	2,58
Valor mínimo	182,667	379,809	766,000	292,667	616,000
Valor máximo	202,667	402,667	779,333	309,333	632,667
T bajo	1,22	1,53	1,63	2,05	1,94
T alto	0,13	1,88	1,41	1,03	1,83
N° total datos	1,92	21	21	21	21
N° datos OK	21	21	21	21	21
Promedio	190,444	389,809	773,143	303,778	624,571

	MÉTODO	MGO ₂ /L	DIAS	% E
EXACTITUD	DQO TITULOMÉTRICO	80		2,18
		200	̄ DIAS	2,3
		400		0,77
	DQO colorimétrico rango bajo	20		7,46
		80	̄ DIAS	3,53
		140		2,79
	DQO colorimétrica rango Alto	200		5,03
		400	̄ DIAS	2,67
		800		3,36

	MÉTODO	mgO ₂ /L	DIA 1 ̄ %CV	DIA 2 ̄ %CV	DIA 3 ̄ %CV	REPRODUCIBILIDAD
REPETIBILIDAD	DQO Titulométrico	80	3,66	1,96	2,16	3,02
		200	2,22	1,83	2,41	2,22
		400	0,79	0,86	0,86	0,92
	DQO Colorimétrico rango bajo	20	8,87	6,58	6,58	7,47
		80	2,14	2,82	3,32	2,84
		140	4,04	2,38	2,69	3
	DQO Colorimétrico rango Alto	200	1,79	4,04	2,73	3,343
		400	1,96	2,26	1,07	1,76
		800	0,59	0,61	0,48	0,57

EXACTITUD

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

PORCENTAJE DE ERROR (%E)

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

% RECUPERACIÓN

En el método titulométrico se dopo muestra de aguas residual con concentración de 200 mgO₂/L obteniendo un % 93,32 y la muestra agua natural se dopo con una concentración de 15 mgO₂/L obteniendo un %94,97; mientras que para el método DQO colorimétrico rango bajo se doparon las muestra de agua residual y natural con concentraciones de 70 mgO₂/L y 15 mgO₂/L respectivamente y se obtuvo un % 82,13 para agua residual y 95,60% para agua natural. Por último al método de DQO colorimétrico rango alto se dopo la muestra de agua residual con una concentración conocida de 300 mgO₂/L y se obtuvo %106,93.

INCERTIDUMBRE

Se realizaron los cálculos de la incertidumbre para los métodos de determinación de la DQO por titulo-

metría y colorimetría. Para el método titulométrico las soluciones estándar de 80, 200 y 400 mgO₂/L preparadas en el laboratorio, se tuvieron en cuenta a nivel general las siguientes variables:

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

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

La expresión de los resultados queda de la siguiente manera:

$$80 \pm 4,34 \text{ mgO}_2/\text{L}$$

$$200 \pm 5,36 \text{ mgO}_2/\text{L}$$

$$400 \pm 5,69 \text{ mgO}_2/\text{L}$$

Para la DQO por el método colorimétricos rango bajo las soluciones estándar de 20, 80 y 140 mgO₂/L y Para la DQO por el método colorimétricos rango alto las soluciones estándar de 200, 400 y 800 mgO₂/L preparadas en el laboratorio, se tuvieron en cuenta a nivel general las

siguientes variables:

- Incertidumbre debida a la preparación de estándares
- Incertidumbre relacionada a la curva de calibrado
- Incertidumbre a la lectura del blanco
- Incertidumbre debida al aforo
- Incertidumbre debida a la repetibilidad
- Incertidumbre debida a la reproducibilidad

La expresión de los resultados queda de la siguiente manera para la DQO colorimétrico rango bajo:

$20 \pm 4,04 \text{ mgO}_2/\text{L}$

$80 \pm 4,07 \text{ mgO}_2/\text{L}$

$140 \pm 4,25 \text{ mgO}_2/\text{L}$

Para los estándares de la DQO por el método colorimétrico rango alto.

$200 \pm 4,57 \text{ mgO}_2/\text{L}$

$400 \pm 6,04 \text{ mgO}_2/\text{L}$

$800 \pm 7,44 \text{ mgO}_2/\text{L}$

- De la metodología empleada para la determinación volumétrica y colorimétrica de DQO, se obtuvieron resultados dentro del rango de confiabilidad menor al 10%, en términos de porcentaje de coeficiente de variación para evaluar repetibilidad y reproducibilidad (entre días y analistas), se logró un buen resultado ya que se encuentra en el rango establecido <10%.

- La exactitud definiéndola con base en el porcentaje de recuperación tiene muy buena capacidad para la determinación cuantitativa de la DQO en matrices de agua natural y residual, puesto que los estudios mostraron que para el primer método titulométrico 82,37% - 110,5% en agua natural y 90,98% - 97,91% en agua residual, para el método colorimétrico rango bajo 80,03% - 107,94% para agua natural y 79,97% - 87,07% para agua residual, para el método colorimétrico rango alto 103,40% - 110,1% para agua residual, para los estándares en ambos métodos se lograron porcentajes de error <10%.

- Se diseñó el protocolo de validación de ambos métodos analíticos en el laboratorio de investigación calidad ambiental del SENA regional Córdoba cumpliendo los requisitos exigidos por la norma NTC_ISO/IEC 17025:2005.

Conclusiones

- Se validó los métodos colorimétrico y titulométrico en muestras de agua mediante espectrofotometría Visible, en el laboratorio de investigación y calidad ambiental del SENA, proporcionando valores en los parámetros de validación que se encuentran dentro de niveles permitidos por la AOAC y el IDEAM, evidenciando que el método puede ser aplicado bajo las condiciones operativas del laboratorio.

- Según los resultados obtenidos y presentados en este informe, el método analítico para la determinación de la DQO por el método colorimétrico y titulométrico del estándar método en el laboratorio de investigación calidad ambiental del SENA regional - Córdoba, se ajusta al uso propuesto y es idóneo para ser aplicado en las condiciones particulares del laboratorio.

Bibliografía

- American Public Health Association – American Water Works Association – Water pollution control federation APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the extamination of water & wastewater. Centennial edition. United States of America. 22ed. 2012. P 1-8, 1-25, 2-64, 2-67, 2-68.
- Báez, M. 2009. Validación de métodos de ensayo para el análisis de parámetros físico-químicos en aguas limpias y residuales en el laboratorio de medio ambiente. Trabajo de grado (Ingeniero Geográfico y del Medio Ambiente). Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí.
- Baird, C. 2004. Química Ambiental. Editorial Reverte S.A. España. P 491.
- IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Programa de Físicoquímica Ambiental. Protocolo de estandarización de Métodos Analíticos Bogotá: IDEAM, 2000. P-17.
- Jiménez, B. 2001. La contaminación ambiental en México “causas, efectos y tecnología apropiada”. Editorial Limusa S.A. México. P 125-128.
- Miller, N. & Miller, J. 2002. Estadística y Quimiometría para Química Analítica. Pearson Educación. S.A, Madrid, P-5.
- Molina, S. 2012. Estandarización de métodos de análisis para la determinación de nitratos, nitritos, compuestos fenólicos y, aceites y grasas utilizando como indicadores de contaminación en aguas naturales y residuales industriales. Trabajo de grado (Química). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.
- Organismo de evaluación y fiscalización ambiental OEFA. 2014. Fiscalización ambiental en aguas residuales.
- Rodríguez, A.; Letón, P.; Rosal, R.; Dorado, M.; Villar, S. & Sanz, J. 2006. “Informe de vigilancia tecnológica” Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales.
- Sánchez, A. 2006. Agua: recurso escaso. AiCiBel Editores, S.L. Sevilla España. P 182.
- Sandoval, S. 2010. Validación de métodos y determinación de la incertidumbre de la medición: “Aspectos generales sobre la validación de métodos”.
- Severiche, C.; Castillos, M. & Acevedo, R. 2013. Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos Básicos en Aguas. Cartagena, Colombia. P 53.
- Thompson, M.; Elison, S. & Wood, R. 2002. Harmonized Guidelines for Single-laboratory Validation of Methods of Analysis. Pure and Applied Chemistry.
- Wayne; Clinical and Laboratory Standards Institute. Protocols for Determination of Limits of Detection and Limits of Quantitation, Approved Guideline. CLSI document EP17. 2004.
- Fernández, Jesús, and María Curt. 2011. “Métodos Analíticos Para Aguas Residuales.” Manual de Fitodepuración. Filtros de Macrofitas En Flotación, 117–28.
- Hernán, R. 2007. “Demanda Química de Oxígeno Por Reflujo Cerrado Y Voluntaria.” Instituto de Hidrología, Meteorología Y Estudios Ambientales, 11.
- Leon Gil, Carlos Albeiro. 2009. “Estandarización Y Validación de Una Técnica Para Medición de La Demanda Bioquímica de Oxígeno Por El Método Respirométrico Y La Demanda Química de Oxígeno Por El Método Colorimétrico.” Escuela de Tecnología Química, 103
- Skoog, Douglas A., James F. Holler, and Stanley R. Crouch. 2008. Principios de Análisis Instrumental. CENGAGE Learning. Vol. 53.

BENEFICIOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y AMBIENTALES EN EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

Benefits economic, social and environmental in the recovery of Municipal Solid Waste.

Cristian Fernando Hernández Núñez^{1*}

Resumen

Los residuos sólidos urbanos representa una problemática para las administraciones municipales, el gobierno nacional a través de los Ministerios de Ambiente y Vivienda ha desarrollado metodologías para el manejo adecuado de éstos, en el año 2003 se dicta la resolución 1045 en la que se describe la metodología de los Planes de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS), entregando a los Municipios una herramienta eficiente para hacer frente a la problemática, pero la falta de interés por parte de las Administraciones hace que nuevamente se reformule la metodología de los PGIRS en la resolución 754 de 2014. En los pasos de la metodología se establece la creación de programas de aprovechamiento de los RSU, lo que permite la generación de ingresos económicos al ser comercializados; brindando oportunidades de empleo a poblaciones en estado de extrema pobreza y disminuye la disposición final de los residuos en el relleno sanitario, reduciendo los costos en la adquisición de terrenos, construcción y operación, así mismo se disminuye el pasivo ambiental lo cual previene la generación de impactos adversos al suelo, aire y agua.

Palabras clave: *Residuos Solidos Urbanos, Plan de gestión integral de residuos sólidos, Programas de Aprovechamiento de Residuos Solidos.*

© 2018 Hernández. Este es un artículo Open Access distribuido bajo la licencia CC BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, su distribución se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.

Abstract

Municipal solid waste is a problem for local governments, the national government through the Ministries of Environment and Housing has developed methodologies for proper handling of these, in 2003 the resolution 1045 is issued in the methodology described Plans integrated solid waste management (PISWM), delivered to the municipalities an efficient tool to address the problem, but the lack of interest by the authorities makes again the methodology of PGIRS reformulate resolution 2014. 754 steps of the methodology creating programs use of RSU is established, enabling the generation of income to be marketed; providing employment opportunities to people in extreme poverty and decreases the disposal of waste in the landfill, reducing costs in land acquisition, construction and operation, also the environmental liability is reduced which prevents generation adverse impacts to soil, air and water.

Key words: *Municipal Solid Waste, Plans integrated solid waste management, Programs use of RSU.*

© 2018 Hernández. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License [CC BY-NC-SA](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). Commercial use of the original work of the possible derivative works is not allowed, its distribution must be done with a license equal to that which regulates the original work.

Recibido para publicación: 13 de Junio, 2018 - **Aceptado para publicación:** 21 de Septiembre, 2018

Introducción

El manejo de residuos sólidos urbanos (MRSU) representa un gran reto para las administraciones municipales en Colombia, frente a la falta de aprovechamiento de los residuos y la baja frecuencia en la prestación del servicio de aseo. En el año 2003 el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) expidió la Resolución 1045 "Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones", proporcionando así una herramienta y una guía que da un horizonte a los Municipios en cuanto a lo que deben hacer con los Residuos sólidos que generan.

Según los antecedentes presentados en el proyecto de la resolución 754 de 2014 por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, en cuanto a los resultados de la Resolución 1045/03; de los 1099 Municipios, 837 la adoptaron, 214 formularon, 28 se encuentran en formulación y 20 sin información, en cuanto al cumplimiento de los plazos por parte de los adoptados el 47,4% cumplió y el 52,6% no cumplió, demostrando la falta de interés y compromiso por parte de las Administraciones Municipales, ésta es una de las razones por las cuales aún los RSU siguen disponiéndose en su totalidad en los Rellenos Sanitarios sin ningún tipo de aprovechamiento.

La problemática parte de la planeación por parte de las entidades del orden gubernamental, pero no sólo es un problema que se presenta en Colombia sino también en la mayoría de países de América Latina y el Caribe, no existe un sector formal de residuos sólidos ni tampoco se identifica con claridad la cabeza del sector. Las instituciones son débiles y a pesar de que el manejo de los residuos sólidos suscita con frecuencia noticias alarmantes y conflictivas de primera plana, ya sea por problemas sociales y laborales o por situaciones que afectan la salud humana y el ambiente, el sector avanza muy poco en sus objetivos de mejorar los servicios de aseo urbano, en reducir la generación de residuos o en el reciclaje del material recuperado. (Acudio, Rossin, Texeira, & Zepeda, 1997).

