

CIENCIA

UNEMI

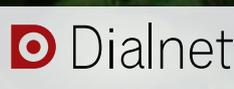
Revista de la Universidad Estatal de Milagro
Milagro, Ecuador

UNIVERSIDAD
ESTATAL DE MILAGRO
UNEMI

Evolución Académica



Indexada en:



En Catálogo



CIENCIA

UNEMI

UNIVERSIDAD
ESTATAL DE MILAGRO
UNEMI

Evolución Académica

Departamento de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación

Rector

Ing. Fabricio Guevara Viejó, PhD.

Vicerrector Académico y de Investigación

Econ. Patricio Alvarez Palacios, PhD.

Vicerrector Administrativo

Ing. Washington Guevara Piedra, MSc.

Secretaria General

Lcda. Diana Pincay Cantillo

Director del Departamento de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación

Ing. Edwain Carrasquero Rodríguez, PhD.

Vigésimo Cuarto Número

ISSN 1390-4272 Impreso

ISSN 2528-7737 Electrónico

Indexada en: ESCI (Emerging Sources Citation Index)

WoS, Latindex, Folio 19258

Dialnet, Código 23546

REDIB, CREI-OEI, Research Bib, OAJI

Actualidad Iberoamericana, MIAR, ERIHPLUS, BASE.

Tiraje: **1000 ejemplares**

septiembre, 2017

Milagro – Ecuador

La revista Ciencia UNEMI es una revista científica indizada y arbitrada, de publicación cuatrimestral. Dirigida a la población universitaria, que difunde los trabajos de investigación científica y reflexiones teóricas relacionadas con las áreas: Industrial; Tecnología, Informática y Comunicación; Administración y Gerencia; Salud Pública y Educación y Cultura. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos, siempre y cuando se cite su procedencia. Las opiniones de los autores son de su exclusiva responsabilidad y la revista no se solidariza con doctrinas, ideas o pensamientos expresados en ellos.

Solicitudes, comentarios y sugerencias favor dirigirse a: Universidad Estatal de Milagro, Departamento de Investigación, Revista Ciencia UNEMI. km 1.5, vía Milagro a Parroquia Virgen de Fátima. O comunicarse por + 593 04 2715081 Ext. 3115 -3212. Dirección electrónica: ciencia_unemi@unemi.edu.ec

Portada:

El sector cacaotero es estratégico en Ecuador por razones históricas, sociales y comerciales (Banco Central del Ecuador 2013; Monteros-Guerrero y Salvador-Sarauz 2015). El cacao constituye el cultivo agrícola con la mayor superficie sembrada del país (Monteros- Guerrero y Salvador-Sarauz 2015), con 372637 ha y un rendimiento promedio estimado de 419,2 kg ha⁻¹ en 2014 (FAOSTAT 2017). Imagen: http://4.bp.blogspot.com/-8K-2GKyIRCM/VIXk1dbfomI/AAAAAAAAADSE/EB--Xha_Ipw/s1600/DSC00018.JPG



Revista Ciencia UNEMI

Dr. Exio Chaparro Martínez

Director Revista Ciencia UNEMI

Arq. Patricia Gavilanes Yanes, MA.

Revisor de Estilo

Lic. Haydelba D' Armas Regnault, PhD.

Revisor de Traducción

Lcdo. José Adrián Flores Moran

Arte y Diagramación

MGTI. Freddy Bravo Duarte

Ing. Ruth Farías Lema

Gestor Técnico

Lic. Washington Paguay Balladares, MSc.

Departamento Relaciones Públicas UNEMI

Contenido

Vol. 10, Nº 24, Septiembre 2017-Suplemento Tecnologías Convergentes ISSN 1390-4272 Impreso ISSN 2528-7737 Electrónico

Cuantificación de metales pesados en <i>Anadara tuberculosa</i> (Mollusca:bivalvia) del estero Huaylá de Puerto Bolívar, por espectrofotometría de absorción atómica. Nancy Yadira Collaguazo Collaguazo, José Humberto Ayala Armijos.	1
Determinación de la presencia de nitritos/nitratos y manganeso en el agua proveniente del pozo que alimenta la zona baja del cantón Huaquillas. Oscar Román Samaniego, Liliana Cortez Suárez, Juanita Arce Rodríguez, Cristian Hidalgo Romero, Margarita Cajas Palacios.	11
Descripción de plagas en viveros de cacao en el cantón Milagro a partir de fuentes diversas de información. Simón Pérez Martínez, Carlos Noceda, Oskary Zambrano, Dercy Parra, Luis Córdoba, Daynet Sosa.	19
Estudio fitoquímico y biológico preliminar de la corteza (tallo) de <i>Vismia cayennensis</i> proveniente del estado Amazonas, Venezuela. Karina Marín, Haydelba D'Armas, María Maíllo, José Villamizar y Mirian García.	39
Evaluación de la capacidad antimicrobiana de las hojas de <i>Laurus nobilis</i> y <i>Thymus vulgaris</i>. Sonia Rodas, Paúl Ricaurte, Ana Hortencia Mejía.	46
Aprovechamiento energético de aceites usados y su contribución a la economía circular mediante el coprocesamiento en hornos cementeros. Francisco Andrade Domínguez ; Julio López Ayala; Erika Romero Cárdenas; María Ortiz Zurita, Paolo Fabre Merchán.	51
Resistencia de la bacteria <i>Escherichia -coli</i> por la beta-lactamasas. Bryan Armijos Nieves, Leandro Herrera Silva, Jovanny Santos Luna, Andrés Medina Preciado, Marisela, Segura Osorio.	65
Mejoramiento de la textura de un producto reconstituido de trozos de camarón empleando la enzima Transglutaminasa. Denisse Álvarez Anchundia, María Fernanda Carrillo, Nibia Novillo Luzuriaga, Rigoberto Peñafiel León.	74
β – Glucanos en almidón de fruta pan y su potencial uso en alimentos funcionales. Lady Quezada Correa, Edison Martínez Mora, Lisbeth Matute Castro, Verónica Bravo Bravo, Esther Ramírez Moreno.	82
Eliminación del Efecto Larsen en ambientes ruidosos para mejorar comunicación en personas con discapacidad auditiva. Fabían Sáenz Enderica, Carlos Romero Gallardo, Luis, Oña Jacho, Carlos Bernal Oñate.	88
Diagnóstico del agua utilizada en las procesadoras de café del Municipio Caripe – Estado Monagas, Venezuela. Auristela Malavé, Ramón Silva Acuña, Miguel Ángel Martínez, Jesús Méndez Natera, Renny Barrios Maestre.	99
Composición florística de las plantas suculentas del Parque Histórico Guayaquil. Martha Molina Moreira.	109
Presencia de metales pesados (cadmio y plomo) en el estuario del río Chone, Manabí, Ecuador. Francisco Pozo Miranda.	123
Normas de Publicación	142

Content

Vol. 10, N° 24, September 2017-Suplemento Tecnologías Convergentes ISSN 1390-4272 printed ISSN 2528-7737 Electronic

Quantification of heavy metals in <i>Anadara tuberculosa</i>, (Mollusca: bivalvia) from the Huaylá estuary of Puerto Bolívar, by atomic absorption spectrophotometry. Nancy Yadira Collaguazo Collaguazo, José Humberto Ayala Armijos.	1
Determination of the presence of nitrates/nitrites and manganese in the water from the well that feeds the lower area of the Huaquillas Canton Oscar Román Samaniego, Liliana Cortez Suárez, Juanita Arce Rodríguez, Cristian Hidalgo Romero, Margarita Cajas Palacios.	11
Description of pests in cacao vivarium in Milagro canton from different sources of information. Simón Pérez Martínez, Carlos Noceda, Oskary Zambrano, Dercy Parra, Luis Córdoba, Daynet Sosa.	19
Phytochemical and biological preliminary study of <i>Vismia cayennensis</i> bark (steam) from Amazonas state, Venezuela. Karina Marín, Haydelba D'Armas, María Maílo, José Villamizar y Mirian García.	39
Evaluation of the antimicrobial capacity of the leaves of <i>Laurus nobilis</i> and <i>Thymus vulgaris</i> Sonia Rodas, Paúl Ricaurte, Ana Hortencia Mejía.	46
Energetic utilization of waste oils and their contribution to environmental sustainability through processing in cement kilns Francisco Andrade Domínguez; Julio López Ayala; Erika Romero Cárdenas; María Ortiz Zurita, Paolo Fabre Merchán.	51
Resistance of the bacterium <i>Escherichia coli</i> by beta-lactamases Bryan Armijos Nieves, Leandro Herrera Silva, Jovanny Santos Luna, Andrés Medina Preciado, Marisela, Segura-Osorio.	65
Improvement of the texture of a reconstituted product based on shrimp pieces using the enzyme transglutaminase Denisse Álvarez Anchundia, María Fernanda Carrillo, Nibia Novillo Luzuriaga, Rigoberto Roddy Peñafiel León.	74
β - Glucans in native starch from breadfruit and their potential use in functional foods Lady Quezada, Edison Martínez Mora, Lisbeth Matute Castro, Verónica Bravo Bravo, Esther Ramírez Moreno.	82
Larsen Effect elimination in noisy environments to improve communication in people with hearing disabilities Fabián Sáenz Enderica, Carlos Romero Gallardo, Luis, Oña Jacho, Carlos Bernal Oñate.	88
Diagnosis of the water used in coffee processors of the Caripe Municipality - Monagas State, Venezuela Auristela Malavé, Ramón Silva Acuña, Miguel Ángel Martínez, Jesús Méndez Natera, Renny Barrios Maestre.	99
Floristic composition of the succulent plants of the Guayaquil Historical Park Martha Molina Moreira.	109
Presence of cadmium and lead heavy metals in the estuary of Chone River - Manabí, Ecuador Francisco Pozo Miranda.	123
Guidelines for Publishing	142

Comité Editorial

PhD Edwain Carrasquero Rodríguez

Universidad Estatal de Milagro, UNEMI
ecarrasqueror@unemi.edu.ec
Milagro, Ecuador

Dr. Ángel Barrasa Notario

Universidad de Zaragoza
abarrasa@unizar.es
Zaragoza, España

Dr. Simón Pérez Martínez

Universidad Estatal de Milagro, UNEMI
simonpm2006@gmail.com
Milagro, Ecuador

Dra. Carmen Hernández Domínguez

Universidad Estatal de Milagro, UNEMI
carmen.hernandez.dominguez@gmail.com
Milagro, Ecuador

Dr. Mario Pérez-Montoro Gutiérrez

Universidad de Barcelona
perez-montoro@ub.edu
Barcelona, España

Dr. Vicenc Fernández

Universidad Politécnica de Cataluña
vicenc.fernandez@upc.edu
Barcelona, España

Dr. Thiago Duarte Pimentel

Universidade Federal de Juiz de Fora
thiagodpimentel@gmail.com
Minas Gerais, Brazil

Dr. David Benavides Cuevas

Universidad de Sevilla
benavides@us.es
Sevilla, España

Dr. Amr R. A. Radwan

Universidad de El Cairo
amrradwan2010@yahoo.com El Cairo,
Egipto

Dr. Iván Esparragoza

Universidad de Pensilvania
iee1@psu.edu
Filadelfia, USA

Dr. Humberto R. Álvarez A.

Universidad Tecnológica de Panamá
humberto.alvarez@utp.ac.pa
Panamá, Panamá

Dr. Islam Hassouneh

Palestine Polytechnic University (PPU).
islamh@ppu.edu
Hebrón, Palestina

Dr. Ahmed Yangui

Field Crop Regional Research Center
ahmed.yangui@yahoo.fr
Beja, Tunisia

Dr. Rodrigo Romo Muñoz

Universidad del Bio-Bio
rromo@ubiobio.cl
Concepción, Chile

Máster Ángela Laguna Caicedo

Universidad Tecnológica de Panamá
angela.laguna@utp.ac.pa
Panamá, Panamá

Dr. Fernando Guilherme Tenório

Escola Brasileira de Administração
Pública y de
Empresas de la Fundación Getulio Vargas
fernando.tenorio@fgv.br
Rio de Janeiro, Brazil

Máster Alexandra Anormaliza

Director Affinity Group Field Support Center
at NYC
Department of Education
aanorma@schools.nyc.gov New York, USA

Dra. Beatriz Carvajal

Universidad Centro Occidental "Lisandro
Alvarado", UCLA
becar777@yahoo.es
Barquisimeto, Venezuela

Comité de Evaluadores Externos

Dra. Silvia Yolanda Alejandro Morales

Máster Internacional en
Nutrición y Dietética
Docente investigadora
Universidad Espíritu Santo
salejandr@uees.edu.ec
Guayaquil, Ecuador

Dra. Gina Álvarez Reyes

Máster en Administración Ambiental
Jefe Laboratorio Análisis del Agua
Escuela Superior Politécnica de
Chimborazo
galvarez101@yahoo.es
Riobamba, Ecuador

Dra. Carolina Bañol Pérez

Doctora en Ecología Terrestre
Máster en Ciencias Ambientales
Docente e investigadora
Universidad Estatal Amazónica
carolina.banol@gmail.com
Puyo, Ecuador

Máster Tania Valeria Carpio Arias

Doctora en Nutrición
Grupo de Investigación en Alimentación y
Nutrición Humana (GIANh)
Escuela Superior Politécnica de
Chimborazo
val_carpio@yahoo.es
Riobamba, Ecuador

Máster Liliana Cortez Suárez

Doctora en Bioquímica y Farmacia
Magíster en Gerencia de Salud
Docente Investigador
Universidad Técnica de Machala
lcortez@utmachala.edu.ec
Machala, Ecuador

Dra. Ana Paola Echavarría Vélez

Doctora en Ingeniería de Alimentos
Docente investigador
Universidad del Cauca-Popayán
ana08nov@gmail.com
Cauca, Popayán

Máster Manuel González González

Máster en Virología
Director Técnico
Fomento y Transferencia del Conocimiento
Instituto Nacional de Investigación
en Salud Pública, INSPI
mgonzales@inspi.gob.ec
Guayaquil, Ecuador

Dra. Adriana Lam Vivanco

Máster en Bioquímica Clínica
Docente investigador
Universidad Técnica de Machala
alam@utmachala.edu.ec
Machala, Ecuador

Máster Fernando Molina Granja

Máster en Informática Aplicada
Máster en Educación a Distancia
Docente investigador Facultad de
Ingeniería
Universidad Nacional de Chimborazo,
femolinag@yahoo.es
Riobamba, Ecuador

Dr. Hilmer José Palomares Pérez

Doctor en Informática
Doctorando en Innovación Curricular
Máster en Ciencias de la Educación
Docente Universidad Nacional Abierta, UNA
hilmer@gmail.com
Barinas, Venezuela

Máster Rigoberto Peñafiel León

Docente de la Facultad de Ingeniería
Química
Universidad de Guayaquil
Director Maestría Procesamiento y
Conservación de Alimentos
rigoberto.penafiell@ug.edu.ec
Guayaquil, Ecuador

Máster Sonia Rodas Espinoza

Máster en Industrias Pecuarias
Docente Universidad Nacional del
Chimborazo
soniarodas19@hotmail.com
Riobamba, Ecuador

Dra. Vadia Salazar Coello

Docente Universidad de Guayaquil
Facultad de Ciencias Médicas
Guayaquil, Ecuador
vadia.salazarc@ug.edu.ec
Guayaquil, Ecuador

Dra. Sunny Sánchez Giler

Docente de la Facultad de Ciencias
Médicas
Universidad Espíritu Santo
sunsanchez@uees.edu.ec
Guayaquil, Ecuador.

Máster Jovanny Santos Luna

Máster en Gerencia en Salud
Docente Universidad Técnica de Machala
jsantos@utmachala.edu.ec
Machala-Ecuador.

Máster Marisela Saltos Solís

Máster en Salud Pública
Docente investigadora
Facultad de Odontología
Universidad de Guayaquil
mariselamil@hotmail.com
Guayaquil, Ecuador

Dr. Luis Troccoli Ghinaglia

Doctor en Ciencias
Especialidad Ciencias Marinas
Universidad de Oriente
luis.troccoli@gmail.com
Nueva Esparta, Venezuela

Máster Cruz Marisol Zerna Bravo

Máster en Emergencias Médicas
Docente Universidad de Guayaquil
Facultad de Ciencias Médicas
Cruz.zemab@ug.edu.ec
Guayaquil, Ecuador

Cuantificación de metales pesados en *Anadara tuberculosa* (Mollusca: bivalvia) del estero Huaylá de Puerto Bolívar, por espectrofotometría de absorción atómica

Yadira, Collaguazo-Collaguazo^{1*}; Humberto, Ayala-Armijos²; Geanina, Machuca-Loja³

Resumen

La presencia de metales pesados en moluscos bivalvos implica un grave problema para la salud de los consumidores de este tipo de alimento. Por ello, el objetivo de la investigación fue determinar la presencia de metales pesados en *Anadara tuberculosa*, molusco de importancia comercial en Puerto Bolívar, Ecuador. El método utilizado para cuantificar la concentración de metales pesados fue la espectrofotometría de absorción atómica, se determinó la concentración de seis metales: Plomo (Pb), Arsénico (As), Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Cromo (Cr) y Cobalto (Co). Los valores promedios obtenidos, expresados en mg.kg⁻¹ fueron: Pb (7,52 ± 0,46); As (1,55 ± 0,14); Hg (364,38 ± 91,39); Cd (1,68 ± 0,28); Cr (3,89 ± 1,82) y Co (2,71 ± 0,34 en *Anadara tuberculosa*. Los resultados muestran que el Pb, As, Cd, y Hg superan los límites máximos permisibles, el Mercurio supera en más de 100 veces el valor límite. La talla más pequeña (3-4 cm) del molusco en estudio posee la capacidad de bioacumular mayor concentración de Pb, Cd y Cr.

Palabras Clave: *A. tuberculosa*; metales trazas; moluscos bivalvos; bioacumulación.

Quantification of heavy metals in *Anadara tuberculosa*, (Mollusca: bivalvia) from the Huaylá estuary of Puerto Bolívar, by atomic absorption spectrophotometry

Abstract

The presence of heavy metals in bivalve molluscs implies a serious problem for the consumers health of this type of food. Therefore, the objective of the present investigation was to determine the presence of heavy metals in *Anadara tuberculosa*, mollusc of commercial importance at Puerto Bolívar, Ecuador. Atomic absorption spectrophotometry was the method used to quantify the concentration of heavy metals. The concentration of six metals was determined: lead (Pb), arsenic (As), mercury (Hg), cadmium (Cd), chromium (Cr) and cobalt (Co). The average values obtained, expressed in mg.kg⁻¹ were: Pb (7.52 ± 0.46); As (1.55 ± 0.14); Hg (364.38 ± 91.39); Cd (1.68 ± 0.28); Cr (3.89 ± 1.82) and Co (2.71 ± 0.34 in *A. tuberculosa*. The results show that Pb, As, Cd, and Hg exceed the maximum permissible limits, mercury exceeds by more than 100 times the limit value. The smaller size (3-4 cm) studied mollusc, has the capacity to bioaccumulate higher concentration of Pb, Cd and Cr.

Keywords: *A. tuberculosa*; bioaccumulation; bivalve molluscs; trace metals.

Recibido: 28 de julio de 2016
Aceptado: 27 de agosto de 2017

¹ Egresada de la Carrera de Ingeniería en Alimentos; Universidad Técnica de Machala, Ecuador. yadiracollaguazo92@gmail.com orcid.org/0000-0003-0331-274X

² Ingeniero en Alimentos, Magíster en Procesamiento de Alimentos; Docente Investigador de la Universidad Técnica de Machala, Ecuador. jayala@utmachala.edu.ec

³ Bioquímica Farmacéutica, Docente Investigadora de la Universidad Técnica de Machala, Ecuador. gmachuca_est@utmachala.edu.ec

*Autor para la correspondencia: yadiracollaguazo92@gmail.com

I. INTRODUCCIÓN

El estero Huaylá, está amenazado por las descargas de aguas servidas que recibe diariamente en sus riberas, además de las descargas de aguas negras del sur de Machala, Ecuador. La situación de este ecosistema preocupa, porque la contaminación va acabando con recursos marinos que sustentan la economía de decenas de familias (Diario El Universo, 2016).

La presencia de metales pesados en ecosistemas donde las concentraciones son superiores a los límites máximos permisibles, estipulados por los organismos de control, rompe el equilibrio ecológico y destruyen las especies animales y vegetales que habitan en estos cuerpos de agua. (Cabrini, *et al.*, 2017)

La contaminación de las aguas está definida, según la Ley Ecuatoriana de Recursos Hídricos, como la “Acción y efecto de introducir materias o formas de energía o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica”.

Desde la antigüedad, de manera directa o indirecta, los caudales de agua, sean estos ríos, lagos, lagunas, esteros, son receptores de todo tipo de desechos. En un principio, estos eran capaces de soportar las cargas contaminantes gracias a su mecanismo de autodepuración, pero al incrementar la población la cantidad de desechos aumentó notablemente, quitando a los cursos fluviales esta capacidad, con las consiguientes alteraciones en la calidad de las aguas y sus efectos en la salud de la población (Rosas, 2001).

Ante el crecimiento de la población y la generación de mayor cantidad de desechos, el ser humano ha tratado de eliminar estos contaminantes, pero sus esfuerzos no han sido suficientes, lo que ha provocado muy a menudo la transformación de los cursos fluviales en depósitos de residuos, ocasionando perturbación en el equilibrio natural y en muchos casos totalmente roto (Rovira, 1993). Entre estos contaminantes se encuentran precursores químicos, vertimiento de aguas servidas, compuestos relacionados con actividades industriales, mineras, pesticidas, aceites, grasas, metales pesados. (Mero, 2010).

Se analizaron 70 muestras de Concha Prieta

(*Anadara tuberculosa*), obtenidas en el estero Huaylá, ubicado en la parroquia Puerto Bolívar del cantón Machala, Ecuador, con el fin de determinar la concentración de seis metales pesados: Plomo (Pb), Arsénico (As), Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Cromo (Cr) y Cobalto (Co). Los valores promedios obtenidos fueron expresados en mg.kg⁻¹. El método utilizado para cuantificar la concentración de los metales en estudio fue la espectrofotometría de absorción atómica.

Además se realizó un análisis de estadística descriptiva en el programa Statistica 7.0, para calcular la media y desviación estándar, de las concentraciones de metales pesados encontradas en el molusco estudiado.

II. DESARROLLO

1. Metodología

El área de estudio se ubica en la costa Sur de Ecuador, provincia de El Oro. El Estero Huaylá, se encuentra al suroeste del cantón Machala (030 16' 03" S - 790 59' 39" W / N 9638600 E 610939). Tiene una longitud aproximada de 4,20 km, con un ancho que fluctúa entre un mínimo de 50 m y máximo 94 m; cuenta con una profundidad promedio de 10 m hasta la altura del Yatch Club y decrece gradualmente hasta 1,5 m aguas arriba en marea alta, a la altura del Muelle Comunitario Huaylá.

El Estero Huaylá nace en el barrio 8 de Noviembre de la ciudad de Machala, llega hasta el mar por la parte sur de la parroquia Puerto Bolívar. Desemboca en un estero más amplio y profundo, el estero Santa Rosa, que separa la parte continental del cantón Machala de la isla Jambelí, perteneciente al archipiélago del mismo nombre. El área adyacente al estero Huaylá está altamente intervenida. Constituye el límite natural sur de la expansión del área urbana de Puerto Bolívar y la ciudad de Machala (Espinoza, 2012).

En los muelles artesanales que se encuentran situados a lo largo del estero Huaylá pueden atracar embarcaciones de calado limitado, ya que hay un bajo de 2 m de profundidad visible en bajamar, este muelle se utiliza para las embarcaciones del servicio de cabotaje. (INOCAR, 2012). La pesca se ha vuelto incipiente en el canal de Jambelí y pone en riesgo el recurso turístico en sitios muy importantes de El Oro, como son Puerto Bolívar y la Isla de Jambelí.



Fotografía 1. Toma aérea del lugar de muestreo
Fuente: Google Earth, 2016.

Selección de la muestra

El mes de marzo del año 2016, en la parte media del estero Huaylá, a unos dos kilómetros de la desembocadura del estero Santa Rosa, se recolectaron muestras, de *Concha Prieta* (*Anadara tuberculosa* o *A. tuberculosa*). La muestra fue trasladada en un cooler o hielera a 10°C hasta el laboratorio de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud de la Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

Preparación de las muestras

Las muestras frescas recolectadas se identificaron como *A. tuberculosa* (Sowerby, 1833), las mismas que fueron clasificadas por especies, y tallas (longitud de las valvas). Una vez homogenizadas se colocaron en fundas plásticas debidamente rotuladas, las mismas que fueron previamente lavadas con HNO₃ al 1%, para almacenar la muestra a 4°C hasta el momento del tratamiento.