La implementación de los PGIRS brinda una herramienta eficiente de solución al MRSU, para su funcionamiento se requiere del compromiso pleno de la Administración Municipal quién es la responsable de

su formulación, elaboración, implementación y actualización, para ello debe establecer el sector con personal profesional y la integración de la comunidad; dando continuidad a los procesos de la metodología implementada en la Resolución 754 de 2014, realizar acompañamiento y asesoramiento continuo a fin de lograr los objetivos y metas que se formulan en los PGIRS.

En el contenido que deben tener los PEGIRS de acuerdo a la Resolución 754 de 2014 se establece el numeral 4 que determina los Programas y Proyectos para su implementación, específicamente el subcapítulo 4.7 "Programa de Aprovechamiento" el cual deberá considerar lo siguiente: a) Proyectos de sensibilización, educación y capacitación. b) Estudios de Factibilidad sobre aprovechamiento de residuos. c) Estrategia Técnica, Operativa y Administrativa. Logrando beneficios económicos, sociales y ambientales, es decir, obtener ingresos financieros por la comercialización de los residuos aprovechados, generación de empleos con estos recursos obtenidos; mejorando la calidad de vida en familias con situación de pobreza y disminución de la cantidad de residuos llevados al Relleno Sanitario reduciendo así el pasivo ambiental.

Los Municipios deben construir plantas para el MRSU con el fin de lograr su recuperación y aprovechamiento, al igual realizar investigaciones sobre el tema. El MAVDT (2009) indicaba que, en los 471 municipios colombianos que completaron sus planes de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS), se identificaron 1.243 proyectos relacionados con la recuperación y aprovechamiento de residuos sólidos, de los cuales 1.144 son de carácter local y el restante regional, ratificando la aceptación que tiene esta opción; por lo tanto, para el país es prioritario el análisis de las experiencias existentes y la investigación y desarrollo alrededor del tema (Marmolejo, Torres, Oviedo, García, & Díaz, 2011).

En este artículo se presenta una proyección de los beneficios económicos, sociales y ambientales que tiene la implementación de los PGIRS en materia del programa de aprovechamiento, con el ánimo de incentivar a las Administraciones Municipales en su aplicación.

Diseño Metodológico

El estudio se desarrolló con proyecciones basadas en la generación de RSU del Municipio de Florencia Departamento del Caquetá, ubicado en la región de la Amazonía Colombiana. La investigación incluyó las proyecciones estimadas del crecimiento de la población en 15 años, la cantidad de residuos clasificados por tipo, el valor comercial, la generación de empleos y la disminución del pasivo ambiental.

Proyección del crecimiento Demográfico

En la realización de la proyección se tomaron cifras suministrados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en área urbana, censo año 1993 con 82.708 habitantes, censo año 2005 con 120.403 habitantes y la estimación del año 2016 con 153.976 habitantes, y se utilizó el Método Exponencial para su cálculo, el cual es recomendado por el Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) para los niveles de complejidad bajo, medio, y medio alto. La ecuación empleada por éste método es:

Ecuación 1

$$P_f = P_{ci} * e^{k*(T_f - T_{ci})}$$

donde K es la tasa de crecimiento de la población, la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos, así:

Ecuación 2

$$k = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$$

donde:

Pcp = población del censo posterior.

Pca = población del censo anterior.

Tcp = año correspondiente al censo posterior.

Tca = año correspondiente al censo anterior.

Ln = logaritmo natural o neperiano.

La utilización de este método requiere conocer por lo menos tres censos, para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población. Se recomienda su aplicación en poblaciones que muestran un desarrollo apreciable y poseen abundantes áreas de expansión (Ministerio de Ambiente, 2003).

Producción per cápita de Residuos Sólidos Urbanos.

La cifra tomada de producción per cápita en la producción de RSU está basada en el Diagnóstico de la situación del MRSU de América Latina y el Caribe diseñado por el Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana, según el diagnóstico la generación de residuos sólidos domiciliarios en la Región varía de 0,3 a 0,8 kg/hab/día. Cuando a estos desechos domiciliarios se les agrega otros residuos como los de comercios, mercados, instituciones, pequeña industria, barrido y otros, esta cantidad se incrementa de 25 a 50%, o sea que la generación diaria es de 0,5 a 1,2 kg. por habitante, siendo el promedio regional de 0,92.

Se observa que en las áreas metropolitanas y ciudades de más de 2 millones de habitantes (muestra de 16 ciudades), el promedio es de 0,97 kg./hab/día; en otras 16 ciudades grandes de 500.000 y 2 millones de habitantes ese promedio llega a 0,74; y en una muestra de 24 ciudades intermedias y pequeñas de menos de 500.000 habitantes el promedio es de 0,55 kg./hab/día. Con la generación promedio de 0,92 kg./hab/día, se estima que la población urbana (360 millones) en América Latina y el Caribe está produciendo 330.000 toneladas diarias de residuos sólidos municipales (Acudio, Rossin, Texeira, & Zepeda, 1997).

Según el análisis del BID, el Municipio de Florencia se ubica entre las ciudades intermedias y pequeñas de menos de 500.000 habitantes, según la estimación del DANE para el año 2017 la zona urbana cuenta con 157.035 habitantes, determinando la PPC en 0,55 Kg/Hab/día.

Clasificación de RSU por tipo, porcentaje de producción y valor comercial.

En la clasificación de los residuos, su porcentaje de producción y el valor comercial en kilogramos se tomó de referencia el estudio realizado por docentes de la facultad de Ingeniería de la Universidad de Valle en su artículo publicado "ALTERNATIVAS PARA FORTALECER LA VALORIZACIÓN DE MATERIALES RECICLABLES EN PLANTAS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN PEQUEÑOS MUNICIPIOS".

En el estudio se tomaron de referencia tres municipios del norte del departamento del Valle del Cauca (Bolívar, la Victoria y Versalles) en la tabla 1 se detalla la clasificación de los residuos y su porcentaje

de producción, en la tabla 2 se muestra la producción en kilogramos y el valor comercial.

En referencia a la información consultada, se tomaron los porcentaje de producción de acuerdo a su composición física del Municipio de La Victoria el cual cuenta con una $ppc = 0,43 \text{ Kg/hab/día}$ que es cercana a la ppc establecida para el Municipio de Florencia. Se realizó la clasificación en seis tipos generalizados de los RSU (Orgánicos, Plástico, Papel y cartón, Vidrio, Metal e Inservibles) en la tabla 3 se detallan los porcentaje según su composición física.

Con base a estos porcentajes de producción, se realizaron las proyecciones en la generación de RSU en el Municipio de Florencia clasificándolos de acuerdo a su composición física. En cuanto al valor comercial se tomaron de referencia los precios utilizados en el Municipio de La Victoria, se calcularon los promedios de precios agrupándolos en los seis grupos de clasificación, se detallan en la tabla 4.

Cálculo del Salario Mínimo Mensual Legal Vigente y prestaciones sociales.

Las ganancias generadas por la comercialización de los RSU son destinadas a la generación de empleos a familias que se encuentran en situación de extrema pobreza, según la ficha técnica del departamento de Caquetá generado por el departamento Nacional de Planeación, en el año 2012 el Municipio de Florencia registro un 8.4% de la población bajo condiciones de extrema pobreza (DNP, 2014), la vinculación laboral representa mano de obra no calificada, lo que brinda la oportunidad de acceder a esta población al empleo, cada empleado devenga un (1) SMMLV junto con las prestaciones sociales que exige la ley laboral en Colombia (ley 50/90). Los cálculos para el pago del salario integral se tomaron de la información suministrada por la página web de la revista ACCOUNTER, se detallan en la tabla 5.

Lo anterior indica un salario aproximado de \$1.270.206 COP mensual para cada empleado que devengue un salario mínimo, así mejorando las condiciones de vida de este grupo vulnerable

Resultados y Discusión

Crecimiento demográfico estimado en 15 años.

La tasa crecimiento del par de censos del año 1993 y 2005 es del 3.13% y para los censos del año 2005 y 2017 es del 2.24%, obteniendo una tasa promedio del 2,68% anual. Las proyecciones se agruparon en tres quinquenios establecidos en los años 2022, 2027 y 2032. La población para el año 2022 es de 178.078 habitantes, para el 2027 de 201.940 habitantes y para el año 2032 es de 229.000 habitantes en la cabecera Municipal. Lo anterior refleja un crecimiento de la población aproximado del 68,5% en los 15 años proyectados.

Generación de RSU en el casco urbano del Municipio de Florencia.

La generación total de RSU estimada es de 86.369 kg/día referente a la población del año 2017, con una ppc de 0,55 kg/hab/día y 31.524 Ton/año.

El aumento de la población y los hábitos acelerados de consumo pueden aumentar las cifras estimadas, al continuar con esta generación de RSU y no aprovecharlos el Municipio de Florencia necesitará un terreno extenso para la ubicación del Relleno Sanitario para dar una disposición final adecuada. Las cifras calculadas para el año 2032 son de 45.972 Ton. Los cálculos para la disposición de los RSU en relación masa-volumen son: Residuos compactados en el relleno manual: 400 - 600 kg/m³. Residuos compactados mediante maquinaria: 600 - 810 kg/m³. Al proyectarse construir un nuevo relleno sanitario manual; la altura del cuerpo de los residuos será de 3 m (Rôben, Rellenos Sanitarios Municipales). En el caso de los Rellenos Mecanizados la altura varía entre los 8 m y 12 m.

En el caso particular de la construcción de un relleno sanitario para el Municipio de Florencia; se tomaron las dos opciones: Manual con una altura de 3 m y una capacidad de 600 kg/m³ con una vida útil de 15 años, para el año 2032 se habrán producido aproximadamente 1.088.684 Ton de RSU, lo cual equivaldría a 604.000 m² o 60,48 Ha de terreno para enterrar los RSU generados en 15 años, para el caso del relleno mecanizado con 810 kg/m³ y una altura de 10 m; se requieren 134.405 m² o 13,4 Ha. Es reco-

mendable la operación de un relleno sanitario mecanizado para la cantidad de residuos manejados en el Municipio, se incrementan los costos por la operación de los equipos de compactación y el combustible que estos requieren; pero el ahorro del terreno y la construcción es mayor que la operación de uno manual.

Generación de RSU por composición física y su valor comercial.

Los porcentajes de aprovechamiento de los RSU reciclables incluidos los orgánicos para la elaboración de abono son: Orgánicos 35%, Plástico 90%, Papel y Cartón 80%, Vidrio 95% y Metal 90%, en el caso de los orgánicos el aprovechamiento es bajo debido a que poseen una gran cantidad de agua que en el proceso de descomposición se evapora. En la tabla 6 se detallan las cantidades aprovechadas y los recursos financiero obtenidos.

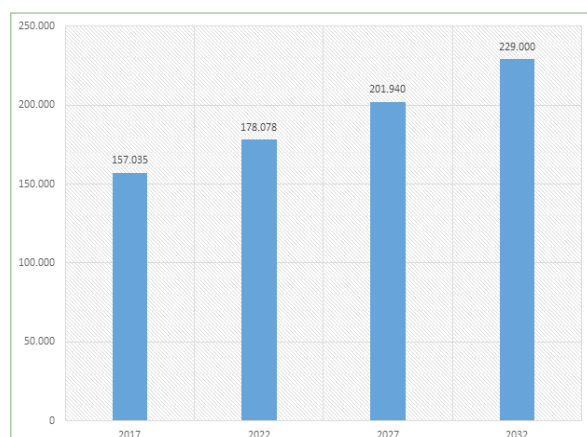


Figura 1. Número de habitantes en la cabecera de Florencia por quinquenio.

La comparación entre aprovechar los RSU y disponerlos totalmente en el relleno sanitario, representa una reducción del 77,46% del área a utilizar en la construcción en la operación mecanizada. En la figura 3 se representan las Hectáreas reducidas al implementar el programa de aprovechamiento.

La reducción en el número de Hectáreas ocupados para disposición final es significativa, los costos ahorrados por la compra de terrenos y el costo de la construcción son altos, permitiendo de esta manera la optimización de los recursos económicos por parte de la administración municipal al igual que la disminución

en el pasivo ambiental; al dejar de enterrar cerca de 482.174 Toneladas de RSU en 15 años.

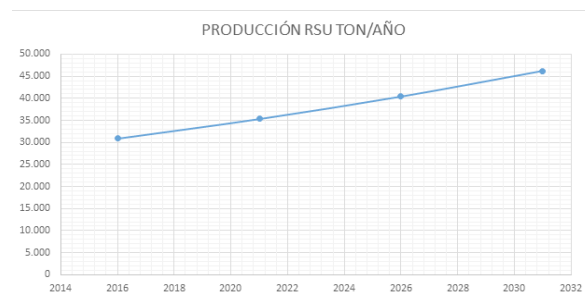


Figura 2. Generación de RSU proyectados a 15 años.