Tratamiento de la muestra para determinar los metales pesados

Para el análisis de los diferentes metales se utilizó el método empleado por Pérez *et al.* (2007), en el que se pesó 5 g de muestra de los tejidos blandos,

y llevó a una estufa a 60 °C durante 72 horas o hasta alcanzar masa constante, luego de lo cual fue triturada en un mortero de porcelana. A 0,5 g de tejido seco se le agregó una mezcla 3:1 de ácido nítrico y perclórico para extraer los contenidos totales de los metales trazas, colocados sobre una plancha de calefacción y baño de arena a 70 °C durante dos horas, para luego dejarlo enfriar.

Posteriormente, todas las muestras fueron filtradas sobre papel filtro endurecido, sin ceniza, marca Whatman N° 542 de 11 cm de diámetro, el filtrado se llevó a aforo con agua desionizada en balones de 25 ml. Se agitó, y posteriormente pasó a un frasco de polietileno de 25 ml, para su conservación y posterior análisis en EAA (Zhimadzu 6300). La presencia de mercurio se determinó utilizando el método Espectrometría de Absorción Atómica Vapor-Frío (CVAA - Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry), que consiste en reducir los compuestos de mercurio presentes en la muestra a metal libre.

A 5 ml del filtrado obtenido de la digestión, se le agregaron 5 ml de ácido nítrico al 1,5%, en envases de reacción, los cuales fueron llevados a las celdas de lectura en el Espectrómetro de Absorción

Atómica, donde se les añadió un volumen de Boro hidruro de sodio al 3%, diluido en hidróxido de sodio al 1%; las concentraciones se determinaron por altura de pico, sin llama. Este método permite la medición de las concentraciones del metal a través del desprendimiento de vapor, manteniendo las celdas a temperatura ambiente (Fermín, 2002; Martínez, 1999; EPA, 1999).

Con los resultados obtenidos se calculó el coeficiente de variación a partir de la desviación estándar y la media aritmética. El coeficiente de variación se calculó con la siguiente ecuación:

$$C.V. = \frac{DE}{X} * 100$$

Donde:

DE= Desviación estándar

X= Promedio

Los coeficientes de variación experimentales que presentaron mayor porcentaje fueron el plomo (3,36%) y el cobalto (2,37%). Mientras que presentó el nivel más bajo fue el níquel (0,46%). El resto de metales oscilaron entre el 2% y 1%, por lo que puede afirmarse que el método utilizado en el estudio es eficiente y preciso.

Tabla 1. Resultado de los análisis de precisión realizados a una muestra por triplicado

Metal	Pb	As	Hg	Cd	Cr	Co
M1	7,20	1,45	283,20	1,68	3,03	3,23
M2	7,40	1,44	286,85	1,70	2,89	3,31
M3	7,70	1,78	283,90	1,65	2,95	5,35
CV (%)	3,36	1,49	0,68	1,49	1,85	2,37

Además se realizó análisis por triplicado, Tabla 1. con un material de referencia o estándar certificado de pescado homogenizado (IAEA-407, International Atomic Energy Agency, Mónaco), con la finalidad de comprobar una vez más la

eficiencia y precisión de la técnica empleada, para la extracción de metales en el estudio efectuado. Se compararon los resultados obtenidos con los presentados por la casa fabricante. Tabla 2.

Tabla 2. Comparación entre los resultados obtenidos con el estándar certificado en el presente estudio y los señalados por la casa fabricante

Metal	Presente Estudio		Estándar		% Extracción
	Promedio	Intervalo	Promedio	Intervalo	
Pb	0,12 (±0,01)	0,10 - 0,12	0,12	0,10 - 0,15	100
As	12,43 (±0,08)	12,34 - 2,55	12,6	12,3 - 12,9	98,65
Hg	0,23 (±0,01)	0,22 - 0,25	0,22	0,22 - 0,29	104,55
Cd	0,14 (±0,01)	0,12 - 0,15	0,19	0,18 - 0,19	74,07
Cr	0,68 (±0,03)	0,65 - 0,70	0,73	0,67 - 0,79	93,15
Co	0,62 (±0,01)	0,60 - 0,62	0,60	0,55 - 0,65	103,33

*Todas las concentraciones se expresan en mg.kg⁻¹.

Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de estadística descriptiva en el programa Estadística 7.0 para calcular la media y la desviación estándar, de las concentraciones de metales pesados encontradas en A. tuberculosa estudiada.

2. Resultados y discusiones

Tallas de los organismos

Los bivalvos de la especie A. tuberculosa se encontraron

dentro del rango de 3 a 7 cm, siendo su medida promedio 5 ±1,25. Tabla 3.

Posteriormente se procedió a determinar las medidas morfométricas: longitud y peso. Con la ayuda de un calibrador de Vernier se midió la longitud de cada bivalvo. Tabla 4.

Tabla 3. Medidas mínimas y máximas de *A. tuberculosa*

Especies de Moluscos Bivalvos	Medida Mín.	Medida Máx.	Medida Promedio	Desviación Estándar
<i>A. tuberculosa</i>	3,1	7,2	5	1,25

Tabla 4. Medidas biométricas (longitud y peso) de *A. tuberculosa*

Tallas (cm)	# de Bivalvos (Unid)	Peso Promedio con Valvas (g)
3 – 3,9	10	12,56
4 – 4,9	35	25,71
5 – 5,9	20	39,46
6 – 6,9	5	85,45

En la Tabla 5 se presentan los resultados de las concentraciones obtenidas en los análisis de Pb, As, Hg, Cd, Cu, Ni, Cr, Zn, Co y Mn, en *A. tuberculosa* (cuatro tallas), extraídos del estero Huaylá.

Además, los resultados de las concentraciones obtenidas en el análisis de metales pesados en *A. tuberculosa* (4 tallas) del estero Huaylá. Los resultados se expresan en mg.kg-1.

Tabla 5. Concentraciones de Pb, As, Hg, Cd, Cu, Ni, Cr, Zn, Co, Mn en *A. tuberculosa*.

Especies	Medidas	Pb	As	Hg	Cd	Cr	Co	
A. tuberculosa	LMP	1,5	1	0,5	1	12	-	
	Talla 1	3-4	8,2	1,43	495	2,05	7,1	2,5
	Talla 2	4-5	7,4	1,45	285	1,68	3,03	3,23
	Talla 3	5-6	7,2	1,72	352,5	1,38	5,15	2,53
	Talla 4	6-7,3	7,3	1,59	325	1,6	2,35	2,6

Plomo

En los puntos de muestreo estudiados, la concentración promedio de Pb en las muestras analizadas de *A. tuberculosa* provenientes del estero Huaylá, fue de 7,52 mg.kg-1, siendo 7,2 mg.kg-1 el valor mínimo y 8,2 mg.kg-1 el máximo, para las tallas 3 y 1, respectivamente. Las cuatro tallas reportadas superaron el límite máximo permisible establecido (Unión Europea, 2014). En la talla 3 se observó 4,8 veces más de concentración, en las tallas 2 y 4 se encontraron 4,9 veces, y la talla 1 presentó 5,5 más.

Las concentraciones de Pb y talla estuvieron relacionadas inversamente, puesto que el metal presentó mayor concentración en su talla más pequeña (4-5 cm), suscitándose el fenómeno conocido como “dilución biológica”, en el que el crecimiento del tejido del bivalvo es más rápido que la incorporación del metal (Geffard, *et al.*, 2002).

Los moluscos más jóvenes retienen mayor cantidad de metales (Toledo *et al.*, 2000), mientras que los adultos (5-6 cm), al entrar en la fase de la maduración sexual, liberan los metales (Lucero, Cantera, & Neira, 2012). El Pb tiene la capacidad de bioacumularse con facilidad en los tejidos de los organismos *A. tuberculosa*, convirtiendo a esta especie en organismo idóneo para ser utilizado como biomonitoreo de contaminación por Pb.

Los resultados de los análisis de metales pesados indican que existe un claro aporte antrópico de Pb hacia el estero, debido a la combustión de la gasolina de las embarcaciones que son utilizadas en las labores de pesca, los mismos que desembarcan los productos diarios en los muelles artesanales existentes en la zona. Estas embarcaciones además se abastecen de combustible, y cambian de aceite en la estación de servicio existente a la altura del Yatch Club. Figura 1.

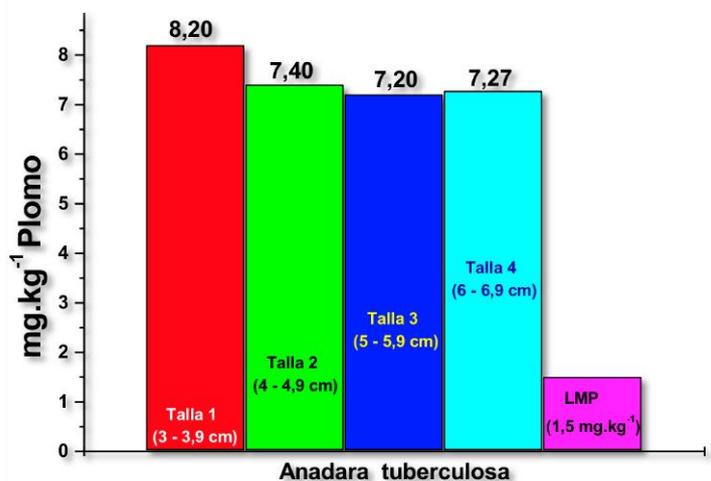


Figura 1. Concentración de Pb en cuatro tallas de *A. tuberculosa*

Los resultados de los análisis de metales pesados indican que existe un claro aporte antrópico de Pb hacia el estero, debido a la combustión de la gasolina de las embarcaciones que son utilizadas en las labores de pesca, los mismos que desembarcan los productos diarios en los muelles artesanales existentes en la zona. Estas embarcaciones además se abastecen de combustible, y cambian de aceite en la estación de servicio existente a la altura del Yatch Club. Figura 1.

Arsénico

La concentración promedio de As en los moluscos de la especie *A. tuberculosa* fue de 1,548 mg.kg⁻¹, siendo el

valor mínimo 1,43 mg.kg⁻¹ que correspondió a la talla 1 y el máximo 1,72 mg.kg⁻¹ a la talla 3. Las concentraciones de As en las cuatro tallas de *A. tuberculosa* fueron relativamente similares mostrando bioacumulación, algo muy común debido a que el As experimenta bioconcentración en organismos acuáticos (Moreno, 2003; Anacleto *et al.*, 2015). Las cuatro tallas superaron el límite máximo permisible establecido por la Legislación Australiana y Neozelandesa de Metales Pesados. En las tallas 1 y 2 se observó una concentración de 1,4 veces más, la talla 4 presentó una concentración superior de 1,6 y la talla 3 en 1,7. Figura 2.

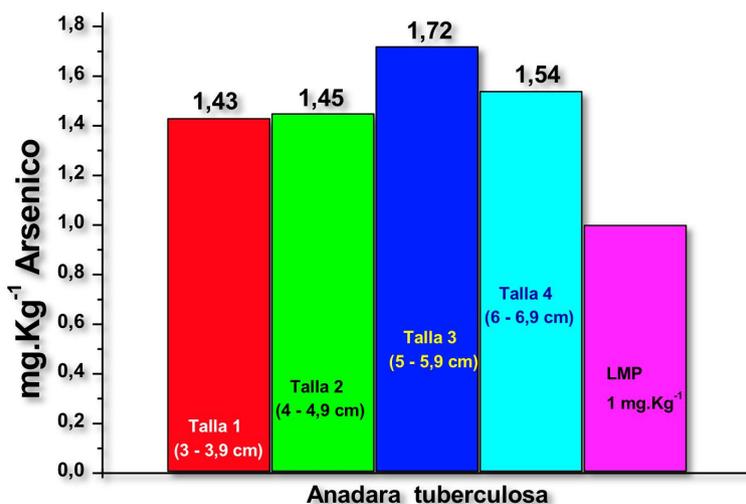


Figura 2. Concentración de As en cuatro tallas de *A. tuberculosa*

La presencia de As evidencia cierto grado de intervención antrópica, posiblemente relacionada con los pesticidas arsenicales que se suelen utilizar en las plantaciones de banano (Rosas, 2001; Lilo, 2003; Souza *et al.*, 2016), y a través de las escorrentías se depositan en los sedimentos del estero. Los resultados obtenidos en la presente investigación coinciden con los resultados obtenidos en el bivalvo *Venerupis aureus*, en los que se encontró una correlación negativa entre la talla y las concentraciones de metales pesados (Navaset *et al.*, 1992).

Mercurio

La concentración promedio de Hg en los moluscos de la especie *A. tuberculosa* fue de 364,38 mg/kg,

el valor mínimo de 285 mg.kg⁻¹ correspondió a la talla 2 y la mayor concentración de 495 mg.kg⁻¹ a la talla 1. Las cuatro tallas analizadas superaron significativamente el límite máximo permisible establecido por la Norma de la Unión Europea. En la talla 2 se observó que el Hg se encuentra 570 veces más alto, en la talla 4 presentó 650 veces, mientras que en las tallas 3 y 1 superó el límite máximo permisible 750 y 990 veces, respectivamente. Las concentraciones de Hg y las tallas estuvieron relacionadas inversamente en *A. tuberculosa*, su talla más pequeña (3-4 cm) acumuló mayor cantidad de Hg. Figura 3.

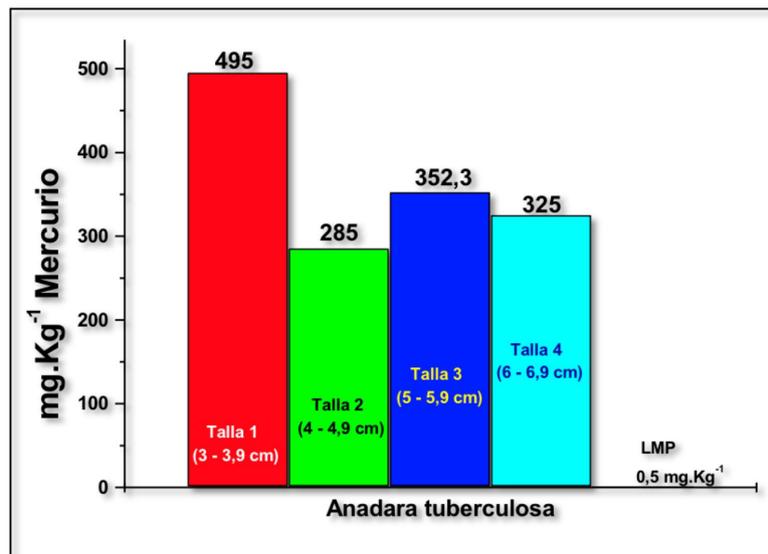


Figura 3. Concentración de Hg en cuatro tallas de *A. tuberculosa*

La gran contaminación del estero Huaylá por Hg tendría su origen en las viviendas ubicadas en las orillas del estero que vierten directamente las aguas residuales, además de las tuberías de desagües del sur de la ciudad. Además, Senior *et al.* (2014), reportaron valores de Hg que oscilaban entre 367,5 y 8755 mg.kg⁻¹ en el sedimento del estero Santa Rosa donde descarga sus aguas el estero Huaylá, y el Hg se desplaza por las mareas.

Cadmio

En los moluscos de la especie *A. tuberculosa* el Cd se encontró concentrado entre 1,38 y 2,05 mg.kg⁻¹. El valor mínimo correspondió a la talla 3 y el máximo a la talla 1, siendo su valor promedio 1,68 mg.kg⁻¹.

Las cuatro tallas superaron ligeramente el límite máximo permisible establecido por la Norma de la Unión Europea. En la talla 3 se observó que el Cd se encuentra 1,4 veces más, en las tallas 2 y 4 su concentración fue de 1,7 y 1,6 respectivamente, y en la talla 1 hubo una variación significativa de 2,1. Figura 4.

Cromo

En los moluscos de la especie *A. tuberculosa* el Cr mostró una concentración que oscilaba entre 2,35 y 7,1 mg.kg⁻¹, siendo su concentración promedio 4,41 mg.kg⁻¹. El valor mínimo correspondió a la talla 4 y el máximo a la talla 1. Figura 5.

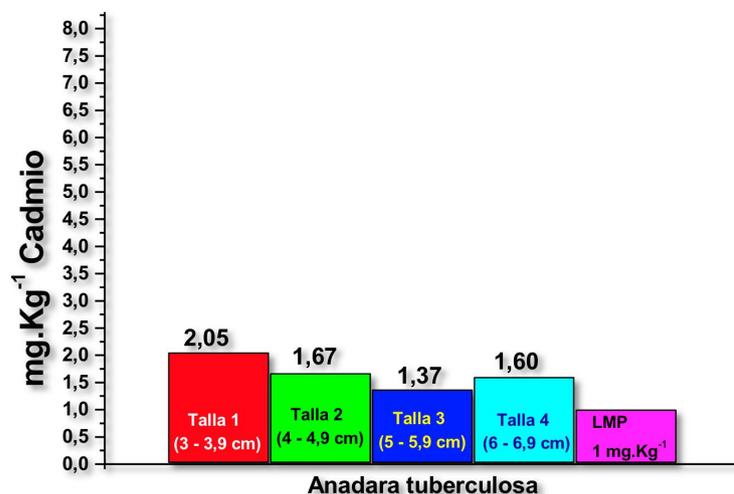


Figura 4. Concentración de Cd en escala de 0 -4 de A. tuberculosa

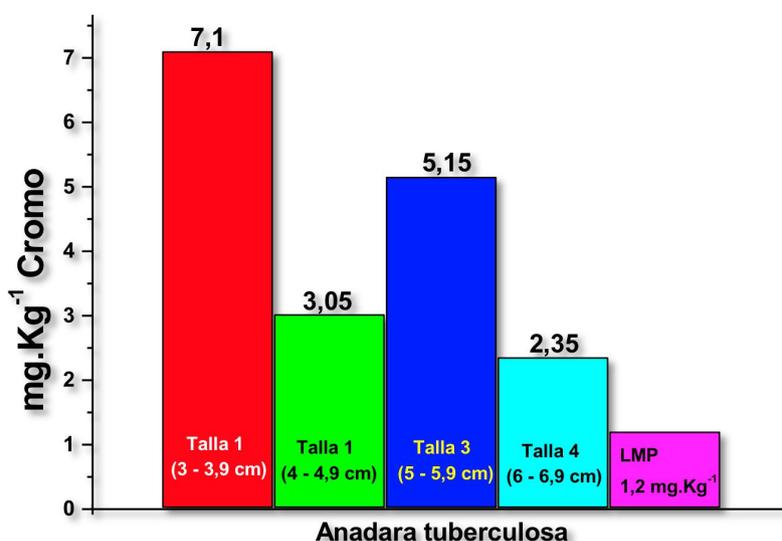


Figura 5. Concentración de Cr en las cuatro tallas estudiadas

Los resultados obtenidos se encuentran por encima del límite máximo permisible establecido por la FAO que los sitúa en 1,2 mg.kg-1(FAO, 2014).

III. CONCLUSIONES

En la especie A. tuberculosa la concentración de Pb, Hg, Cd, se encuentra por encima de los límites máximos permisibles establecidos por la Norma de la Unión Europea, el As también supera los límites de la LMP (Legislación Australiana y Neozalandesa) y el Cr se encuentra en mayor

cantidad que los niveles máximos establecidos por la FAO (Food and Agriculture Organization), para este tipo de alimento. La relación entre la talla y la concentración de metales fue negativa para Pb, Cd y Cr en A. tuberculosa, esto quiere decir que las tallas de menor tamaño acumularon mayor cantidad de metal, fenómeno conocido como dilución de crecimiento. Se determinó que la especie A. tuberculosa tiene la capacidad de bioacumular Cd y Cr porque se encontró mayor cantidad de metal en sus tejidos, lo cual corrobora

investigaciones realizadas en Chile con este tipo de molusco (Tapia et al., 2010).

V. REFERENCIAS

- Anacleto, P., Maulvault, A., Nunes, M., Carvalho, M. R., & Marques, A. (2015). Effects of depuration on metal levels and health status of bivalve molluscs. *Food Control*, 47, 593-501.
- Cabrini, T., Barboza, C., Skinner, V., Hauser, R., Rocha, R., SaintPierre, T., . . . Cardoso, R. (2017). Heavy metal contamination in sandy beach macrofauna communities from the Rio de Janeiro coast, Southeastern Brazil. *Environmental Pollution*, 116-129.
- Diario El Universo. (1 de Mayo de 2016). Machala busca evitar la contaminación de los esteros. *El Universo*, pág. 1.
- EPA. (1999). Analytical standard operating procedures for atomic absorption, sludges, and soils. *Environmental Protection Agency-Method 3050*, Sco-846.
- Espinoza, R. (2012). *Determinación de la contaminación orgánica por el índice de sprobidad en el estero Huaylá*. Tesis de grado. Universidad Técnica de Machala - Escuela de Acuicultura: 71 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2014). Species Fact Sheets: *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819). Obtenido de http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Mytilus_galloprovincialis/en.FDA.
- Geffard, A., Amiard, J., & Amiard, T. C. (2002). Use of metallo-thionein in gills from oysters (*Crassostrea gigas*) as a biomarker: Seasonal and inter-site fluctuations. *Biomarkers* 7, 123-137.
- INOCAR. (2012). CAPÍTULO V: De Puntilla de Santa Elena a Punta Capones . Obtenido de https://www.inocar.mil.ec/docs/derrotero/derrotero_cap_V.pdf
- Lilo, J. (2003). Peligros geoquímicos: arsénico de origen natural en las aguas. *Grupo de Estudios de Minería y Medio Ambiente*.
- Lucero, C., Cantera, J., & Neira, R. (2012). Pesquería y crecimiento de la piangua (Arcoidea: Arcidae) *Anadara tuberculosa* en Bahía de Málaga del Pacífico colombiano, 2005-2007. *Rev. Biol. Trop.*, 203-217.
- Mancera Rodríguez & Álvarez León, N. (2006). Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 3-23.
- Márquez; Senior; Fermín; Martínez ;Castañeda; González, A. (2008). Cuantificación de las concentraciones de metales pesados en tejidos de peces y crustáceos de la laguna de unare, estado Anzoátegui, Venezuela. *Rev. Cient. Maracaibo*, 73-86.
- Mero, M. (2010). *Determinación de metales pesados (Cd y Pb) en moluscos bivalvos de interés comercial de cuatro esteros del golfo de Guayaquil*. Guayaquil: Tesis de
- Navas, J. I., Castillo, M., Vera, P., & Ruiz-Rico, M. (1992). Principal parasites observed in clams, *Ruditapes decussatus* (L), *Ruditapes philippinarum* (Adams et Reeve), *Venerupis pullastra* (Montagu) and *Venerupis aureus* (Gmelin), from the Huelva coast (S.W. Spain). *Aquaculture*, 193-199.
- Nesreen & Abu El-Regal, I. &. (2014). Heavy Metals Accumulation in Marine Edible Molluscs, Timsah Lake, Suez Canal, Egypt. *ARPN Journal of Science and Technology*, 282-288.
- Olavarría, Y. (2007). Determinación de trazas de cadmio en cholga (*Aulacomyaater*), chorito (*Mytilus chilensis*) y ostra chilena (*Ostraea chilensis*) en zona de la zona de Chiloé (Hueihue). *Universidad Austral de Chile*, 105.
- Rosas, H. (2001). Estudio de la Contaminación por Metales Pesados en la Cuenca del Llobregat. *Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Catalunya - Instituto de Ingeniería minera y Recursos Naturales*, 330 .
- Rovira, J. (1993). Contaminación por metales pesados en los sedimentos del río Jarama y su asimilación en tubificidos. *Tesis Doctoral. Universidad Complutense - Madrid.*, 360 p.
- Souza, R., Garbossa, L., Campos, C., Vianna, L., Vanz, A., & Rupp, G. (2016). Metals and pesticides in commercial bivalve mollusc production areas in the North and South Bays, Santa Catarina (Brazil). *Marine Pollution Bulletin*, 105, 377-384.
- Tapia, J., Vargas, L., Bertran, C., Carrasco, G., Torres, F., Pinto, R., . . . Letelier, L. (2010).