Generación de empleo

Las ganancias obtenidas en el año 2017 equivalentes a \$2.403.881.934 COP generan aproximadamente 157 puestos de trabajo al año, lo que significa el mejoramiento de la calidad de vida de 157 familias, al tomar el índice de 8,2% de la población en condición de pobreza extrema para el año 2017 ésta es de 13.191 habitantes, la densidad de la población en la cabecera municipal es de 4.4 Hab/Vivienda, lo que significa que 691 Habitantes cambiarían su estado en situación de pobreza extrema, pasando el índice a 7,88% una reducción de 0,52 puntos porcentuales sólo en una año.

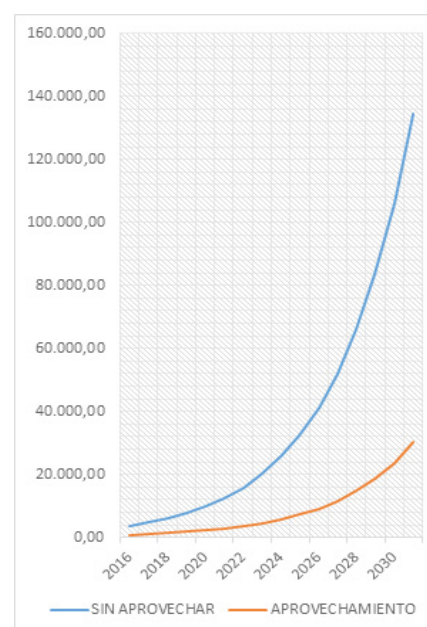


Figura 3. Proyección de las Hectáreas utilizadas para la construcción del relleno sanitario.

TIPO DE RESIDUO	% PROD.	CANT. KG	% APROVE.	CANT. KG	VR. KG	VR. TOTAL	TON/AÑO RELLENO SANITARIO
Orgánicos	67,70%	21.342.274	35%	7.469.796	\$ 200	\$ 1.493.959.146	0
Plástico	7,20%	2.269.784	90%	2.042.806	\$ 273	\$ 557.685.902	227
Papel y cartón	4,32%	1.361.870	80%	1.089.496	\$ 244	\$ 265.837.089	272
Vidrio	1,15%	362.535	95%	344.408	\$ 57	\$ 19.631.266	18
Metal	1,01%	318.400	90%	286.560	\$ 233	\$ 66.768.530	32
Inservibles	16,62%	5.239.418	0%	0	\$ -	\$ -	5.239
TOTAL						\$ 2.403.881.934	5.789

Tabla 6. Cálculos año 2017

Conclusiones

Los PGIRS formulados e implementados de acuerdo a la resolución 754 de 2014 permiten a las Administraciones Municipales dar un manejo adecuado a los RSU, lo cual brinda integración de las empresas prestadoras del servicio de aseo y la comunidad; aportando experiencias que ayudan a la construcción de programas de aprovechamiento, partiendo así en la sensibilización de la separación en la fuente.

La implementación de programas de aprovechamiento genera fuentes de ingresos económicos, los cuales pueden ser implementados en la generación de empleos; dando prioridad a la población en situación de pobreza extrema, lo que permite mejorar las condiciones y calidad de vida siendo favorable para la gestión de la administración municipal.

La disminución de los costos por construcción del relleno sanitario y su operación, representa otra de las ventajas favorables que permite la utilización de estos recursos en otros sectores como la educación, la salud y vivienda.

El pasivo ambiental se reduciría significativamente al dejar de enterrar miles de toneladas de residuos, adquiriendo de esta manera un compromiso por la conservación y cuidado del ambiente, al igual se disminuiría el riesgo por contaminación del suelo, agua y aire; lo cual generaría impactos sobre la salud humana.

Bibliografía

Acudio, G., Rossin, A., Texeira, P. F., & Zepeda, F. (1997). DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. Washington D.C: Publicación conjunta del Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana.

Marmolejo, L. F., Torres, P., Oviedo, R., García, M., & Díaz, L. F. (2011). ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE PLANTAS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL NORTE DEL VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA. Revista EIA, ISSN 1794-1237 Escuela de Ingeniería de Antioquia, 163-174.

Ministerio de Ambiente, V. y. (2003). Definición del nivel de complejidad y evaluación de la población, la dotación y la demanda de agua. Bogotá D.C: Guía RAS 001.

Róben, E. (Rellenos Sanitarios Municipales). Diseño, Construcción, Operación y Cierre de. Loja, Ecuador: Ilustre Municipalidad de Loja.

Victoria Calambas, F., Marmolejo Rebellón, L., & Torres Lozada, P. (2012). ALTERNATIVAS PARA FORTALECER LA VALORIZACIÓN DE MATERIALES RECICLABLES EN PLANTAS DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN PEQUEÑOS MUNICIPIOS. CIENCIA E INGENIERÍA NEOGRANADINA, VOL 22-1, PP 59 - 73, 68-69.

EFICIENCIA DEL APORTE DIRECTO DE HOJARASCA EN EL INCREMENTO DE CARBONO ORGÁNICO (CO) EN SUELOS URBANOS

Efficiency of the direct contribution of hojarasca in the increment of organic carbon in urban soils.

Sandra Marcela Castañeda Rodríguez¹, Daniela Arias Giraldo², Sandra Milena Zambrano Cantillo³

Resumen

Introducción: La preocupación en cuanto al efecto invernadero y sus consecuencias sobre la calidad de vida de los seres vivos, ha generado esfuerzos para implementar estrategias tendientes a mitigar los impactos de la actividad antrópica sobre el ambiente, siendo unas de estas, el manejo adecuado de residuos y las prácticas de conservación de suelos. **Objetivo General:** Incrementar el almacenamiento de Carbono Orgánico (CO) en suelos urbanos, a partir del aprovechamiento in situ de residuos forestales. **Materiales y Metodos:** Malla en polietileno de alta densidad, tela verde aditivada, plántulas de especies ornamentales, termómetro, herramientas de jardinería, materiales para estimación de materia orgánica, pH, textura y humedad del suelo, en laboratorio. Se diseñaron dispositivos para el almacenamiento de hojarasca, se seleccionaron al azar 10 individuos de *Terminalia catappa*, en los cuales se instalaron dispositivos, se tomó una muestra para determinar contenido inicial de Carbono Orgánico (CO) en el suelo, se realizó el aporte de hojarasca un día a la semana durante 4 meses, se estimó el contenido final de Carbono Orgánico (CO) en el suelo. **Resultados.** Se realizó el aprovechamiento de 4,5 m³ de hojarasca, estimando que el incremento del porcentaje Carbono Orgánico (CO) en el suelo fue de 0,5%. Se mejoró el entorno paisajístico. **Conclusiones.** El aprovechamiento in situ de residuos forestales, en la elaboración de compostaje, favorece el almacenamiento de Carbono Orgánico (CO) y en el proceso se genera poca o ninguna cantidad de CH₄, por lo que se puede considerar como una estrategia para la mitigación en la generación de gases de efecto invernadero.

Palabras claves: Efecto invernadero, Carbono, tratamiento de residuos, conservación del suelo.

© 2018 Castañeda *et al.* Este es un artículo Open Access distribuido bajo la licencia CC BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, su distribución se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.

1* Ingeniera Forestal, Magister en Ecología Tropical. Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA-, Regional Bolívar. Centro Agroempresarial y Minero. Programa: Tecnólogo en Control Ambiental. Dirección: Ternera, Km 1 vía Turbaco. Código Postal: 131001. Autor de Correspondencia: scastanedar@sena.edu.co.

2 Aprendiz Programa: Tecnólogo en Control Ambiental. Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA-, Regional Bolívar. Centro Agroempresarial y Minero. Dirección: Ternera, Km 1 vía Turbaco. Código Postal: 131001. Correo electrónico: darias47@misena.edu.co.

3 Aprendiz Programa: Tecnólogo en Control Ambiental. Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA-, Regional Bolívar. Centro Agroempresarial y Minero. Dirección: Ternera, Km 1 vía Turbaco. Código Postal: 131001. Correo electrónico: smzambrano5@misena.edu.co.

Abstract

Introduction. The main priority regarding greenhouse effect and its consequences about the quality life of the living being, it has generated efforts to implement strategies aimed at allay the impact of anthropic activities on the environment being one of these the suitable use of residue and the conservation's soil practice. **Objective.** Increase the storage of organic carbon on urban land, based on use and exploitation in situ of waste forest. **Materials and Methods.** Mesh in high density polyethylene, green fabric additive, ornamental species seedling, thermometer, gardening tools, material to estimation organic substance, pH, texture and humidity of soil, in laboratory. Device were designed to storage leaf litter, ten individuals were chosen at random of *Terminalia catappa* in which were put mechanism, was took a sample to determinate the first content of Organic Carbon in the soil, was done the deposition of leave litter one day per week during four months, was estimate the final content of Organic Carbon in the soil. **Result.** Was carried out the exploitation of 4,5 m³ of leaf litter, estimating the growth of Organic Carbon in the earth was of 0.5%. It got better the landscape habitat. **Conclusion.** The exploitation *in situ* of forestry residues, as a composting process, boost the storage of Organic Carbon and in this process is generated fairly or none amount of methane (CH₄), from what it is an important aspect to consider as a strategy in order to allay greenhouse gas generation.

Key words: greenhouse effect, Carbon, waste treatment, soil conservation.

© 2018 Castañeda *et al.* This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). Commercial use of the original work of the possible derivative works is not allowed, its distribution must be done with a license equal to that which regulates the original work.

Recibido para publicación: 25 de Agosto, 2018 - Aceptado para publicación: 14 de Diciembre, 2018

Introducción

Los suelos son una parte importante de la biosfera y un recurso fundamental para la vida en la Tierra, son el segundo sumidero de Carbono, después de los océanos (Agencia Europea del Medio Ambiente, 2015); representan entonces, aproximadamente 2/3 partes del Carbono (C) de los ecosistemas terrestres (Schlesinger y Bernhardt, 2013). El Carbono que se encuentra en la atmósfera y no es utilizado por las plantas para su crecimiento en superficie, es distribuido a través de sus raíces y se deposita en la tierra; al no haber alteración, este Carbono puede estabilizarse y permanecer almacenado durante miles de años (Agencia Europea del Medio Ambiente, 2015).

La reserva de Carbono en el suelo comprende dos componentes: la reserva de Carbono Orgánico (CO) y la reserva de Carbono Inorgánico (Verhulst, François, y Govaerts, 2015). El Carbono Orgánico (CO) del suelo (COS), se encuentra en forma de residuos orgánicos poco alterados de vegetales, animales y microorganismos, en forma de humus y en formas muy condensadas

de composición próxima al Carbono elemental (Jackson, 1964); de allí que, autores como Caviglia *et. al.* (2016) y Thompson y Troen, (1980), aseguren que el aporte de residuos vegetales (hojarasca, ramas) al suelo, incrementa el contenido de CO, al ser la lignina el origen, juntamente con la celulosa de la porción más estable del complejo orgánico. Verhulst, *et al.* (2015), menciona que las concentraciones de Carbono en el suelo están determinadas por el balance de los aportes, como los residuos del cultivo, y las pérdidas de Carbono por medio de la descomposición de la materia orgánica; por lo que las prácticas para acumular COS, requiere el incremento en el aporte de Carbono, la reducción de la descomposición, o ambos; en el primero una de las recomendaciones es retener los residuos del cultivo y en el segundo, aportar residuos de descomposición lenta. Carballas (2004), menciona que el COS representa aproximadamente el 58% de la masa total de la materia orgánica; por lo que se estima que el papel de la materia orgánica puede ser decisivo en la mitigación de la emisión de CO₂ y NO₂, principales gases del efecto invernadero.

Actualmente las prácticas de manejo de suelos en sitios donde se encuentran árboles, en áreas institucionales de las ciudades, en la mayoría de las ocasiones no se están abordando desde la perspectiva ecológica, sino desde un punto de vista de total uniformidad dentro del paisaje; esto es, suelos desprovistos de vegetación, totalmente expuestos a factores del clima como los vientos y las lluvias, que arrastran las partículas de los suelos, sin tener en cuenta que, para la formación de un centímetro de espesor de suelo pueden transcurrir entre 120 y 400 años, dependiendo del tipo de suelo y del ecosistema, entonces, la pérdida es irreparable y convierte este recurso en no renovable e insostenible para las generaciones presentes y futuras (FAO, 2015).

En lo relacionado a este tema, se identificó una doble problemática ambiental en los centros urbanos:

La primera asociada al manejo inadecuado de los suelos, ya que no se están protegiendo de la erosión ni se realiza el aporte de materia orgánica necesario para los procesos que se llevan a cabo en el suelo y el almacenamiento de Carbono Orgánico (CO); teniendo en cuenta que la descomposición de residuos orgánicos (hojarasca, ramas, troncos, raíces, otros restos de vegetales y animales), es el principal proceso del reciclaje de nutrientes en un ecosistema; como lo señalan Horodecki y Jagodzinski (2017), al mencionar que, el impacto de un árbol en la fertilidad del suelo, y por ende, su potencial para ser utilizado en la rehabilitación de un área degradada depende, en gran medida de la cantidad de hojarasca que es capaz de producir, de su descomposición química y de su tasa de descomposición.