- Study of the content of cadmium, chromium and lead in bivalve molluscs of the Pacific Ocean (Maule Region, Chile). *Food Chemistry*, 666–671.
- Toledo, J., Lemus, M., & Chung, K. S. (2000). Contenido de cobre, cadmio y plomo en el pez estuarino *Cyprinodon dearborni* (Pisces: Cyprinodontidae), sedimentos superficiales y agua de las lagunas Chacopata y los Patos, Edo. Sucre, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 225–231.
- Unión Europea. (2014). Contenidos máximos en metales pesados en productos alimenticios. Metales Pesados, 1-24.
- Yi, Y., & Zhang, S. (2012). The relationship between fish heavy metal concentrations and fish size in the upper and middle reach of Yangtze River. *Procedia Environmental Sciences*, 1699–1707

Determinación de la presencia de nitratos/ nitritos y manganeso en el agua proveniente del pozo que alimenta la zona baja del cantón Huaquillas

Oscar; Román-Samaniego^{1*}; Liliana, Cortez-Suárez²; Juanita; Arce-Rodríguez³; Cristian, Hidalgo-Romero⁴; Margarita, Cajas-Palacios⁵

Resumen

El objetivo de este trabajo de investigación fue determinar los niveles de nitratos, nitritos y manganeso en el agua del pozo "Parador Turístico"; además, la presencia de agentes patógenos y su incidencia en la salud de los habitantes de las Ciudades: La Primavera, Miraflores, 24 de Mayo, Milton Reyes y 9 de Octubre de la parte baja del cantón Huaquillas. Se tomó 5 puntos de muestras de agua, además se encuestó a 379 habitantes. De los análisis obtenidos se verificó y evaluó los niveles de nitratos y de manganeso presentes en el agua del pozo Parador Turístico y en los puntos de toma de muestra de las ciudades analizadas, resultó que están muy por debajo y por encima de los límites permisibles para consumo humano, respectivamente, por lo tanto nos afecta la calidad de agua, sumado a ello existe una alta presencia de agentes patógenos en el agua distribuida al sector. Por consiguiente, se concluyó que esto representa posibles problemas a la salud de la población que hace uso de ella. 50% de las personas encuestadas consideró que la calidad del agua de la red pública es regular, y 64% de la población considera que no es apta para el consumo.

Palabras Clave: nitratos; nitritos; manganeso.

Determination of the presence of nitrates/nitrites and manganese in the water from the well that feeds the lower area of the Huaquillas Canton

Abstract

The objective of this research was to determine the levels of nitrates, nitrites and manganese in the water from the "Parador Turístico" well; in addition the presence of pathogens and its influence on the health of the inhabitants of the La Primavera, Miraflores, 24 de Mayo, Milton Reyes, and 9 de Octubre citadels from the lower part of the Huaquillas canton. Five points of water samples from the study area were taken, as well as 379 inhabitants were surveyed. From the obtained analysis, the levels of nitrate and manganese present in the "Parador Turístico" well water and the water sampling points citadels were verified and assessed; these results are below and above the allowable limits for human consumption, respectively, therefore it affects the quality of water, in addition there is a high presence of pathogens in the sector water. Accordingly, it was concluded that this represents potential problems to the health of the population which makes use of it. 50% of the people surveyed considered that the water quality from the public network is regular, and 64% of the population considers that it is not suitable for consumption.

Keywords: manganese; nitrates; nitrites; water quality.

Recibido: : 12 de enero de 2016

Aceptado: 27 de abril de 2017

¹Ingeniero Civil, Magister en Impactos Ambientales, richard_roro@hotmail.com orcid.org/0000-0002-8155-2020

²Doctora en Bioquímica y Farmacia, Diploma Superior en Docencia Universitaria, Magister en Salud Pública, Docente Investigador de la Universidad Técnica de Machala, Ecuador. lcortez@utmachala.edu.ec

³Licenciada en Enfermería, Docente Investigador de la Universidad Técnica de Machala, Ecuador. jarce@utmachala.edu.ec

⁴Médico General, Investigador en Salud, Ecuador. chidalgo_romero@hotmail.com

⁵Licenciada en Nutrición y Dietética, Magister en Salud Pública, Docente Investigador de la Universidad de Cuenca, Ecuador. margarita.cajas@ucuenca.edu.ec

*Autor para la correspondencia: richard_roro@hotmail.com

I. INTRODUCCIÓN

Los nitratos, nitritos y manganeso están presentes naturalmente en agua de pozo, pero en niveles elevados pueden afectar la salud del ser humano, de ahí parte la importancia de realizar esta investigación que se enfoca en la mejora de la infraestructura y el manejo adecuado del Pozo Parador Turístico, ubicado en la ciudad de Huaquillas, provincia de El Oro, Ecuador y sus zonas aledañas, ya que mediante este estudio se ha detectado la presencia de los elementos antes mencionados en niveles elevados, además de agentes patógenos que repercuten en la salud de los habitantes.

El agua siendo un elemento vital para el ser humano debe ser potable, debe cumplir con los requisitos físicos, químicos, radioactivos y bacteriológicos que aseguren su inocuidad y aptitud para el consumo humano, debe contener cierta proporción de sales minerales (cloruros, sulfatos de sodio, calcio, potasio, etc.), pero no la presencia de gérmenes patógenos, nitratos, nitritos y manganeso en elevadas concentraciones que pueden provenir de la descomposición de sustancias orgánicas capaces de producir enfermedades contagiosas.

En un individuo sano los nitratos y nitritos son rápidamente absorbidas por el tracto gastrointestinal. La acción microbiana que se produce tanto en el ambiente como en el cuerpo humano (tubo digestivo) produce la transformación (reducción) de nitratos a nitritos.

Los nitritos reaccionan con la hemoglobina (pigmento presente en los glóbulos rojos, captor de oxígeno) formando metahemoglobina (hemoglobina oxidada). Esta forma modificada de oxihemoglobina se encuentra en la sangre en cantidades muy pequeñas, siendo en individuos sanos menor al 2% del total de hemoglobina. A niveles de 20%-50% de metahemoglobina en sangre, se produce cianosis con síntomas de hipoxia (bajo nivel de oxígeno), debilidad, disnea, cefaleas, taquicardia, etc. (Calleros, y otros, 2012)

En cuanto a los residuos negros en las lavadoras o el sarro en las ollas, esa es la presencia del manganeso, que es un mineral permitido en el agua por la OMS y que en mínimas concentraciones no es dañino para la salud humana. Internacionalmente se permite 0,1 g de manganeso por litro de agua. Cuando el manganeso entra en contacto con altas

temperaturas se solidifica y se queda en el lugar que se encuentra, en el caso de las tuberías y de las lavadoras. (Peraya, 2015)

El sistema de manejo de las aguas en el sector del Parador Turístico de la ciudad de Huaquillas, hace necesario la implementación de los procesos de purificación. Se toma en consideración el efecto del problema a partir de la valoración del grado de contaminación del agua del pozo, principalmente debido a la falta de una purificación adecuada, elementos como nitratos, nitritos y manganeso, en estudios preliminares se encontraron en una cantidad notable. (Eugenia, Yesid, & Carlos, 2007)

Por tal razón la investigación realizada no solo se enfocó en determinar el grado de contaminación que mantenía el pozo, sino de presentar un proyecto prototipo de remoción de contaminantes del agua que sea sustentable y elimine los niveles de manganeso y cero presencia de agentes patógenos, produciendo agua de calidad y apta para el consumo humano.

II. DESARROLLO

1. Metodología

Por la naturaleza del trabajo se utilizó información bibliográfica como fuentes de consulta documental (páginas web, libros, revistas, periódicos); información empírica, proveniente de informantes vinculados con el problema, a los cuales se les aplicó los instrumentos de investigación de campo, todo esto permitió obtener, analizar y describir la información relacionada al proyecto de investigación.

La investigación realizada para este estudio fue no experimental-longitudinal, ya que no se manipuló las variables y además se recolectaron datos y análisis de un determinado lapso de tiempo.

Métodos

Los métodos utilizados para esta investigación han sido el Método Hipotético-Deductivo, ya que inicialmente se partió del problema de la presencia de nitratos/nitritos, manganeso y agentes patógenos en el agua distribuida, por lo cual se planteó una hipótesis que permitió tener una idea anticipada de las posibles causas y soluciones del problema; la hipótesis planteada orientó la investigación y fue verificada con los resultados obtenidos.

Técnicas

Las técnicas utilizadas en la investigación han sido las siguientes:

- Modelo de encuesta a ciudadanos en lugar de la investigación
- Ficha de registro diario automatizado de consultas y atenciones ambulatorias.
- Análisis de EMRAPAH 2012-2015.
- Análisis de laboratorio certificado.

Además como matriz de información se utilizó la tabla siguiente: instrumentos de investigación

Procedimiento de la investigación

Para determinar los niveles contaminantes de nitratos/nitritos y manganeso en el agua, se recolecto muestras de agua de las llaves de domicilio (destino final) en cada una de las ciudadelas (5 en total) y una en el Pozo "Parador Turístico". Una vez recolectadas las muestras, las mismas se llevaron a un laboratorio certificado (anexo 4) para su respectiva caracterización y verificación de los niveles de nitratos/nitritos y manganeso; así como, parámetros físicos químicos permisibles para consumo humano.

Para la determinación de las afectaciones a la salud a consecuencia del problema citado, se recolectaron datos estadísticos en el centro de salud del sector más cercano perteneciente al área en estudio (centro de salud La Paz y Hospital de Huaquillas); también se realizará una Entrevista un especialista en el área de salud pública lo que permitió validar el impacto a la salud de la población consumidora del agua del Pozo "Parador Turístico", objeto de esta investigación. Además se realizó encuestas (anexo 1) de forma radial al punto de muestreo tomado no probabilísticas, ya que se elegirá en las zonas circundantes al punto de muestra con la finalidad de obtener información sobre abastecimiento, servicio y calidad del agua; así como también, los problemas de salud que sufren las 7.183 personas que habitan el sector por la mala calidad del agua.

2. Resultados

Una vez terminada la recolección de datos por medio de encuestas, análisis de laboratorio, información de los centros de salud, entrevista y testimonios de la comunidad, se procedió a la tabulación,

obteniéndose conclusiones preliminares luego de analizarlas.

Encuesta a la población de las ciudadelas La Primavera, Miraflores, 24 de mayo, Milton Reyes y 9 de octubre, de la parte baja del cantón Huaquillas

Género de los encuestados

El 47% fueron hombres los encuestados y 53% mujeres.

Edad de los encuestados

El mayor porcentaje de encuestados está en el rango de entre 26 a 40 años de edad (48.55%), siguiendo los de 41 a 65 años (24.80%), luego los que están entre 15 a 25 años (15.30%) y por último los encuestados que tienen de 66 años en adelante (11.35%).

Abastecimiento diario de agua

Con respecto al abastecimiento de agua de la población de las Ciudadelas: La Primavera, Miraflores, 24 de Mayo, Milton Reyes y 9 de Octubre de la parte baja del cantón Huaquillas, la mayor parte de los habitantes (64.94%) se abastece por medio de la red pública, un 33.21% compra agua embotellada y el 1.86% obtiene el agua por medio de tanqueros.

Calidad del agua de la red pública

Con respecto a la calidad del agua de la red pública, la mayor parte de los encuestados considera que el agua tiene una calidad regular (52.51%). Un 23.75% considera que es de buena calidad, siguiendo un 13.72% que opina que el agua es de mala calidad y un 10.03% indicó que es excelente.

Uso del agua de la red pública

La mayor parte de la población encuestada, es decir el 85.22% emplea el agua de la red pública para uso doméstico (bebida, cocción de alimentos, aseo personal, limpieza, etc.), el 0.53% la emplea para riego, el 1.58% para la industria y un 12.66% la utiliza en otras actividades, principalmente en el comercio.

Métodos para asegurar el consumo del agua de la red pública

Sobre los métodos que emplea la población para asegurar el consumo del agua de la red pública, se observa que el 73.09% hierve el agua para su consumo, el 25.86% utiliza la cloración y un 1.06% la consume directamente.

Condiciones que presenta el agua de la red pública

Sobre la opinión de las condiciones del agua de la red pública, podemos decir que un 43.68% considera el agua es de mal sabor y olor respectivamente, 0.30% considera que es turbia y en un porcentaje bajo del 12.33% considera que el agua es limpia.

El agua de la red pública es apta para el consumo humano

Sobre la opinión de si el agua de la red pública es apta para el consumo humano, se observa que el 64.64% opina que sí es apta, en cambio el 35.36% opina que no lo es.

Problemas crónicos en la salud

Sobre si han sufrido los encuestados alguna enfermedad crónica, observamos que el 96.83% opina que no ha sufrido enfermedad crónica alguna, mientras que el 3.17 % opina que sí. Enfermedades como diabetes, cirrosis y mal de Parkinson

Frecuencia de problemas estomacales/intestinales en el hogar

Sobre la presencia de posibles problemas estomacales/intestinales en el hogar, se observa que el 2.90% indica que siempre tiene este tipo de afecciones en su hogar, el 56.99% (la mayoría) manifiesta que éstas se presentan a veces (2 ó 3 veces al año) y el 40.11% nunca ha padecido de estos problemas de forma frecuente.

Frecuencia de problemas respiratorios en el hogar

Sobre la presencia de posibles problemas respiratorios en el hogar, se observa que el 9.50% indica que siempre tiene este tipo de afecciones en su hogar, el 69.92% (la mayoría) manifiesta que

éstas se presentan a veces (2 ó 3 veces al año) y el 20.58% nunca ha padecido de estos problemas de forma frecuente.

Afecciones en la piel

Con respecto a los posibles problemas en la piel de los habitantes, el 80.47% ha indicado que no ha tenido este tipo de afecciones y el 19.53% sí las ha tenido, principalmente, las que tienen que ver con hongos.

Síntomas generales que indican problemas en el sistema nervioso

Sobre los síntomas generales que indiquen problemas en la salud, se ha preguntado sobre signos que podrían presentar las personas con respecto al consumo del agua tratada inadecuadamente, entre ellos: 31.40% manifiesta que sufre de cefaleas (dolores de cabeza), 0.53% sufre de insomnio constante, aunque el 68.07% no presenta ninguno de los síntomas señalados en esta pregunta.

Problemas de aprendizaje en sus hijos/hijas

sobre los posibles problemas de aprendizaje en los hijos de los encuestados, el 93.40% manifiesta que sus hijos no tienen problemas que le impidan alcanzar los aprendizajes; pero, el 6.60% ha indicado que sus hijos presentan problemas en este aspecto.

Resultados de los análisis de laboratorio realizados al agua proveniente del pozo “Parador turístico” de la parte baja del cantón Huaquillas

A continuación se detalla la información de forma sistemática a través de cuadros representativos donde se expresan los valores de los niveles de nitratos, nitritos y manganeso. Además los resultados de presencia de coliformes totales y fecales. Estos datos se han obtenido de una investigación realizada en la Empresa EMRAPAH (Empresa Municipal Regional de Agua Potable Arenillas-Huaquillas) en la cual recabando información existente se pudo encontrar datos desde 2012 hasta 2015, además para verificar la información obtenida se tomó muestras de agua actuales tanto del pozo “Parador Turístico” el cual es

objeto de esta investigación, así como muestras en la redes de las ciudadelas: La Primavera, Miraflores, 24 de Mayo, Milton Reyes y 9 de Octubre, las cuales son provistas de agua de dicho pozo. Estas muestras fueron analizadas en un laboratorio certificado de la ciudad de Guayaquil.

Análisis de los niveles de nitratos

Como se puede apreciar en el Gráfico No.1 sobre la presencia de nitratos en el agua del pozo “Parador Turístico”, los niveles de nitratos se mantienen debajo del límite permisible para el agua de consumo humano (50 mg/L), siendo el de la fecha 11 de abril de 2012 el más alto (1,1) y el más bajo el de la fecha 13 de agosto de 2015 (0,12).

En la Tabla No.1 sobre la presencia de nitratos en la red pública de agua de las ciudadelas estudiadas, se puede observar que los niveles de nitratos se mantienen debajo del límite permisible, siendo la ciudadela “9 de Octubre” con el nivel más alto (0.095 mg/L), siguiéndole las ciudadelas “Miraflores” y “La Primavera” (0.087 mg/L), después la ciudadela “Milton Reyes” (0.079 mg/L) y por último la ciudadela “24 de Mayo” (0.077 mg/L).

Entonces, se puede deducir que el agua del pozo “Parador Turístico”, que abastece directamente a las redes de las ciudadelas aquí descritas, los niveles de nitratos están muy por debajo del límite permisible para agua de consumo humano, por lo tanto no representa un problema a la calidad del agua ni afecta la salud de los habitantes.

Análisis de los niveles de nitritos

La presencia de nitritos en el agua del pozo “Parador Turístico” varían conforme a las fechas de toma de muestras, reflejándose así que la muestra con fecha 11 de abril de 2012 presenta el nivel más bajo (0.06 mg/L), mientras la muestra con fecha 19 de marzo de 2015 presenta el nivel más alto (10 mg/L), sobrepasando el límite permisible (3 mg/L), pero esto debido a que el instrumento que analiza las muestras necesitaba de mantenimiento; por lo tanto, luego de esta lectura se le hizo una calibración, es así que el análisis de la siguiente muestra con fecha 01 de julio de 2015 presenta un nivel mucho más bajo (2.4 mg/L) y corroborando esta información, la muestra tomada para el análisis en el laboratorio certificado da una lectura de 1.61 mg/L.

Los niveles de nitritos se mantienen debajo del límite permisible, siendo la ciudadela “9 de Octubre” la que tiene el nivel más alto (1.59 mg/L), siguiéndole la ciudadela “La Primavera” (1.58 mg/L), después las ciudadelas “Milton Reyes” y “Miraflores” (1.55 mg/L) y por último la ciudadela “24 de Mayo” (1.52 mg/L).

Entonces, se deduce que el agua del pozo “Parador Turístico”, que abastece directamente a las redes de las ciudadelas aquí descritas, los niveles de nitritos están debajo del límite permisible para agua de consumo humano, por lo tanto no representa un problema a la calidad del agua ni afecta la salud de los habitantes.

Análisis de los niveles de manganeso

Los niveles de manganeso varían conforme a las fechas de toma de muestras, reflejándose así que la muestra con fecha 11 de abril de 2012 presenta el nivel más bajo (0.2 mg/L), mientras la muestra con fecha 11 de junio de 2014 presenta el nivel más alto (1.7 mg/L), sobrepasando el límite permisible (0.4 mg/L). De las 11 muestras tomadas por EMRAPAH y la muestra tomada por el laboratorio, podemos indicar que 10 de las 12 muestras tomadas reflejan resultados que sobrepasan los límites permisibles en cuanto al manganeso en el agua de consumo humano, con valores que van desde 0.5 mg/L hasta 1.7 mg/L.

Entonces, se deduce que el agua del pozo “Parador Turístico”, que abastece directamente a las redes de las ciudadelas aquí descritas, los niveles de manganeso superan el límite permisible para agua de consumo humano, dando picos de hasta 1.7 mg/L, lo cual significa que no posee la calidad suficiente para ser apta para el consumo humano, además que por su alta presencia puede estar ocasionando afecciones a la salud de los habitantes provistos.

Presencia de microorganismos en el agua

En la Tabla 1, se puede observar que de las 10 muestras analizadas (desde abril de 2012 hasta agosto de 2015), 9 en EMRAPAH y 1 en un laboratorio certificado, 8 de ellas dan un número INCONTABLE de coliformes fecales y sólo 2 del año 2014 presentan AUSENCIA de coliformes fecales presentes en el pozo

PRESENCIA DE COLIFORMES FECALES EN EL "POZO PARADOR TURÍSTICO" 2012-2015 PATÓGENOS EN EL POZO		
No. MUESTRA/FECHA	VALOR PERMISIBLE < 1.1 UFC/100ML	RESULTADO
M1 (11/04/2012)	<1.1	INCONTABLE
M2 (27/08/2012)	<1.1	INCONTABLE
M3 (18/03/2013)	<1.1	INCONTABLE
M6 (11/06/2014)	<1.1	AUSENCIA
M7 (16/07/2014)	<1.1	INCONTABLE
M8 (15/10/2014)	<1.1	AUSENCIA
M9 (10/12/2014)	<1.1	INCONTABLE
M10 (19/03/2015)	<1.1	INCONTABLE
M11 (01/07/2015)	<1.1	INCONTABLE
M12 (13/08/2015)	<1.1	INCONTABLE

En la Tabla 2, acerca de la presencia de coliformes fecales en la red de agua de las ciudadelas de la parte baja del cantón Huaquillas, podemos observar que en todas las ciudadelas estudiadas se supera el límite permisible de coliformes fecales (1.1 UFC/100ML), siendo la ciudadela “9 de Octubre” la que posee el nivel más alto (22), siguiéndole la ciudadela “Milton Reyes”

(20), después la ciudadela “24 de Mayo” (19), luego la ciudadela “Miraflores” (17) y por último la ciudadela “La Primavera” (15).

PRESENCIA DE COLIFORMES FECALES EN LA RED DE LAS CIUDADELAS DE LA PARTE BAJA DEL CANTÓN HUAQUILLAS MUESTRA TOMADA 13-08-2015.

NOMBRE DE LA CIUADELA	VALOR PERMISIBLE < 1.1 UFC/100ML	RESULTADO
9 DE OCTUBRE	<1.1	22
MIRAFLORES	<1.1	17
24 DE MAYO	<1.1	19
MILTON REYES	<1.1	20
LA PRIMAVERA	<1.1	15

PRESENCIA DE COLIFORMES TOTALES EN EL "POZO PARADOR TURÍSTICO" 2012-2015 PATÓGENOS EN EL POZO		
No. MUESTRA/FECHA	VALOR PERMISIBLE < 1.1 UFC/100ML	RESULTADO
M1 (11/04/2012)	<1.1	INCONTABLE
M2 (27/08/2012)	<1.1	INCONTABLE
M3 (18/03/2013)	<1.1	INCONTABLE
M6 (11/06/2014)	<1.1	AUSENCIA
M7 (16/07/2014)	<1.1	INCONTABLE
M8 (15/10/2014)	<1.1	AUSENCIA
M9 (10/12/2014)	<1.1	INCONTABLE
M10 (19/03/2015)	<1.1	INCONTABLE
M11 (01/07/2015)	<1.1	INCONTABLE
M12 (13/08/2015)	<1.1	INCONTABLE

En la Tabla 3 se puede observar que de las 10 muestras analizadas (desde abril/2012 hasta agosto/2015), 9 en EMRAPAH y 1 en un laboratorio certificado, 8 de ellas dan un número INCONTABLE de coliformes totales y sólo 2 del año 2014 presentan AUSENCIA de coliformes totales en el pozo.

En la Tabla 4, acerca de la presencia de coliformes totales en la red de agua de las ciudadelas de la parte

baja del cantón Huaquillas, se puede observar que en todas las ciudadelas estudiadas se supera el límite permisible de coliformes totales (1.1 UFC/100ML), siendo la ciudadela “9 de Octubre” la que posee el nivel más alto (90), siguiéndole la ciudadela “Milton Reyes” (88), después la ciudadela “24 de Mayo” (86), luego la ciudadela “Miraflores” (74) y por último la ciudadela “La Primavera” (68).

PRESENCIA DE COLIFORMES TOTALES EN LA RED DE LAS CIUADELAS DE LA PARTE BAJA DEL CANTÓN HUAQUILLAS		
MUESTRA TOMADA 13-08-2015		
NOMBRE DE LA CIUADELA	VALOR PERMISIBLE	RESULTADO
	< 1.1 UFC/100ML	
9 DE OCTUBRE	<1.1	90
MIRAFLORES	<1.1	74
24 DE MAYO	<1.1	86
MILTON REYES	<1.1	88
LA PRIMAVERA	<1.1	68

Entonces, se puede deducir que el agua del pozo “Parador Turístico”, que abastece directamente a las redes de las ciudadelas aquí descritas, conforme a los resultados de los Tablas 4, 5, 6 y 7, la presencia de coliformes fecales y totales supera el límite permisible para agua de consumo humano, lo cual la convierte en no apta para consumo humano, ya que podría ocasionar un sinnúmero de afecciones a la salud, principalmente las que tienen que ver con el sistema digestivo.

Estadística de los problemas a la salud de los habitantes de las Ciudadelas La Primavera, Miraflores, 24 de mayo, Milton Reyes y 9 de octubre, por influencia de los niveles de nitratos/nitritos, manganeso y presencia de agentes patógenos en el agua del pozo “Parador Turístico” del cantón Huaquillas

A continuación se detalla la información de forma sistemática a través de cuadros representativos donde se expresan las enfermedades que mayormente se han reportado en centros de salud correspondientes al área de estudio. La investigación se la ha realizado en los centros de salud correspondientes para dicha área, los cuales son el centro de salud La Paz y El Hospital Básico de Huaquillas, en los cuales se pudo obtener información de reportes de atención

desde el año 2012 hasta septiembre de 2015. La información obtenida se la ha tabulado de acuerdo a los estándares de clasificación mundial de las enfermedades y afecciones como es el CIE 10 el cual se lo utiliza a nivel mundial. Se ha tabulado la información estadística por rangos de edades, género y ésta ha sido clasificada según afecciones influenciadas por manganeso, nitratos, nitritos y agentes microbiológicos presentes en el agua.

En lo referente a las enfermedades producidas por influencia de exceso de manganeso presentes en las aguas del Pozo Parador Turístico y que a su vez se distribuyen mediante la red pública a la parte baja del Cantón Huaquillas, se puede decir que si bien es cierto los elevados niveles de manganeso estarían contribuyendo al desarrollo de enfermedades de tipo neurológico como: Parkinson, esquizofrenia, depresión, dolor de cabeza e insomnio. Sin embargo, se ha observado que en las estadísticas obtenidas predominan las enfermedades gastrointestinales (siendo solo un mínimo porcentaje de casos registrados), los cuales podrían ser causados por coliformes fecales y totales, rectificándose estos datos con los exámenes de laboratorio realizados en la investigación. Por todo esto se puede deducir que el agua distribuida por el pozo está afectando de forma indirecta a la salud e integridad de las personas.