En segundo lugar la problemática ambiental, está relacionada al inadecuado manejo de residuos orgánicos, ya que son enviados a disposición final. Lo que incrementa la emisión de Metano (CH₄) y Óxido Nitroso (NO₂), considerados gases de efecto invernadero (CEPAL, 2015), aparte de reducir la vida útil de los rellenos sanitarios. Por lo que este estudio tiene como objetivo estimar el incremento de Carbono Orgánico (CO) en los suelos con aporte directo de hojarasca como alternativa para el manejo adecuado de residuos orgánicos y la conservación de suelos; contribuyendo así con estrategias locales para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

El objetivo de la presente investigación consistió en incrementar el almacenamiento de Carbono Orgánico (CO) en suelos urbanos, a partir del aprovechamiento in situ de residuos forestales.

Metodología

Área de estudio

Ubicada en el Distrito de Cartagena de Indias, al norte de Colombia. Posee un clima tropical; con una humedad relativa del 84%, y con temperaturas entre 27 y 31°C. El sitio seleccionado, fue el Colegio Dios es Amor (10°24'30.84"N y 75°27'55.23"O), ubicado en el sector Sur Oriental del Distrito, a 4 m.s.n.m. Los ecosistemas asociados en este sector son Manglar, Ciénagas y Humedales. La geomorfología del área reseña rocas de la formación La Popa, de origen calcáreo, que se caracterizan por que las arcillas que las componen son de tipo expansivo, presentando sectores en los cuales el conjunto es básicamente arenoso con intercalaciones de arcilla y son altamente friables con susceptibilidad a la erosión.

Selección de individuos

Se tuvo como criterio la selección de individuos pertenecientes a una misma especie, aquella que estuviese generando mayor volumen en cuanto a producción de hojarasca, identificando al Almendro (*Terminalia catappa*), cuyas hojas son coriáceas, por causa del desarrollo del tejido esclerenquimático rico en lignina, además de presentar recubrimiento ceroso en la cutícula, ocasionando que la degradación de celulosa y hemicelulosa sea más lenta (Vargas, Hoyos y Mosquera, 2012). Se seleccionaron al azar, 10 individuos de esta especie, los cuales se encuentran dentro de la institución educativa.

Materiales

Malla en polietileno de alta densidad, tela verde aditivada, bisturí, plántulas de especies ornamentales, termómetro, herramientas de jardinería, materiales para toma de muestra de suelos, materiales para estimación de materia orgánica, pH, textura y humedad del suelo, en laboratorio.

Diseño de dispositivos

Se diseñaron tres modelos de dispositivos, los cuales estarían en la base del tronco, ocupando un diámetro aproximado de 2 metros y una altura de 50 centímetros; teniendo en cuenta el impacto visual para la comunidad educativa.

Aprovechamiento de residuos forestales

Se realizó la recolección de la hojarasca, con el apoyo del personal de servicios generales. Una vez recolectada la hojarasca, se calculó su volumen, utilizando un recipiente con capacidad de 100 litros, en el cual se depositó la hojarasca (hasta llegar al lleno del recipiente), sin hacer presión y remeciéndolo de manera que se llenaran los espacios vacíos en dicho recipiente. Luego, se procedió a estimar su peso, con una balanza portátil con gancho. El aporte de hojarasca se realizó una vez por semana, durante 4 meses.

Estimación del porcentaje de Carbono Orgánico (CO) en el suelo.

Antes de instalar el dispositivo y siguiendo la metodología propuesta en la NTC 4213-4, (ICONTEC, 2004), se tomaron 3 muestras compuestas de la capa superior de suelo, con un peso estimado de 1Kg por muestra. Cada muestra representó un grupo de árboles que se encontraban a un radio entre 4 y 6 metros entre ellos.

El análisis de las muestras se realizó en el Laboratorio de Biotecnología del Centro Agroempresarial y Minero, siguiendo las especificaciones técnicas del libro “Análisis de laboratorio de suelos y agua” (Duran, 2012), estimando el contenido de Materia Orgánica (método de calcinación (Robinson, 1927 en: Duran, 2012)), textura (método de Bouyoucos segunda modificación (Labs, 1999 en: Duran, 2012)), pH (en suspensión de suelo-agua 1:2 con método de lectura potenciométrico) y humedad (método gravimétrico).

El porcentaje de Carbono Orgánico (CO) se estimó de manera indirecta a partir del porcentaje de Materia Orgánica, según Malagón (1982), $\%CO \times 1,9 = \%MO$. Luego se repitió este procedimiento a los cuatro meses de haber tomado la primera muestra.

Resultados

La estimación del porcentaje de COS, se realizó antes de iniciar el aporte directo de hojarasca al suelo, permitió tener valores de referencia para las variables edáficas estudiadas. Ver *Tabla 1*. Se instalaron los tres dispositivos diseñados y se realizó el aprovechamiento de residuos forestales, correspondientes a la hojarasca generada por los individuos de Almendro presentes en el colegio. El total de residuos forestales aprovechados fue de 186 Kg de hojarasca, que ocuparon un volumen aproximado de 4,5 m³. Ver *Figura 1-3*.

Tabla 1. Estimación del porcentaje de Carbono Orgánico (CO), pH, humedad y textura del suelo, antes de iniciar el proyecto.

MUESTRA	pH	HUMEDAD (%)	CARBONO ORGÁNICO TOTAL (%)	TEXTURA
Muestra 1	7,71	5	1,02	Arcilloso
Muestra 2	7,82	9	0,78	Arcilloso
Muestra 3	7,82	7,5	1,04	Arcilloso



Figura 1. Dispositivos para el reciclaje de hojarasca.

Se realizó el segundo análisis de variables edáficas pasados cuatro meses de haber iniciado el aporte de hojarasca, obteniendo los resultados del proyecto.

Tabla 2. Estimación del porcentaje de Carbono Orgánico (CO), pH, humedad y textura del suelo, al finalizar el proyecto.

MUESTRA	pH	HUMEDAD (%)	CARBONO ORGÁNICO TOTAL (%)	TEXTURA
Muestra 1	7,58	12	1,48	Arcilloso
Muestra 2	7,7	13	1,39	Arcilloso
Muestra 3	7,63	11	1,43	Arcilloso

Discusión

Este proyecto constituye una base para la gestión de residuos forestales en las organizaciones, puesto que con el almacenamiento y aprovechamiento in situ, se genera poca o ninguna cantidad de CH₄, como lo asegura la CEPAL (2015), al referirse a procesos de compostaje para el tratamiento de residuos sólidos urbanos como estrategia para la mitigación en la generación de gases de efecto invernadero (GEI).

El manejo del suelo influye en el escenario actual de cambio climático, de tal manera que, al modificarse sus contenidos de Carbono, se podría pensar en un compartimiento del ecosistema que, pasaría de ser un sumidero de Carbono, a un emisor importante de GEI; por tanto, proteger de la capa superior del suelo, es vital para su conservación, ya que el contenido de COS disminuye con la profundidad (van Groenigen et al., 2014), resaltando que el incremento del Carbono del suelo es una estrategia clave que puede contrarrestar las emisiones de GEI (Burbano, 2018); contribuyendo así a la mitigación del calentamiento global, como lo señala Betts et al. (2011), al mencionar que el calentamiento global podría alcanzar los 4°C, a principios de la década de 2060, si las retroalimentaciones positivas entre el calentamiento global y la pérdida de Carbono continúan intensificándose. Es en este contexto que se realiza la importancia y necesidad del desarrollo de estrategias como esta, que favorezcan el almacenamiento de COS y sean acciones por el clima, apoyando al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

El efecto de la lluvia sobre los dispositivos, favoreció la pérdida de masa en la hojarasca, resultado similar al encontrado por Zhongqing et al. (2018), quienes concluyeron que la adición de agua aumenta significativamente la tasa de descomposición de la hojarasca; partiendo del hecho que los escenarios de cambio climático predicen cambios en la precipitación

y la deposición de N, y estudios previos han demostrado que los aumentos en la disponibilidad de agua y N afectan la tasa de descomposición de la hojarasca y la liberación de nutrientes.

Conclusiones

Con este estudio se presenta una medida económica, eficaz y sostenible para el manejo adecuado los residuos forestales generados en los centros urbanos, con prácticas de conservación y manejo de suelos; lo que permite que el sector público, privado y la sociedad civil se vinculen de manera activa con acciones precisas tendientes al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible; siendo el interrogante ¿cómo lograr un cambio en la cultura del manejo de residuos forestales?.

A nivel técnico, sería importante una segunda fase de este proyecto para aumentar el número de réplicas, tiempo, especies, tasa de descomposición de la hojarasca, densidad aparente, contenido de nutrientes, relación C:N, CIC, entre otras variables edáficas y ambientales. Igualmente se podría pensar en asignar un dispositivo únicamente para el aprovechamiento de las estructuras de madera de los árboles, ¿incrementaría el almacenamiento de Carbono Orgánico (CO) en el suelo, con relación a la hojarasca?.

Agradecimientos

Las autoras expresan su agradecimiento a la comunidad educativa del Colegio Dios es Amor, al personal del Laboratorio de Biotecnología del Centro Agroempresarial y Minero, a la instructora Milagro Escudero Aguirre, a la Doctora Omaira del Socorro Miranda Macias, Coordinadora Académica y a la Dra. Bibiana Cecilia Pinto Tovar, Subdirectora del Centro Agroempresarial y Minero.

Financiación

Para el desarrollo de la fase de campo, los materiales requeridos se adquirieron con recursos propios de las autoras; contando con el apoyo en especie, de algunos materiales de jardinería existentes en el inventario del Colegio Dios es Amor. Las plántulas ornamentales sembradas fueron obtenidas como donación por parte del vivero del Centro Agroempresarial y Minero. En la fase de análisis de las muestras en Laboratorio, se contó con la asesoría del personal y el apoyo, del Laboratorio de Biotecnología del Centro y la divulgación en eventos académicos se realizó gracias al área de Bienestar al Aprendiz, del Centro Agroempresarial y Minero.

Conflictos de Intereses

Las autoras declaran que no existen conflictos de intereses.

Bibliografía

Agencia Europea del Medio Ambiente. (2015). El suelo y el cambio climático. Recuperado de: <http://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2015/articulos/el-suelo-y-el-cambio-climatico>

Betts, R., Collins, M., Hemming, D., Jones, C., Lowe, J. and Sanderson, M. (2011). When could global warming reach 4 °C?. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. A*, 369, pp. 67-84. Recuperado de <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/roypta/369/1934/67.full.pdf>

Burbano-Orjuela, H. (2018). El Carbono Orgánico (CO) del suelo y su papel frente al cambio climático. *Rev.Cienc. Agr.* 35(1): 82-96. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.85>.

Carballas F. Tarsy. (2004). Discurso: La materia orgánica del suelo y el cambio climático global. Academia de Farmacia de Galicia. 82 p.

Caviglia, O.P., Wingeyer, A.B. & Novelli, L. E. (2016). El rol de los suelos agrícolas frente al cambio climático. *Serie de Extensión INTA Paraná*. 78:27-32. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_parana_serie_extension_78_caviglia_27-32.pdf

CEPAL. (2015). Emisiones de gases de efecto invernadero y mitigación en el sector residuos. *Serie Medio Ambiente y Desarrollo* N° 162. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39360/S1501012_es.pdf?sequence=1

FAO. (2015). Alianza Mundial por el Suelo. Sección ¿Por qué una Alianza Mundial por el Suelo? Recuperado de www.fao.org/globalsoilpartnership/es.

Horodecki, Pawel, & Jagodzinski, Andrzej M. (2017). Tree species effects on litter decomposition in pure stands on afforested post-mining sites. *Forest Ecology and Management*, 406, 1. Recuperado de <http://find.galegroup.com/bdial.sena.edu.co/grnr/infomark>.

EFFECTO DE LA SEDIMENTACION EN EL DESARROLLO DE LOS ARRECIFES CORALINOS.

Effects of sedimentation on the development of the coral reef

Yasser Romero Hernández¹

Resumen

Los corales son invertebrados marinos compuestos por colonias de pólipos de coral de diferentes especies, que producen un exoesqueleto de carbonato de calcio, lo que va originando una estructura fuerte que soporta al arrecife mismo. Se considera un ecosistema marino tropical tipo humedal en el que habita una cuarta parte de todas las especies marinas y beneficia directamente a casi 500 millones de personas que viven cerca de la costa en las zonas tropicales brindándoles seguridad alimentaria e ingresos del turismo y protegiendo el litoral. Se estima que un arrecife gestionado adecuadamente en los océanos Índico y Pacífico puede proporcionar entre 3 y 5 toneladas de pescado y marisco por km²/año, y alrededor de 200 a 500 millones de dólares en ingresos económicos por hectárea/año. No obstante, los arrecifes de coral están sufriendo un grave deterioro debido a presiones humanas y naturales. Se estima que entre 1980 y 2004 la cobertura de coral duro vivo disminuyó en un 38% en toda la superficie terrestre y al menos el 75% de los arrecifes de coral del mundo está en situación de riesgo.