Cabe acotar que si bien es cierto relacionar las enfermedades descritas anteriormente con el agua afectada constituye un proceso difícil de verificar, ya que se necesitaría realizar una serie de exámenes médicos exhaustivos a cada una de las personas que han consumido dicha agua, por un período controlado de tiempo. Finalmente los resultados de esta investigación servirán como un punto de referencia para futuras investigaciones que traten de salud relacionada al agua.

Presentación de testimonios de la comunidad

Se realizaron entrevistas a la población habitante del área en estudio donde se le consultó básicamente sobre la calidad del agua que consume a través de la red pública. Los testimonios enuncian que la calidad del agua que proviene de la red pública no cumple con los estándares requeridos para considerarla apta para el consumo, principalmente debido a su turbidez, mal olor y mal sabor. Tanto en el área doméstica como en el comercio se emplea esta agua con el riesgo que implica consumirla, esto se hace evidente al emitir la preocupación que genera la aparición de posibles afecciones, sobretodos gástrico-intestinales, causados por el agua que obtienen de las llaves. Opinan además, que se hace necesario un eficiente sistema de purificación de agua.

III. CONCLUSIONES

La determinación de nitratos, nitritos y manganeso, aplicando las técnicas adecuadas para el tratamiento de agua de pozo del Parador Turístico en Huaquillas estaría contribuyendo a mejorar su calidad, ya que se bajarían los niveles de los elementos antes mencionados y de agentes patógenos presentes en el agua, lo que permitirá mejorar la calidad de vida y salud de las personas de la parte baja del cantón Huaquillas.

Más del 50% de las personas encuestadas consideran que la calidad del agua de la red pública que se provee a través del pozo Parador Turístico es regular.

Un 64% de las personas encuestadas considera que el agua proveniente de la red pública abastecida por el pozo Parador Turístico no es apta para el consumo.

De los análisis obtenidos se ha podido verificar y evaluar que los niveles de nitratos, nitritos y manganesos presentes en el agua del pozo “Parador Turístico” y en los puntos de muestra de las ciudadelas analizadas están muy por debajo de los límites permisibles para consumo humano, por lo tanto nos afecta la calidad de agua, sumado a ello existe un alta presencia de agentes patógenos en el agua distribuida al sector lo que representa un riesgo a la salud de los habitantes.

Durante los años 2012, 2013, 2014 y la primera mitad del 2015, los casos más relevantes, en cuanto a problemas de salud, identificados en esta investigación son: cefaleas, amebiasis, diarreas y gastroenteritis.

IV. REFERENCIAS

- Calleros, Alarcón, Pérez, Cueto, Moran, & Sanín. (2012). Evaluación de riesgo sistémico y niveles de metahemoglobina en niños que consumen agua contaminada por nitratos. *Calleros/Ingeniería*, 183-194.
- Eugenia, S. R., Yesid, C. E., & Carlos, E. J. (Diciembre de 2007). *Revista Ingeniería e Investigación*. Obtenido de Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua: <http://www.redalyc.org/pdf/643/64327320.pdf>
- Gupta SK. (2009). Metahemoglobinemia in areas with high nitrate concentration in drinking water. *Natl Med J India*, 58-61.
- PD, G. (2000). Evaluation of health hazards in children from region with nitrate pollution. *Folia med (Plovdiv)*, 19-22.
- Peraya, O. (26 de 10 de 2015). Explican sobre la presencia de manganeso en agua. Obtenido de <http://eju.tv/2015/10/explican-sobre-la-presencia-del-manganeso-en-el-agua/>
- Ruiz, E. N., Escobar, Y. C., & Escobar, J. C. (Diciembre de 2007). *Revista Ingeniería e Investigación*. Obtenido de Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua: <http://www.redalyc.org/pdf/643/64327320.pdf>

Descripción de plagas en viveros de cacao en el cantón Milagro a partir de diferentes fuentes de información

Simón Pérez-Martínez^{1*}; Carlos Noceda¹; Oskary Zambrano¹; Dercy Parra³; Luis Córdoba¹; Daynet Sosa¹⁴.

Resumen

Este artículo pretende i) revisar el estado del arte en el conocimiento de los problemas fitosanitarios reportados en las fases iniciales del cultivo del cacao en el Ecuador, y ii) describir la presencia de tales problemas en viveros de Milagro. Las fuentes de información fueron mixtas, y estas variaron según la escala geográfica. La información a nivel de país provino de libros o artículos; en cambio, para describir particularidades locales se utilizaron datos primarios de identificación de hongos e información facilitada por productores locales entrevistados. Al mismo tiempo, se usaron datos secundarios provenientes de tesis de pregrado, informes técnicos institucionales y artículos de prensa. La información secundaria, de poca visibilidad pero disponible en repositorios digitales, contiene información puntual válida para el conocimiento local. Los daños causados por hongos y por artrópodos (plagas *sensu lato*) se agruparon por síntoma y agente causal. De igual forma, se incluyen daños de origen abiótico. El manejo de los daños insectiles fue considerado de poca importancia por los viveristas, a diferencia de los causados por hongos y cromistas que constituyen el desafío fundamental.

Palabras Clave: vivero; cacao; enfermedades; cantón Milagro.

Description of pests in cacao vivarium in Milagro canton from different sources of information.

Abstract

This article aims i) to review the state of the art in the knowledge of phytosanitary problems reported in the initial stages of cacao cultivation in Ecuador, and ii) to describe the presence of such problems in Milagro vivariums. The sources of information were mixed, and these varied according to geographic scale. Information at the country level came from books or articles; in contrast, primary data to identify fungi and information provided by local farmers interviewed to describe local particularities, were used. At the same time, secondary data from undergraduate theses, institutional technical reports and press articles were used. Secondary information, with low visibility but available in digital repositories, contains valuable information for local knowledge. The damages caused by fungi and by arthropods (*sensu lato* pests) were grouped by symptom and causal agent. Symptoms of abiotic origin are also included. The management of insect damage is considered of little importance by nurserymen, unlike those caused by fungi and chromists that constitute the fundamental challenge.

Keywords: cacao; diseases; Milagro county; vivarium.

Recibido: 19 de abril de 2017
Aceptado: 24 de Agosto de 2017

¹Universidad Estatal de Milagro, UNEMI. Calzada Universitaria km. 1.5 vía Milagro-km26, Milagro. Guayas, CP 090112, Ecuador orcid.org/0000-0001-7349-7036.

²Biología Celular y Molecular de Plantas (BOCEMP)/Biotecnología Industrial y Bioproductos, Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura, Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Av. General Rumiñahui s/n. Sangolquí, P.O. Box 171-5-231B, Ecuador.

³Estación Experimental Caucagua, INIA-Miranda, Caucagua. Miranda, Venezuela.

⁴Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, CIBE. Campus Gustavo Galindo Km 30.5 Vía perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador.

*Autor para la correspondencia: sperezm2@unemi.edu.ec

I. INTRODUCCIÓN

La caracterización de los espacios de producción agrícola, ya sea en sus dimensiones de productividad, ambiental o socioeconómica, encuentra dificultades para encontrar estudios específicos a nivel local. Generalmente la información más fidedigna es realizada por instituciones nacionales como los institutos de estadística, los bancos centrales o los censos de los ministerios de agricultura. La información y los datos contenidos en estas fuentes no se brindan de forma disgregada a nivel de cantón o parroquia (MAGAP 2012; FAOSTAT 2017). En este contexto, la información para estudios locales a realizar por las universidades, o la toma de decisiones razonadas por parte de las autoridades locales, proviene de las instituciones que poseen y controlan la información. Esta información es pública, pero de difícil acceso. Otra fuente de información a nivel local proviene de las universidades, que en su misión de lograr una pertinencia local levantan información y la sistematizan en forma de tesis de grado o de posgrado, mismas que actualmente están disponible en repositorios digitales del Ecuador .

Las tesis, los informes técnicos y las bases de datos muy especializadas plantean un problema de acceso a la información y, en consecuencia se les denomina literatura gris (Editor 2011). Este autor indica que la

literatura gris, también llamada no convencional, semi-publicada, invisible, menor o informal, es cualquier tipo de documento que no se difunde por los canales ordinarios de publicación comercial. Al margen de la accesibilidad hay, como se señaló en el párrafo anterior, los inconvenientes de la no desagregación de los datos estadísticos para las distintas escalas (municipio, cantón, etc.).

El sector cacaotero es estratégico en Ecuador por razones históricas, sociales y comerciales (Banco Central del Ecuador 2013; Monteros-Guerrero y Salvador-Sarauz 2015). El cacao constituye el cultivo agrícola con la mayor superficie sembrada del país (Monteros- Guerrero y Salvador-Sarauz 2015), con 372637 ha y un rendimiento promedio estimado de 419,2 kg ha-1 en 2014 (FAOSTAT 2017). En este marco global, los pequeños y medianos productores, en cuanto a superficie cultivada, constituyen la mayor proporción. En la provincia de Guayas, cerca del 75% de las fincas tienen hasta 20 ha (Tab.1), lo que indica que la producción involucra mayormente a pequeños y medianos productores. De esta selección de fincas las que corresponden a Milagro tienen una extensión promedio entre 1-84 ha en sus cuatro parroquias rurales (Chobo, Mariscal Sucre, Milagro y Roberto Astudillo) y solo el 3,4% sobrepasa las 20 ha. (Fuente)

Tabla 1. Categorización de una selección de fincas cacaoteras de la Provincia Guayas* según superficie estimada de las plantaciones.

Categoría**	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	Media (ha)	Mín. (ha)	Máx. (ha)
C1	206	12,11	12,11	0,97	0,01	2
C2	301	17,70	29,81	3,09	2,01	4
C3	262	15,40	45,21	4,92	4,01	6
C4	256	15,05	60,26	7,81	6,02	10
C5	245	14,40	74,66	14,11	10,06	19,92
C6	152	8,94	83,60	25,62	20,1	33,08
C7	130	7,64	91,24	46,25	33,15	66,09
C8	38	2,23	93,47	78,74	66,64	97,84
C9	14	0,82	94,30	115,49	101,01	131,44
C10	23	1,35	95,65	148,97	132,92	164,73
C11	74	4,35	100,00	770,28	169,38	9.944,36
Total	1701				Total de cacao	184.445,09 ha

* Datos suministrados por MitchelQuinzo, del Departamento Coordinación General del Sistema de Información Nacional, MAGAP-Guayas. Estas fincas son las que hasta agosto de 2016 estaban verificadas sus dimensiones por visitas a campo y coordenadas de GPS.

** Categorización automática de los datos usando el programa InfoStat (Univ. Córdoba, Argentina)

Tanto para los pequeños y medianos productores como para los grandes, los viveros se constituyen en la opción preferida, especialmente mediante la

técnica de injerto. La propagación vegetativa (ramillas o injertación) tiende, en las progenies obtenidas, a homogenizar el fondo genético y caracteres fenotípicos

como rendimiento, tamaño del fruto y número de semillas por fruto, asemejándolas a la planta progenitora (Quiroz 2010; Quiroz y Mestanza 2010).

La homogenización del genotipo mediante viveros, clones, tiene implicaciones en el riesgo de diseminación de enfermedades en las plantaciones definitivas. Considerando que la sanidad y la calidad de la producción de cacao se originan fundamentalmente en el vivero. Los objetivos del presente ensayo fueron: i) revisar el estado del arte en el conocimiento de las enfermedades reportadas en las fases iniciales del árbol de cacao, usando como insumo fundamental documentos técnicos sobre el cultivo en el Ecuador y en las Américas en general, y ii) describir el sector viverista de Milagro en base a la generación de datos primarios por parte de los autores análisis de datos secundarios contenidos en informes técnicos y tesis de pregrado disponibles en repositorios digitales, y a partir de las experiencias narradas por productoras y productores locales, ya sea mediante entrevistas ejecutadas durante esta investigación o disponibles en la prensa local.