Palabras clave: *Arrecifes coralinos, Ecosistemas Marinos, Sedimentación, Equinodermos.*

© 2018 Romero-Hernandez. Este es un artículo Open Access distribuido bajo la licencia CC BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). No se permite un uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, su distribución se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original.

Abstract

Corals are marine invertebrates composed of colonies of corals of different species, which produce a calcium carbonate exoskeleton, which originated in a strong structure that supports the reef itself. It is considered a tropical marine ecosystem type wetland in which it has been a quarter of all marine species and directly benefits almost 500 million people living near the coast in the areas provide the security and income of tourism and protection of the littoral. It is estimated that a reef managed in the Indian and Pacific oceans in 3 and 5 tons of fish and shellfish per km² / year, and around 200 to 500 million dollars in revenue per share / year. However, coral reefs are suffering serious deterioration due to human and natural pressures. It is estimated that between 1980 and 2004, live hard coral cover decreased by 38% across the entire land surface and at least 75% of the world's coral reefs are at risk.

Keywords: *Coral reef, Marine Ecosystems, Sedimentation, Echinoderms.*

© 2018 Romero-Hernandez. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC BY-NC-SA (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). Commercial use of the original work of the possible derivative works is not allowed, its distribution must be done with a license equal to that which regulates the original work.

Recibido para publicación: 04 de Octubre, 2018 - **Aceptado para publicación:** 14 de Diciembre, 2018

¹Biólogo, Especialista en administración ambiental de zonas costeras; candidato a Magister en Oceanografía. Instructor en el área ambiental del Sena Agroempresarial y Minero. Correo de correspondencia: yromero@sena.edu.co

Introducción

Un arrecife coralino es un sistema de gran diversidad e importancia ecológica debido a las complejas interacciones que allí se desarrollan, además de que es un ecosistema de alta productividad (Díaz et al., 1996). Entre los llamados ecosistemas marinos estratégicos, el arrecife de coral es quizás el que mayor interés despierta entre el común de las gentes, tanto por lo atractivo del paisaje costero como por la policromía y variedad de la fauna y flora. Desde el punto de vista de su importancia ecológica, el arrecife coralino es un valiosísimo reservorio de biodiversidad, que da soporte a una intrincada cadena alimenticia, es en muchos casos un rompeolas natural que protege de la erosión las costas adyacentes y juega un papel indirecto, pero significativo, en la fijación de gas carbónico de la atmósfera mediante la construcción de andamiajes de carbonato de calcio (Díaz et al., 2000).

En los últimos 30 años, los ecosistemas de arrecifes de coral han mostrado un incremento en su deterioro debido a perturbaciones naturales, como huracanes, fenómeno del Niño y blanqueamiento, y por perturbaciones antrópicas, tales como la sobrepesca, contaminación por descargas domésticas e industriales y turismo (Hughes, 1999; Nystrom et al., 2000; Pardo-Ochoa, 2013). Otros factores antrópicos que afectan o amenazan los arrecifes de coral pueden ser: el anclaje de embarcaciones, la minería, la contaminación de los océanos, el aumento en la sedimentación, la deforestación, los dragados, la alteración del curso de los ríos y la extracción del coral para la fabricación de artesanías (Gardner, 2003).

Este deterioro se ha evidenciado en la pérdida del tejido vivo de los corales, la ineficiente recuperación de las áreas afectadas, el incremento en la cobertura algal, la reducción de las poblaciones de peces, un rápido cambio en la composición de especies y la disminución en el número y las tallas de las especies de coral (Aronson, 2006). Para el mar Caribe se dice que desde la década de los 70's, el 40% de la cobertura original de este ecosistema se ha perdido (Pardo-Ochoa, 2013).

Según el programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA, (UNEP por sus siglas en inglés), la sobrepesca representa la mayor amenaza para los arrecifes del Caribe Oriental, seguida por el desarrollo costero, la sedimentación y la contaminación; afirman también

que cerca de 9.000 km de estos arrecifes coralinos están amenazados por el aumento de la sedimentación y de la contaminación relacionada con las actividades terrestres.

Problemática mundial.

Las actividades terrestres, incluyendo la construcción, la deforestación y las prácticas agrícolas incorrectas, están depositando en las aguas costeras una carga cada vez mayor de sedimentos y nutrientes, asfixiando algunos corales y contribuyendo a su recubrimiento por algas (Burke y Maidens, 2005).

Tabla 1: Sedimentos y destrucción de los arrecifes de coral.

LUGAR	Porcentaje de corales afectados
América Central	100%
Polinesia	10%
Asia	casi 100%
Todo el mundo	60-70% de los arrecifes franjeantes

Según datos de La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, mundialmente conocida como FAO, la rápida erosión de las subcuencas como consecuencia de prácticas agrícolas poco acertadas, genera un arrastre significativo de sedimentos. Se ha comprobado que los sedimentos son una causa importante de deterioro y destrucción de los arrecifes de coral, en todo el mundo. Los expertos (M. Risk, comunicación personal, 1995) estiman que los porcentajes de estos arrecifes afectados por la colmatación son los siguientes:

La FAO afirma que los estudios sobre los arrecifes de coral en Australia revelan que el Carbono Orgánico (CO) de las partículas terrestres puede ser transportado mar adentro a arrecifes situados a distancias de hasta 110 km., y que los sedimentos son producidos en gran parte por las actividades agrícolas y como consecuencia de la erosión de las tierras deforestadas. Agrega además que la producción de sedimentos como resultado de las actividades intensivas de explotación forestal de la isla de Madagascar ha destruido los arrecifes franjeantes. Observaciones efectuadas desde el espacio han permitido describir la transformación de Madagascar, una isla

verde rodeada de un mar azul, en una isla parda en medio de un mar rojo (sedimentos).

Problemática en el Caribe.

Después de una historia de pesca excesiva, cambios en el uso del suelo y pérdida catastrófica de especies clave; eventos de blanqueamiento en todo el Caribe en 1995, 1998, 2005 y 2010 causaron aún más mortalidad en corales y muchos arrecifes sufrieron brotes de enfermedades coralinas como consecuencia de estos eventos (Bastidas et al., 2006). Cerca de un tercio de los arrecifes caribeños están dentro del nivel de amenaza alta por la presión de la sobrepesca, y cerca de 30% en el nivel de amenaza media. La amenaza fue considerada como alta en casi todas las plataformas estrechas y cercanas a núcleos de población (Burke y Maidens, 2005) (figura 1).



Figura 1. Mapa de arrecifes del Caribe amenazados por actividades humanas. Tomado de: Reefs At Risk. (Burke y Maidens, 2005).

Burke y Maidens (2005) realizaron el análisis de más de 3.000 cuencas hidrográficas en todo Caribe, demostrando que un 20% de los arrecifes coralinos de la región están bajo un alto nivel de amenaza, y cerca de 15% bajo amenaza media por el daño causado por el aumento de los sedimentos y la contaminación, derivados de los campos agrícolas y otras modificaciones de la tierra.

Garzón - Ferreira *et al.*, (2002) realizaron un estudio en corales del Caribe y el Pacífico; en Brasil, Colombia, Costa Rica, Panamá y Venezuela. El incremento de coberturas algales es evidente en los arrecifes de estas regiones, debido al aumento de nutrientes en el agua, producto de la descarga de sedimentos de los ríos Magdalena, Atrato, Orinoco y Amazonas.

Antonius (1977) registró la denominada Reacción de Muerte Súbita, RMS (Shut Down Reaction) en

el Caribe, síndrome que provocaba la muerte rápida a corales altamente estresados, principalmente por condiciones ambientales extremas (tales como temperatura y sedimentación). La RMS comienza en cualquier punto de la colonia coralina a partir del cual se difunde hacia el resto de la colonia, despojando el tejido vivo a una tasa que puede alcanzar los 10 cm/hora. Se ha encontrado también que esta enfermedad es contagiosa, infectando a otros corales por contacto a través de la columna de agua, siempre y cuando se encuentren estresados (Antonius, 1988).

Problemática en Colombia.

En Colombia se han reportado múltiples casos de deterioro de zonas de arrecifes coralino, tanto para el Mar Caribe como para el océano Pacífico, siendo los más relevantes los presentados en los arrecifes coralinos del parque Tayrona en Santa Marta, de islas del Rosario en Cartagena y los del Golfo de Urabá, los cuales han recibido durante muchos años significativos aportes de sedimentos a través del río Magdalena, canal del Dique y río Atrato, respectivamente.

Prahl y Erhardt (1985), realizaron un extenso estudio en todo Colombia donde resaltaron que la degradación de los arrecifes coralinos ha sido ocasionada especialmente por dragados, construcciones civiles, pesca con dinamita, contaminación y vertimiento de aguas residuales al mar. Además argumentan que los arrecifes se han visto agredidos desde la época de la colonia. No obstante, los primeros datos que se tiene son de los años cincuenta cuando en Cartagena e Islas de Rosario se abrió el Canal del Dique y los sedimentos cubrieron las aguas cristalinas y los corales hasta matarlos.

El Canal del Dique desemboca sus aguas en el mar Caribe, aportando un volumen anual de 228 km³ (IDEAM, 2003). En el mar, la gran mayoría de sedimentos son transportados a los arrecifes coralinos de las Islas del Rosario y San Bernardo. Muchas de estas formaciones coralinas que persisten en la actualidad se encuentran en avanzado estado de deterioro, o incluso en algunas zonas ya han desaparecido (como es el caso de las formaciones que existieron hasta hace algunas décadas al interior de la bahía de Cartagena y en torno a Tierra Bomba). (Arroyave *et al.*, 2014).

Es evidente que esta problemática de degradación de los arrecifes coralinos es un evento de magnitud global y que los aportes de sedimentos ocasionados por ríos, canales y arroyos, juegan un papel principal como actores perturbadores del desarrollo de estos valiosos ecosistemas. Por otra parte, son pocos los estudios acerca de los efectos de los sedimentos sobre el desarrollo de los corales, además de puntuales, por lo que generalmente tratan cada efecto de manera aislada; en este artículo se presenta una recopilación de diversos estudios con el propósito de condensar los efectos que los aportes de sedimentos ocasionan sobre los arrecifes coralinos.

Efectos de los sedimentos sobre los corales.

Los arrecifes coralinos son ecosistemas muy frágiles ante la acción de agentes perturbadores externos; por esto existen muchas alteraciones, tanto de origen natural como antropogénico, que los afectan negativamente. Tormentas, huracanes, eventos como el fenómeno del Niño, contaminación, alta sedimentación y sobrepesca, entre otros muchos factores, han provocado una considerable disminución de la salud coralina en las últimas décadas (Birkeland, 1997).

Los arrecifes de coral y las comunidades de coral se desarrollan mejor en aguas tropicales claras y cálidas, con salinidades relativamente altas, entre 33 y 36, por lo que están generalmente ausentes de las zonas de influencia de las descargas de aguas dulces y cargadas de sedimentos. Dado que los corales hermatípicos viven en simbiosis con algas microscópicas (zooxantelas), su dis-

tribución está limitada a las aguas claras y a zonas poco profundas, generalmente por encima de los 50 m. (Díaz et al., 1996). Un arrecife coralino en buen estado se caracteriza por tener una alta cobertura coralina viva y diversidad de especies; un arrecife en buenas condiciones ofrece múltiples servicios ecosistémicos (Pizarro et al., 2014). (Figura 2).

LPese a que las aguas marinas costeras reciben en mayor o menor grado la influencia de las descargas de aguas dulces con sedimentos en suspensión, lo que implica una serie de limitantes para el asentamiento y desarrollo de la comunidad coralina, en algunos sectores particulares se ha posibilitado el desarrollo de verdaderas estructuras arrecifales, y la diversidad de corales y de otros organismos que habitan en ellas puede ser equiparable o incluso superar a la de las áreas oceánicas (Díaz et al., 1996). Por otra parte, un arrecife coralino degradado se distingue por la baja cobertura de coral vivo. El bentos es dominado usualmente por macro algas y otros organismos, lo que se conoce como un cambio de fase, (Pizarro et al., 2014). (Figura 3).

Algunos de estos autores han planteado que el bajo crecimiento coralino y desarrollo de los arrecifes está limitado por condiciones subóptimas, como aguas de surgencia y la descarga continental de aguas dulces cargadas de sedimentos y nutrientes (Martínez et al, 2005). La incidencia de sedimentos sobre los corales provoca una gran afectación en el desarrollo de estos; inicialmente inhiben su desarrollo al obstruir el paso de la luz solar y por ende provocar la disminución de la foto-



Figura 2. Arrecife coralino del Caribe colombiano, en el sector de Barú, en buen estado. Fuente: Pizarro et al., 2014.

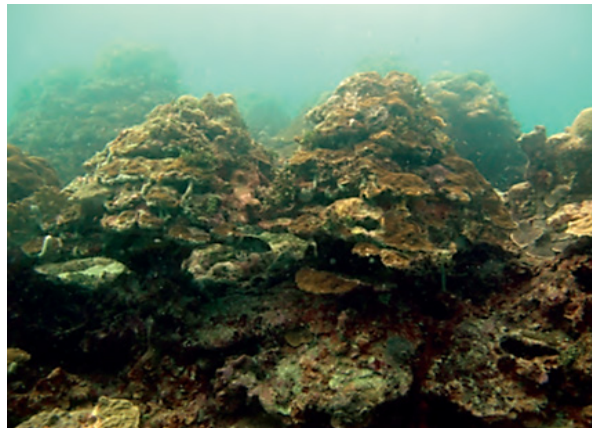


Figura 3. Un arrecife coralino degradado. (Foto arrecife del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo - Isla Grande). Fuente: Pizarro et al., 2014.

síntesis, también retardan el crecimiento al obstruir los pólipos de los corales de tal forma que estos no pueden alimentarse, y finalmente estos sedimentos impiden que los corales expulsen sus desechos.

Efectos sobre la fotosíntesis.

La sedimentación es uno de los factores más adversos para los arrecifes de coral. La turbidez de las aguas provocada por la sedimentación disminuye la penetración de luz solar necesaria para la fotosíntesis de las algas. (Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico).

La parte viva de los corales se conoce como pólipo (Figura 4). Los pólipos tienen una estructura sencilla, formada por dos capas de tejidos y entre estas hay un material gelatinoso. Estos contienen células especializadas (células calciformes) que les permiten extraer el carbonato de calcio que está disuelto en el agua de mar y depositarlo alrededor del pólipo para así formar el exoesqueleto que les sirve de sostén (Ortiz, 2005). Además, estos pólipos forman asociaciones simbióticas con algas microscópicas llamadas zooxantelas; estas algas se encargan del proceso fotosintético que proporciona nutrientes al coral y favorece su crecimiento (Arroyave et al, 2014). Las zooxantelas, entre otras cosas son responsables de las diferentes coloraciones que presentan los corales; al desaparecer estas algas los corales se toman blancos, proceso conocido en inglés como "bleaching" (Cortés Et al., 1984).

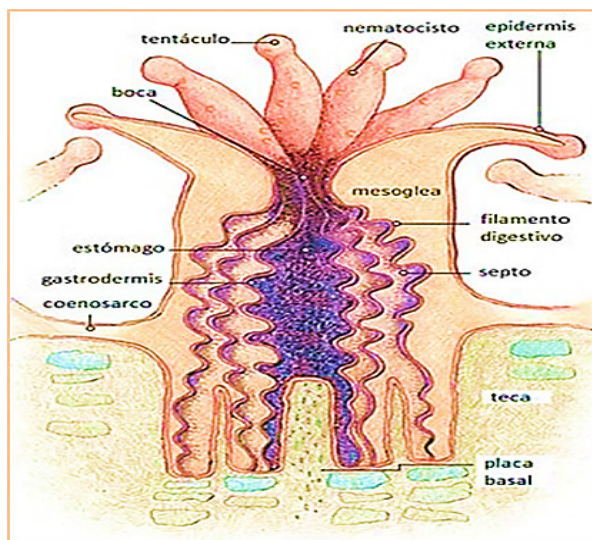


Figura 4. Anatomía de un pólipo de coral.

La erosión producida en los suelos agrícolas, particularmente los de pendiente abrupta, puede producir sedimentos que bloquean la luz necesaria para la fotosíntesis, y que terminan por asfixiar a los arrecifes (Burke y Maidens, 2005). La afección de la reacción fotosintética de las zooxantelas conduce a la muerte gradual de los corales por aumento de la sedimentación (Arroyave et al, 2014).

Efectos sobre la alimentación y crecimiento.

La sedimentación en las zonas costeras proviene de actividades tierra adentro y el dragado en las aguas costeras. El sedimento suspendido puede obstruir el mecanismo de filtración de alimento de los corales y actúa como un abrasivo (Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico).

El aumento de los sedimentos en el agua tapan progresivamente los orificios de los pólipos, impidiéndoles captar el alimento, expulsar los materiales de desecho y realizar el intercambio gaseoso (Pinilla, 2007). La eliminación del sedimento requiere mayor energía, lo cual incrementa las demandas metabólicas por parte de los corales. El incremento de sedimentos en el agua, produce el ahogamiento y muerte de los pólipos al taponarlos y sobrepasar su velocidad de limpieza, sumado a esto causa la reducción de la luz incidente afectando la simbiosis con las zooxantelas a las que se les atribuye el proceso de calcificación de los escleractinios y formación de arrecife, lo que conlleva al blanqueamiento coralino de las colonias (González, 2010) (figura 5).



Figura 5. Blanqueamiento del coral debido al taponamiento causado por sedimentos. Fuente: <https://www.spotmydive.com/en/news/what-is-coral-bleaching-great-barrier-reef>

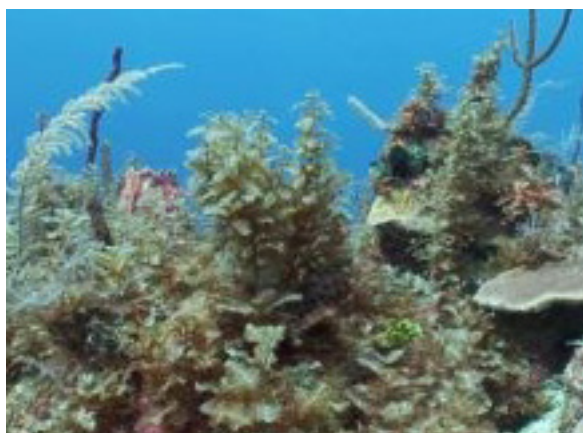
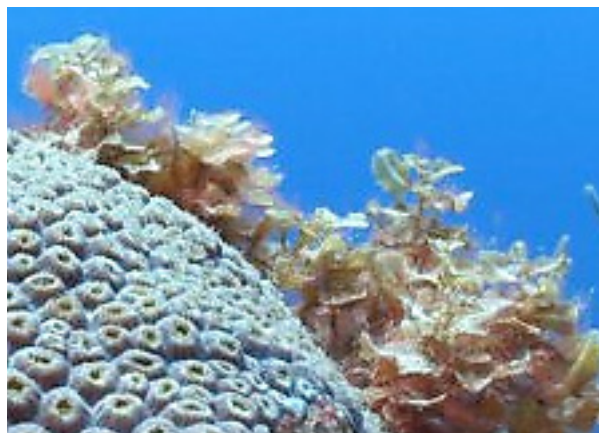


Figura 6. Efectos de los sedimentos sobre el ecosistema; a. Algas creciendo sobre corales, y b. Arrecife de coral invadido por algas
Fuente: <https://www.buscandoelazul.com/especies-clave-en-el-control-de-las-poblaciones-de-algas/>

Efectos sobre la reproducción.

Otro elemento importante es si el momento en que ocurre el disturbio (presencia de sedimentos) afecta procesos cruciales como el período de reproducción, asentamiento larval o la metamorfosis de las larvas, entre otros. El proceso de reproducción en los corales, por ejemplo, coincide con la época de lluvia que es cuando el arrastre de los ríos es mayor. Ello provoca, consecuentemente, que aumente la turbidez y la sedimentación de las aguas, lo cual dificulta la unión de los gametos de los corales (González, 2010).

La fecundidad del coral decrece en condiciones de turbidez ya que las larvas de los corales se guían por la cantidad y la calidad de la luz para elegir su sitio de asentamiento (Nystrom et al., 2000). A bajos niveles de luz, los corales se asientan en las superficies superiores, donde el riesgo de daño debido a la sedimentación es alto, más que en las superficies verticales. En condiciones de turbidez alta, el reclutamiento de los corales puede obstaculizarse debido a problemas durante la metamorfosis, creando condiciones inapropiadas para el continuo desarrollo y crecimiento (Fabricius et al., 2004). Es evidente que el proceso de reclutamiento de corales hermatípicos en el Caribe colombiano está determinado por las interacciones entre los factores físicos, biológicos y químicos del hábitat marino y las características intrínsecas de las diferentes especies (INVEMAR, 2005).

Efectos sobre el ecosistema.

Desde otra perspectiva, el aumento de aguas dulces y sedimentos está acompañado de mayores concentraciones de nutrientes, los cuales podrían promover el crecimiento de macro algas marinas sobre el coral (figura 6), transformando el paisaje submarino y provocando su muerte por la colonización que hacen estas algas sobre las estructuras coralinas (Pinilla, 2007). A su vez, la contaminación producida por sustancias químicas utilizadas en la agricultura tales como abonos y plaguicidas puede impedir el crecimiento de los corales, llegando incluso a aniquilarlos. (Burke y Maidens, 2005).

La pérdida de este ecosistema provoca la desaparición de otros, afectando la biodiversidad marina del país, por lo cual se hace necesario tomar medidas efectivas que contrarresten los efectos de la sedimentación. (Arroyave et al, 2014).

En términos generales los sedimentos causan una afección tanto a nivel fisiológico, como a nivel metabólico y ecosistémico; no obstante, algunos autores consideran que esta afección no se presenta de igual forma en todas las especies de corales. Torres y Morelock (2002) han planteado que la entrada de cantidades grandes de sedimentos terrígenos no afecta a especies tolerantes a la sedimentación (*S. siderea* y *P. astreoides*). En tal sentido, Anthony (2006) ha demostrado que las condiciones ambientales en áreas de la plataforma con turbidez alta, no siempre impactan negativamente en la fisiología de los corales. Este autor halló reservas de lípidos cuatro veces

superiores en corales de arrecifes costeros comparados con las que encontró en corales de arrecifes fuera de la plataforma. Él mismo ha sugerido que los efectos adversos de la sedimentación y la turbidez sobre los arrecifes, pudieran estar operando a nivel de población y comunidad, más que a nivel fisiológico (González, 2010).

Conclusiones.

En las últimas décadas los aportes de sedimentos se han incrementado considerablemente en todo el Caribe, lo cual ha repercutido en el deterioro de grandes extensiones de zonas coralinas.

La presencia de sedimentos en los arrecifes coralinos afecta primordialmente el proceso de respiración, lo cual se da en dos momentos; inicialmente los sedimentos obstruyen el paso de la luz solar al estar suspendidos en la columna de agua y disminuir la visibilidad, y posteriormente el depósito de los sedimentos sobre los pólipos de coral afecta directamente la capacidad fotosintetizadora de las zooxantelas.

Los sedimentos restringen el proceso de alimentación cuando su tasa de colmatación excede la velocidad de limpieza de los pólipos del coral, lo que genera una obstrucción de la boca de los mismos y el impedimento para ingerir los nutrientes necesarios para su desarrollo.

La afección de la relación simbiótica entre los pólipos y las zooxantelas, provocada por los sedimentos, repercute en la disminución del crecimiento de los arrecifes, dado que estos impiden la producción del carbonato de calcio, del cual está formado el exoesqueleto de los corales y sobre el que se cimenta el crecimiento del arrecife coralino.

Los procesos reproductivos de los corales también se ven afectados por la presencia de sólidos suspendidos en la columna de agua, debido que estos dificultan la unión de los gametos de los corales.

Los efectos de los sedimentos sobre los procesos de respiración, alimentación, crecimiento y reproducción de los corales, propician en el deterioro general del arrecife coralino, lo cual afecta también a otros ecosistemas, tales como praderas marinas, bosques de manglar, eco-

sistemas bentónicos y neuston, dadas las relaciones inter ecosistémicas existentes entre estos y los arrecifes coralinos.

Bibliografía

Anthony, K.R.N. (2006): Enhanced energy status of corals on coastal, high-turbidity reefs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 319: 111-116.

Antonius, A. 1977. Coral mortality in reefs: a problem for science and management. *Proc. 3rd Internat. Coral Reef Symp.*, 2: 617-623.

Antonius, A. 1988. Distribution and dynamics of coral diseases in the eastern Red sea. *Proc. 6th Internat. Coral Reef Symp.*, 2: 293-298.

Aronson, R. & 2006. Conservation, precaution, and Caribbean reefs. *Coral reef journal of the International Society for reef studies*, 441-450.

Arroyave, L., Bermúdez, Y. & Villada, L. (2014). Impacto de la sedimentación en los corales de Islas del Rosario y San Bernardo, Colombia. *Cuaderno Activa*, 6, pp 133-141.

Bastidas, C., A. Croquer & D. Bone. 2006. Shifts of dominance species after a mass mortality on a Caribbean Reef. *Proc. 10th Int. Coral Reef Symp.*, Okinawa: 989-993.

Birkeland, R. (Ed.). 1997. *Life and death of coral reefs*. Chapman and Hall, New York. 536 p.

Burke, L., Maidens, J. 2005. *Reefs at Risk in the Caribbean*. World Resources Institute. Washington, DC, 84p.

Cortés, J., Murillo, M., Guzmán, H., y Acuña, J. 1984. Pérdida de zooxantelas y muerte de corales y otros organismos arrecifales en el Caribe y Pacífico de Costa Rica. Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) y Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica.

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico. Programa de Educación en Recursos

Acuáticos. Cartilla "Arrecifes". San Juan, PR 00936. Sector El Cinco, Carretera 8838, Km 6.3 Río Piedras, Puerto Rico.

Díaz, J.M., G. Díaz-Pulido, J. Garzón-Ferreira, J. Geister, J. Sánchez y S. Zea. 1996. Atlas de los arrecifes coralinos del Caribe colombiano: I. Complejos arrecifales oceánicos. INVEMAR, Serie de publicaciones especiales No. 2, Santa Marta. 83 p.

Díaz, J. M., L. M. Barrios, M. H. Cendales, J. Garzón-Ferreira, J. Geister, M. López-Victoria, G. H. Ospina, F. Parra-Velandia, J. Pinzón, B. Vargas-Ángel, F. A. Zapata y S. Zea. 2000. Áreas coralinas de Colombia. INVEMAR, Serie Publicaciones Especiales No. 5, Santa Marta, 176p.

Fabricius, K. E.; De'ath, G.; McCook, L.; Turak, E. and D. McB Williams (2004): Changes in algal, coral and fish assemblages along water quality gradients on the inshore G Barr R. Mar. Poll. Bull. 48: 101-111.

FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Capítulo 2 - Contaminación Provocada por los Sedimentos. Departamento de Desarrollo Sostenible.

Gardner, T. A., I. M. Cote, J. A. Gill, A. Grant, A. R. Watkinson. 2003. Long-term region-wide declines in Caribbean corals. Science, 301:958-960.

Garzón-Ferreira, J., M. Reyes-Nivia y A. Rodríguez-Ramírez. 2002. Manual de métodos del SIMAC: Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia. INVEMAR, Santa Marta. 102 p.

González Díaz, S. 2010. Efecto acumulativo de agentes estresantes múltiples sobre los corales hermatípicos de la región noroccidental de Cuba. Universidad de La Habana. Centro de Investigaciones Marinas. Ciudad de La Habana.

Gonzalez Rodriguez, C. 2010. Análisis ecológico de la estructura y la distribución espacial, de las comunidades coralinas de llanura de la ensenada el aguacate, golfo de Urabá (Colombia). Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de estudios ambientales y rurales. Bogotá D.C.

Hughes, T.P. y J.H. Conell. 1999. Multiple stressors on coral reefs: A long-term perspective. Limnol. Oceanogr.,

44 (3, part 2): 932-940.

IDEAM, 2003 (s.f.). River Database of the Magdalena Drainage Basin. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Bogotá, Colombia.

INVEMAR, Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia: Año 2005. (Serie de publicaciones periódicas/INVEMAR; No.8) Santa Marta. 360 p.

Nystrom, M., C. Folke, F. Moberg. 2000. Coral reef disturbance and resilience in a human-dominated environment. Tree.

Martínez, S.; Acosta, A. Cambio temporal en la Estructura de la comunidad coralina del área de Santa Marta - Parque Nacional Natural Tayrona (Caribe Colombiano). 2005. Bol. Invest. Mar. Cost. 34. ISSN 0122-9761. Santa Marta, Colombia. P 161-191.

Ortiz, A. (2005). Los arrecifes de coral. Puerto Rico: Sea Grant.

Pardo-Ochoa. A. (2013). Evaluación del estado actual de conservación de cinco parches coralinos en la zona sur - occidental de Isla Fuerte - Mar Caribe, Colombia. Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Bogotá D.C.

Pinilla, G., Gutiérrez, A. & Ulloa, G. (2007). Efectos ecológicos de la derivación de aguas y sedimentos hacia la bahía de Barbacoas. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/3490/1/>

Pizarro, V., V. Carrillo y A. García-Rueda. 2014. Revisión y estado del arte de la restauración ecológica de arrecifes coralinos. Biota Colombiana 15 (Supl. 2): 132-149.

Prahl, H von y Erhardt, H. 1985. Colombia: Corales y Arrecifes Coralinos. Fondo para la Protección del Medio Ambiente José Celestino Mutis. FEN Colombia, Bogotá, 295 págs.

Torres, J.L. y J. Morelock. 2002. Effect of terrigenous sediment influx on coral cover and linear extension rates of three caribbean massive coral species. Carib. J. Sci., 38 (3,4): 222-229.

Grupo De Investigación En Biotecnología, Medioambiente Y Desarrollo Agroindustrial GIBIOMAS

El grupo de Investigación en Biotecnología, Medioambiente y Desarrollo Agroindustrial - GIBIOMAS, adscrito al Centro Agroempresarial y Minero del SENA, Regional Bolívar, es el resultado de una iniciativa de varios instructores que, motivados a realizar aportes a la academia y al desarrollo regional desde su perfil profesional, decidieron juntar esfuerzos y conformar un grupo de trabajo interdisciplinario para desarrollar actividades de ciencia y tecnología que promuevan la generación de conocimiento.

El grupo de investigación fue conformado en el año 2014 y registrado ante el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación COLCIENCIAS, entidad rectora de políticas de investigación en el país. GIBIOMAS sigue los lineamientos institucionales de ciencia y tecnología determinados por el Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación SENNOVA de la dirección general del SENA, quien ha otorgado el aval institucional del grupo de investigación.

Desde su conformación GIBIOMAS ha estado participando en diversas actividades de ciencia, tecnología e innovación a través de la formulación y ejecución de trabajos e investigaciones, de proyectos de ciencia y tecnología, participación en eventos de intercambio y divulgación de conocimientos a nivel local, regional e internacional, lo cual ha ido posicionando el grupo en diversos escenarios académicos e institucionales.

Los trabajos del grupo de investigación GIBIOMAS se orientan a los sectores agropecuario, ambiental e industrial. Fundamentado en la academia, en principios de ética y valores institucionales, el grupo de investigación trabaja en la búsqueda de soluciones a problemas de conocimiento y dificultades de los sistemas productivos y de las empresas.

Para materializar sus trabajos, GIBIOMAS cuenta con varias líneas de investigación, acopladas a los programas nacionales de ciencia y tecnología y a líneas modulares del Centro Agroempresarial y Minero:

- » Biotecnología y Microbiología Aplicada - BAM
- » Ciencias Agrícolas y Pecuarias - CAP
- » Ambiente y Recursos Naturales - ARN
- » Ciencia y Tecnología Agroindustrial - CyTA
- » Sistemas Integrados de Gestión - SIG
- » Sociedad y cultura - SyC

Cada línea de investigación es integrada por un instructor líder, instructores-investigadores y un grupo de aprendices vinculados a semilleros de investigación, para el desarrollo de sus actividades. Todos los integrantes del grupo y participantes en las actividades del grupo se encuentran registrados con CvLAC ante COLCIENCIAS.

GIBIOMAS es un grupo de investigación con proyección social, de trabajo permanente, que busca convertirse en un referente de investigaciones para el desarrollo regional. Sus miembros son apasionados por la generación de conocimiento y están convencidos de que a través de la investigación y las actividades de ciencia y tecnología es posible incursionar en nuevos procesos, productos y servicios que mejoren la calidad de vida de la sociedad y la productividad regional.

GIBIOMAS está en capacidad de establecer alianzas con otros grupos de investigación y empresas para desarrollar trabajos académicos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en respuesta a necesidades de los sectores productivos y de la sociedad en general.

Ubicación: Centro Agroempresarial y Minero SENA Regional Bolívar.

Dirección: Km 1 vía a Turbaco, Cartagena de Indias.

Email: gibiomas.sena@gmail.com

Instrucciones Para Los Autores

La Revista de Investigación Agropecuaria y Desarrollo Sostenible (RIADS) es el órgano de divulgación técnico científico del Centro Agroempresarial y Minero (CAYMBOL) del SENA regional Bolívar. Es una revista de acceso libre, editada anualmente en formato impreso y digital, creada para apoyar la publicación de resultados de investigación aplicada en la región: Es un espacio para que los investigadores y profesionales puedan difundir los resultados de sus trabajos y experiencias investigativas publicando artículos inéditos y arbitrados (peer review) en temas relacionados con la agricultura, agronomía, ciencias del suelo, ciencias veterinarias, bioproductos, biomateriales, alimentos, biotecnología, medio ambiente, recursos naturales y otras disciplinas transversales y aplicadas a estas áreas, que contribuyan a la generación de nuevo conocimiento y su transferencia al sector rural como solución a sus dificultades y aporte a la productividad de la economía rural.

La tipología de los artículos a publicar es:

- **Artículos originales extensos:** documento que presenta de forma detallada, resultados originales de investigación aplicada, innovación y desarrollo tecnológico.
- **Artículos cortos:** documento breve, que presenta resultados originales, preliminares o parciales, de investigación aplicada, innovación y desarrollo tecnológico, que requieren de una difusión rápida, sobre trabajos relacionados con las áreas temáticas de interés de esta revista, cuyo valor o importancia, justifique la necesidad de información puntual sobre la temática.
- **Artículos de revisión:** documento que describe un análisis sistematizado y la integración de los resultados de investigaciones publicadas, sobre investigación aplicada, innovación y desarrollo tecnológico con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo.
- **Nota técnica:** describe nuevas técnicas de laboratorio o de campo, o modificaciones realizadas a una técnica ya establecida; resaltando las ventajas que presenta el nuevo procedimiento o la innovación desarrollada, generalmente contiene resumen, introducción, técnica para presentar y conclusiones, conservando la estructura de los artículos resultados de investigación.

- **Cartas al editor:** posiciones críticas, analíticas o interpretativas sobre los artículos publicados en la revista que, a juicio del Comité Editorial, constituyen un aporte importante a la discusión del tema por parte de la comunidad científica de referencia. La correspondencia publicada puede ser editada por razones de extensión, corrección gramatical o estilo, y de esto se informará al autor antes de su publicación.

- **Artículo de Reflexión:** presenta resultados inéditos de investigación desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico recurriendo a fuentes originales. Artículo de reflexión no derivado de investigación: se refiere a un ensayo que presenta la opinión sustentada del autor sobre un tema específico. Ambas tipologías generalmente contienen Resumen, Introducción, División de los temas tratados y Conclusiones.

- **Editorial:** documento escrito por el editor, un miembro del Comité Editorial o un investigador invitado, sobre temas de actualidad científica u orientaciones en el dominio temático de la revista.

Contenido De Los Artículos

Estructura del Manuscrito

Extensión

Artículos originales extensos: No debe exceder las 5000 palabras o las 25 páginas, incluyendo el resumen (máximo 250 palabras) con su traducción al idioma inglés, texto, pero excluyendo las referencias (máximo 25), tablas y figuras.

Artículo Cortos: No debe exceder las 2000 palabras o 15 páginas, incluyendo el título, resumen (máximo 250 palabras), texto, las referencias (máximo 15) y las leyendas de las tablas y figuras.

Artículos de revisión: No debe exceder las palabras o el rango de 15 a 25 páginas, incluyendo el resumen con una extensión máxima de 100 palabras y 250 palabras para las revisiones sistemáticas, pero excluyendo las referencias (mínimo 50), tablas y figuras.

Nota técnica: No debe exceder las 2500 palabras o 15 paginas, incluyendo el título, resumen (máximo 250 palabras), texto, pero excluyendo las referencias (máximo 15), tablas y figuras.

Cartas al editor: Tienen una extensión máxima de 500 palabras o dos página y 5 Referencias.

Artículo de Reflexión: No deben exceder las 3500 palabras o 10 páginas, (sin incluir título, autores y resúmenes). Debe tener hasta 30 referencias.

Editorial: Tiene una extensión máxima de 1000 palabras o tres páginas y 5 Referencias Bibliográficas.

Tablas e Ilustraciones

En el artículo se usará la palabra “Figura” para referirse a todas las ilustraciones (gráficas de datos, fotografías o dibujos originales). Estos deben presentarse con numeración consecutiva (Figura 1 ... Figura n, etc.). Las figuras deben ser de buena calidad, con trazos limpios, bien definidos y texto legible; y sus márgenes deben ser de máximo 1 cm. Las fotografías deben ser nítidas y bien enfocadas.

Todas las tablas y figuras deben ser tituladas, las tablas en la parte superior y las figuras en la parte inferior, numeradas y citadas en el artículo, sin recuadros. Las tablas no se admiten en formato de imagen y todas deben anexarse al final del texto en páginas separadas, deberán suministrarse en el archivo del manuscrito y también en su original del programa estadístico. El número máximo entre tablas y figuras será de 7. Cada figura debe enviarse por separado y en los archivos originales, se deben enviar en los formatos gráficos: jpg, tiff o bmp, con resolución de 300 dpi (dots per inch o puntos por pulgada). De ser necesario, se deben anexar los permisos para la reproducción de tablas, cuadros, figuras e imágenes que estén protegidas por derechos de autor.

Cada una de las tablas y figuras serán citadas en el texto con mayúscula inicial, un número y en el orden en que aparezcan, y se deben presentar en hoja aparte identificadas con el mismo número. Por ejemplo: “Como se indica en la Tabla 1 o Figura 1”. Las tablas deben explicarse por sí solas y no duplican lo planteado en el texto, sino que lo sustituyen o complementan. Las abreviaturas

que se utilicen en los encabezamientos irán explicadas en nota de pie de la tabla y se identificarán exclusivamente con letras minúsculas en superíndice. Se deben presentar sólo con líneas horizontales visibles, sencillas y en color negro.

Idiomas, unidades, abreviaturas y estilo

Idioma: El idioma oficial de la revista es el Español, por tanto, los artículos deberán estar escritos en este idioma y se deberá incluir un resumen en Ingles.

Símbolos, Unidades, Enumeración: Es necesario utilizar las normas del Sistema Internacional de Magnitudes (ISO/IEC 80000), en lo referente a unidades, símbolos y abreviaturas. Debe utilizarse exclusivamente el Sistema Métrico Decimal (SI), además de las unidades específicas de mayor uso por parte de la comunidad científica. Para la enumeración se deberá dejar un espacio entre el número y la unidad excepto para los signos de porcentaje (%), grados centígrados (°C) y pesos (\$), los cuales deben ir unidos a la cifra. Las unidades de medidas no deben ir en plural y no deben llevar punto ni coma al final.

Nombres comerciales: Se recomienda evitar el uso de nombres comerciales; en su lugar se utilizarán los nombres genéricos; pero si es imprescindible para la claridad del manuscrito, se indicará con el símbolo *.

Nombres científicos: Los nombres científicos deben ser indicados en cursiva, con mayúscula inicial e incluya los nombres de los clasificadores solamente refiriéndose al organismo utilizado en la investigación. Se debe indicar las cepas y las variaciones de la especie, si es relevante para el trabajo. El nombre del cultivar o variedad debe encerrarse en comillas cuando este es escrito después del nombre científico. Las especies de plantas y animales deben referirse por su nombre común. El nombre científico y el clasificador deben escribirse completamente cuando la especie de planta es enunciada por primera vez en el texto o resumen para las especies vegetales utilizadas en la investigación. Pesticidas deben referirse por su ingrediente activo aprobado.

Nombres de equipos, instrumentos y reactivos: debe indicarse los valores precisos para la replicación del experimento, describiendo detalles específicos que facili-

ten su identificación; para reactivos y medios de cultivo se debe indicar la marca y el país de procedencia entre otros.

Abreviaturas: Se incluirá un listado de las abreviaturas presentes en el trabajo con su correspondiente explicación. La primera vez que aparece la palabra que se quiere abreviar, tanto en el resumen como en el texto, ésta estará seguida de la abreviatura entre paréntesis. En el resto del texto ya puede aparecer la abreviatura sin más añadidos.

Formato y Estilo: El estilo de escritura debe ser absolutamente impersonal, en tiempo gramatical pasado, evitando la conjugación de verbos en primera o tercera persona del singular o el plural. Redactados en formato Word en una sola columna, en tamaño carta, letra Arial, tamaño de la fuente 12 puntos y márgenes de 2,5 cm, interlineado a 1,5. Únicamente el título del artículo debe ser Arial 14 puntos.

Estructura General del Artículo

Primera Página

Título y autores

Título: Debe identificar claramente la investigación desarrollada, preciso, (no pasar las 15 palabras) ir escrito en mayúscula y centrado. Los nombres en latín deben ir en cursiva. Este mismo título debe ser presentado en inglés. Los autores deben suministrar un título breve no mayor a ocho palabras, para ser ubicado en las páginas interiores del artículo publicado.

Autores: Autor(es): Son aquellos que participan en la planeación, ejecución, elaboración, discusión y escritura del artículo. El nombre de los autores se deberá escribir completo. En nota de pie de página se indicará acorde al superíndice: Institución, Facultad, Departamento, Instituto, Laboratorio, Grupo de estudio, etc., dirección, ciudad y país. El autor a cargo de la correspondencia debe venir señalado con asterisco y tener dirección electrónica.

Resumen, Abstract y Palabras Claves

El resumen debe ser escrito en pasado y estructurado en un solo párrafo, junto a la traducción al idioma inglés correspondiente al **Abstract**, sin exceder las 250 palabras para artículos de investigación y de revisión, y máximo 100 palabras para comunicaciones breves. Deberá ofrecer una idea clara del contenido del artículo con secciones diferenciadas y etiquetadas con los subtítulos resaltados con negrita: **Introducción, Objetivo, Materiales y Métodos, Resultados y Conclusiones**, este último enfatizando en los logros alcanzados. Después de cada subtítulo se debe escribir un punto e iniciar la redacción del texto de cada sección. En el resumen no se incluyen citas bibliográficas, figuras, tablas, ni abreviaturas.

Palabras clave: Una lista de máximo cinco palabras clave deben ser incluidas y colocadas después del resumen, las palabras pueden estar incluidas en el título, para facilitar la búsqueda del trabajo en internet por motores de búsqueda como Google Scholar. En todo caso, las palabras clave deben corresponder a descriptores de acuerdo al área de conocimiento del manuscrito: MeSH y DeCS (Ciencias de la Salud), Tesauro Agrovoc-FAO (Ciencias Agrícolas), CAB Thesaurus - Centre for Agricultural Bioscience International "CABI" (agricultura, Ciencias de la Salud, Ciencias Humanas y Sociales y áreas relacionadas).

Key words: Corresponde a una traducción fiel de las palabras claves al idioma inglés y deben ser colocadas después del Abstract.

Cuerpo del Manuscrito

Los artículos completos y cortos presentan de manera detallada los resultados originales derivados de proyectos de investigación terminados, que no hayan sido publicados previamente. El cuerpo del trabajo de un artículo científico original extenso o corto, debe estar escrito de acuerdo a las normas de la redacción científica y debe caracterizarse por la claridad y la concisión; su estructura debe responder al formato IMRYD (**introducción, métodos, resultados y discusión**), agradecimientos (opcional) y referencias bibliográficas.

Los títulos principales del cuerpo del trabajo deben estar alineados a la izquierda, en mayúscula sostenida y

negrita separados por doble espacio. Los subtítulos deben redactar en minúscula con la letra inicial mayúscula en negrita, alineados a la izquierda y separados con doble espacio del párrafo.

Introducción

La introducción debe responder a la pregunta de ¿Por qué se ha hecho este trabajo?, debe indicar claramente la importancia y necesidad de la de la investigación, el contexto del Objeto de estudio, los antecedentes de investigación y el vacío del conocimiento, relacionando igualmente en forma selectiva lo expuesto en la literatura pertinente más reciente sobre el tema. No se pueden incluir datos ni conclusiones del trabajo que se está dando a conocer. Esta sección deberá finalizar indicando los objetivos que se persiguen con la realización del trabajo.

Materiales Y Métodos

En esta sección se responde a la pregunta de **¿Cómo se ha hecho el estudio?**, debe ser escrita de forma lógica y detallada de manera que permita la reproducibilidad de forma independiente de la investigación por parte de la comunidad académica. Si la metodología ha sido publicada anteriormente, se debe explicar la metodología empleada y citar la publicación original de donde fue tomada. Si a la metodología se le han realizado algunos cambios, estos deben ser aclarados y descritos. Debe incluir el **sitio o área de investigación, materiales y equipos utilizados, métodos, técnicas, diseño experimental, análisis y procesamiento estadístico de los datos**. Para los casos en donde se emplee algún tipo de software para el análisis de los datos, se debe especificar la versión y licencia o uso libre.

La información incluida en la sección de material y métodos se organizará en cinco áreas:

- » **Diseño de estudio:**
- » **Población y Muestra:** Sobre la que se ha hecho el estudio. Describe el marco de la muestra y cómo se ha hecho su selección.
- » **Sitio o Área de investigación:** Indica dónde se ha hecho el estudio.
- » **Materiales, Equipos y Procedimientos:** Se describen las técnicas, tratamientos (utilizar nombres genéricos siempre), mediciones y unidades, pruebas piloto, aparatos y tecnología, etc.

- » **Análisis de los datos:** Señala los métodos estadísticos utilizados y cómo se han analizado los datos.

Resultados

Los resultados deben redactarse en forma impersonal y coherente con la formulación de los objetivos, métodos y deben limitarse a los datos obtenidos y presentarse en una secuencia lógica, utilizando tablas y figuras para sintetizar la información, evitando su interpretación las cuales deberán citarse en esta sección en estricto orden, la información que se presenta en las tablas no debe ser repetición de la presentada en las figuras. Cuando se citen tablas o figuras dentro del texto no colocar punto después de la numeración de las mismas. Las tablas y figuras deben ir al final del documento.

Los resultados deben poder ser vistos y entendidos de forma rápida y clara, por tanto, la construcción de esta sección debe comenzar por la elaboración de las tablas y figuras, y sólo posteriormente redactar el texto pertinente en función de ellas. Esta sección debe ser escrita utilizando los verbos en pasado. Aunque es válido utilizar la voz pasiva o el impersonal ("**se ha encontrado que...**").

Discusión

La discusión es la interpretación de los resultados obtenidos o los aportes más significativos, comparándolos en función de sus similitudes y/o diferencias con otros estudios similares o relacionados que hayan sido publicados por otros autores, realizando las respectivas citas bibliográficas. Debe finalizar, con un apartado donde se destaque las limitaciones del estudio y evitando especulaciones.

A continuación, se sugieren algunas recomendaciones para su elaboración y organización:

- » Comience esta sección, con la respuesta a la pregunta de la Introducción, seguida inmediatamente con las pruebas expuestas en los resultados que la corroboran.
- » Escriba esta sección en voz presente ("**estos datos indican que**"), porque los hallazgos del trabajo se consideran nivel de evidencia científica.
- » Exponga con claridad, en lugar de ocultarlos, los resultados anómalos, argumentándolos con imaginación y lógica lo más coherente posible o sim-

plemente mencionando su hallazgo, aunque por el momento no se vea explicación.

- » Incluya las recomendaciones que considere pertinente y por encima de todo, evite sacar más conclusiones de las que sus resultados permitan.

Conclusiones

Deben ser claras, concisas y originarse de los resultados obtenidos en el trabajo, se deben redactar en función de los objetivos, omitiendo aquellos enunciados no son soportados por los resultados. Es importante la realización de recomendaciones para futuras investigaciones. Se puede incluir nuevas hipótesis soportadas de los resultados, pero calificándolas claramente como tales.

Agradecimientos

Esta sección no es obligatoria y obedecen al reconocimiento a persona o instituciones que sin cumplir los requisitos de autoría hayan contribuido significativamente con la realización de la investigación, bien sea por el aporte económico, material o técnico.

Financiación de los Proyectos

Es necesario incluir información suficiente sobre las fuentes de financiación del estudio y de apoyo, en dinero, en especie o en trabajo. Si las instituciones financiadoras o que apoyaron el estudio participaron de manera directa en algunas de las fases (diseño, ejecución, recolección información, procesamiento, análisis, redacción del manuscrito, etc.) se deben proporcionar los detalles al respecto.

Referencias Bibliográficas

A excepción de publicaciones de gran relevancia histórica, las citas deben ser recientes, no superiores a los 5 años en caso de un trabajo de revisión. La bibliografía debe citarse conforme se relacione con el cuerpo del documento, debe ir en orden alfabético y sin numeración alguna. Recuerde usar el estilo de la American Psychological Association (APA).

Evaluación de Manuscritos

Los artículos deben ser sometidos a través de la plataforma de gestión editorial Open Journal System (OJS): <http://revistas.sena.edu.co/index.php/riads/index>, acompañado de una carta remisoría firmada por todos los autores donde declaran expresamente que el documento es original, que todos conocen y están de acuerdo con su contenido e igualmente, que no ha sido publicado anteriormente ni está siendo sometido a evaluación por otra revista.

Todo documento propuesto para publicación tendrá una revisión inicial por parte del Comité Editorial de la revista, los cuales corroborarán que el documento se encuentre escrito siguiendo las normas establecidas por la revista y determinarán su pertinencia para publicación. Cumplido esto, los artículos serán revisados por pares científicos externos y expertos en el área específica del conocimiento, quienes en forma determinarán:

- » Publicar el documento sin modificaciones.
- » Publicar el documento con modificaciones menores.
- » Publicar el documento después de una revisión a fondo o con modificaciones mayores.
- » Rechazar el artículo.

En caso de presentarse una diferencia de conceptos entre los evaluadores con relación a la aceptación o rechazo del artículo, el artículo será enviado a un tercer evaluador que definirá la publicación o no del artículo. Los manuscritos que no sigan las normas de presentación se devolverán a los autores sin pasar por el proceso de evaluación.