II. DESARROLLO

Las enfermedades de mayor significación reconocidas en el Ecuador son la pudrición helada del fruto (moniliasis), la mazorca negra y la escoba de bruja (Suárez-Capello 1983). Una situación similar se presenta en otros países de las Américas (Ploetz 2016). Sin embargo, se han reportado varias docenas de enfermedades a nivel global (Purdy *et al.* 2017), la mayoría inducidas por hongos y, con menor frecuencia, algas, bacterias, nematodos, plantas parásitas, stramenopilos y virus (Ploetz 2016). La magnitud de las afectaciones por las principales enfermedades en Ecuador no se conoce oficialmente. Sin embargo, es posible que esa situación cambie después de culminar el proceso de consolidación de una encuesta nacional del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (MAGAP) conocida como “Operativo de rendimientos objetivos de cacao”, en la que se indaga por cinco enfermedades fúngicas del cultivo (moniliasis, escoba de bruja, mazorca negra, antracnosis y mal de machete). Adicionalmente, en la misma encuesta se indaga en relación a cinco especies insectiles y un caracol que se conocen como plagas en Ecuador. Extraoficialmente, se estiman daños globales de hasta el 30% para la Región Costa del Ecuador, debido fundamentalmente a afectaciones de la pudrición helada en las plantaciones. Para la Región Amazonas,

las pérdidas en la producción por las tres principales enfermedades de la zona (pudrición helada del fruto, pudrición parda y escoba de bruja) llegan a ser superiores al 50%, y la incidencia entre 50 y 60% (Pico *et al.* 2011).

PATÓGENOS REPORTADOS EN FASES JUVENILES Y/O VIVEROS DEL CULTIVO DEL CACAO

El cacao es susceptible a muchas plagas a nivel global, pero no todas se han reportado o encontrado en Ecuador, consecuencia tal vez no tanto de que no existan las condiciones para el desarrollo del agente etiológico en un agroecosistema en particular o, alternativamente, que el mismo no haya alcanzado la zona. Esta razón es clave para la vigilancia fitosanitaria de los movimientos de germoplasma entre continentes, países e incluso regiones dentro de un país (End *et al.* 2014).

Moniliophthoraspp y *Phytophthoraspp* Sin embargo, en general, la vía más importante de infección por hongos de las plántulas de cacao es la transmisión horizontal, ya sea por el sustrato contaminado o por el acarreo a la planta de cacao de unidades infectivas de microorganismos.

Atención especial en vivero requieren los microorganismos endófitos y su comportamiento dual endófito-patógeno en determinadas condiciones. La infección de las plántulas de cacao puede deberse tanto a patógenos, como se describe en este acápite, como a microorganismos endófitos. Los especímenes con modo de vida endófito no causan ningún tipo de síntoma visible durante el ciclo de vida, e incluso pueden conferir ventajas ecológicas al cacao. La coexistencia de especies fúngicas patógenas y endófitas dificulta el manejo de los viveros en el orden práctico, ya que una plántula deseada de vivero no es la que está libre de microorganismos, sino la que contiene sólo aquellos que provocan efectos neutros o netamente positivos para la planta. Este panorama adquiere matices cuando especies como *L. theobromaesensu lato*(s.l.), *C. gloeosporioidess.l.* o *F. decemcellulare*, reconocidas especies reportadas como patógenas del cacao, han sido igualmente aisladas de tejido sano del cacao (Sosa *et al.* 2016). Puede darse el caso también de especies fúngicas con una fase endofítica (no parasítica) de su ciclo de vida, y que bajo determinadas condiciones, muchas veces desconocidas, logran pasar a su fase patogénica y por tanto llegar a inducir síntomas.

A continuación, se presentan los síntomas causados por los hongos y cromistasfitopatógenos que en las fases

juveniles del cacao(necrosis foliares, engrosamientos de las yemas y necrosis de las raíces). Asimismo, se resumen algunas características de los agentes causales de los síntomas. También se presentan resumidamente los tipos de daños causados insectos y arácnidos que han sido reportados en viveros, así como de los síntomas de origen no infeccioso (ambiente y manejo agronómico).

NECROSIS FOLIARES

Phytophthora palmivora (tizón)

Generalidades. *P. palmivora*. es el principal patógeno que se presenta actualmente en viveros de cacao en regiones como Barlovento en Venezuela (Parra y Camejo 2015), sin embargo el tizón causado por este patógeno en chupones, plántulas y hojas es considerado por otros autores como de poca importancia en comparación con lapudrición parda del fruto (Surujdeo-Maharaj *et al.* 2016). Sin embargo, a inicios de los años 60 no se conocían reportes de *Phytophthora* spp. en el cacao del Litoral de Ecuador (Hardy 1961). El exceso de humedad en el sustrato se reconoce como una condición favorable para el desarrollo de la sintomatología de este patógeno (Carvajal *et al.* 2008), y la presencia de una película de agua sobre las hojas incrementa su diseminación y es requerida para completar su ciclo (Surujdeo-Maharaj *et al.* 2016). Cuando las condiciones ambientales son favorables a este cromista, causa tizones en las hojas de las plántulas de vivero (End *et al.* 2014) y puede llegar a presentarse muerte regresiva (Surujdeo-Maharaj *et al.* 2016). Una estructura semipermanente de madera y techo de cobertura natural como las hojas de coco favorece la condensación de humedad en el vivero y la infección por *P. palmivora*, según se ha reportado en Asia (McMahon y Purwantara 2016). *P. palmivora* es la especie más ampliamente distribuida del género que atacan al cacao, a nivel mundial y en las Américas (Surujdeo-Maharaj *et al.* 2016). Los mismos autores indican que otras especies asociadas a cacao, pero en segundo orden de importancia por su distribución, serían *P. megakarya* (África occidental), *P. citrophthora* (Brasil) y *P. capsici*/*P. tropicalis*.

Síntomas en vivero. Ocasiona manchas acuosas pardas e irregulares que se presentan en cualquier parte del limbo foliar (Fig.1). En fases avanzadas de vivero provoca una muerte regresiva de las plántulas en viveros (Phillips-Mora y Cerda 2009). Comienza con el oscurecimiento del tejido seguido de una necrosis, síntomas similares tanto en los chupones como en las

plántulas (Surujdeo-Maharaj *et al.* 2016). En general, las hojas jóvenes son más susceptibles que el tejido maduro (Surujdeo-Maharaj *et al.*, 2016). *P. palmivora* puede provocar marchitamiento y muerte de las hojas en plantas adultas (Hardy 1961).



Figura 1. Tizón en las hojas, marchitamiento y muerte de plantas causado por *P. palmivora*. [Foto Dercy Parra (DP)/ Carmen Camejo (CC)].

Generalidades. La antracnosis es la enfermedad más común en los tejidos tiernos (Hardy 1961), y la infección severa por su agente causal frecuentemente resulta en defoliación de las ramas laterales, dejándolas finalmente desnudas. Esta enfermedad se presenta con mayor incidencia en viveros con deficiencias de sombra, plantas malnutridas o faltando agua. Ha de precisarse que *C. gloeosporioides*, considerado tradicionalmente como el agente causal de la antracnosis, es en realidad un complejo de especies endófitas y patógenas, en el que predomina *C. theobromicola* en plantas sintomáticas (Rojas *et al.* 2010). *C. theobromicola* ha sido encontrado en varios estudios de prospección de patógenos y endófitos realizados en Venezuela y Ecuador (Pérez-Martínez *et al.*, datos no publicados).

Síntomas en viveros. La infección se inicia con manchas de 1-2 milímetros de diámetro bordeadas de un halo amarillento, que se distribuyen al azar sobre la lámina foliar.

Cuando estas manchas son abundantes, se unen hasta formar parches pardos oscuros que pueden secar la hoja completamente (Fig.2). El síntoma típico son manchas pardas en forma de cuña que avanzan desde el ápice de la hoja hacia el centro de la hoja por la nervadura principal y se conoce como antracnosis. Un aspecto a

destacar es el hecho de que las defoliaciones repetidas pueden a veces causar la muerte del brote, dando lugar al desarrollo de ramillas laterales que en ocasiones dan la apariencia de una escoba de bruja (Hardy 1961; Akrofi *et al.* 2016).



Figura 2. Síntomas iniciales a la izquierda y avanzados de la antracnosis en hojas, nótese la combinación de clorosis y necrosis. [Fotos DP/ CC].

Corynespora cassiicola (tizón de las hojas)

Generalidades. Este hongo ha sido poco estudiado debido a su baja incidencia como patógeno del cacao.

En plantaciones adultas se considera su daño como insignificante, tanto en hojas (Urdeneta y Delgado 2007) como en frutos (Falconi *et al.* 2007).



Figura 3. Síntomas iniciales y avanzados causados por *C. cassiicola*. [Fotos DP/ CC].

Lasiodiplodia theobromae

Generalidades. *L. theobromae* es un hongo que afecta a las plantas de cacao principalmente durante el proceso de injertación se producen heridas, que facilitan la entrada del patógeno en los tejidos provocando la muerte de las yemas.

Síntomas en vivero.

Putrefacción seca de los haces vasculares, deshilachado de la corteza del tallo, marchitamiento del injerto, hojas con coloración amarilla intensa y crujiente al tacto (Hardy 1961). Internamente, los tejidos afectados presentan coloraciones de gris oscuro a pardo rojizo. Aparecen áreas necrosadas en los tallos, los cuales evolucionan

hacia muertes regresivas (Reyes y Capriles 2000). En fases avanzadas se aprecian numerosos picnidios del hongo de color gris oscuro ubicados en el portainjerto o el patrón (Fig.4).



Figura 4. Injerto de cacao infecta por *L.theobromae* mostrando necrosis en la unión injerto/patrón y picnidios del hongo sobre el tallo del patrón de cacao. [Fotos DP/ CC].

ENGROSAMIENTOS DE LAS YEMAS

Moniliophthora perniciosa

Generalidades. *M. perniciosa* es el agente causal de la escoba de bruja, una de las enfermedades más destructivas del cultivo del cacao en Ecuador. El crecimiento hipertrofiado de los meristemos (escoba) es el síntoma más característico de la enfermedad (End *et al.* 2014), aunque también afecta los cojines florales, las flores y los frutos.

Síntomas en viveros. Este hongo produce en plántulas de vivero atrofias sobre crecimiento, que se manifiesta con un engrosamiento de la yema terminal (Fig. 5) o de las laterales (Maddison y Mogrovejo 1985). En la primera etapa de la infección el hongo establece una relación biotrófica con el hospedante, siendo esta etapa donde causa la hipertrofia, la pérdida de la dominancia apical y la proliferación de las yemas axilares de los tejidos jóvenes de cacao (End *et al.* 2014). La hipertrofia de los meristemos infecta y siempre causa la muerte total de los tejidos afectados. Hasta un 21% de un total de 600 plántulas de vivero de 5-7 meses de edad manifestaron síntomas de

escoba de bruja a los dos meses de su trasplante a campo, lo que sugiere que fueron infectadas en el vivero (Maddison y Mogrovejo 1985). Se ha demostrado que este hongo se transmite por semilla (Cronshaw y Evans 1978; End *et al.* 2014). Para la obtención de semillas para la siembra del patrón se recomienda descartar los frutos de plantas afectadas por esta enfermedad.



Figura 5. Hipertrofia de los tejidos del cogollo en una plántula de cacao afectada por *M.perniciosa* en vivero. [Foto Simón Pérez-Martínez, SPM].

Fusarium decemcellulare

Generalidades. Este hongo ha sido poco estudiado como patógeno en viveros, a diferencia de en plantaciones adultas, en las que ha sido asociado hasta con cinco tipos de agallas del cojín floral (Sosa *et al.* 2016). Síntomas en vivero. El hongo causa hipertrofias que se ubican principalmente en el nudo cotiledonar. En la fase de vivero se puede observar cómo el ataque produce un engrosamiento en las yemas axilares. A diferencia de *M. perniciosa*, cuyo síntoma se observa en el ápice, este patógeno muestra los síntomas en las yemas axilares (Fig.6). Agente causal. *F. decemcellulare* es el hongo que produce las agallas o bubas en plantas adultas de cacao (Sosa *et al.* 2016).



Figura 6. Engrosamiento de las yemas del nudo cotiledonar causada por *F. decemcellulare*. [Foto DP/SPM].

Phytophthora palmivora / *P. capsici* (cáncer del tronco)

Generalidades. Los oomicetes *P. palmivora* o *P. capsici* (Phillips-Mora y Cerda 2009) son los agentes causales reportados en las necrosis del tallo, conocida como cáncer del tronco. Ambos patógenos causan necrosis del fruto y necrosis del tallo en árboles adultos. Al igual que en los tizones foliares causados por *P. palmivora* en hojas jóvenes, los tallos jóvenes son más susceptibles que los viejos (Surujdeo-Maharaj *et al.* 2016).

Síntomas en vivero. *P. palmivora* / *P. capsici* producen la muerte de las plántulas comenzando por el ápice a la base (necrosis/dieback) (Phillips-Mora y Cerda 2009), de manera similar ocurre en los chupones en plantaciones adultas (Phillips-Mora y Cerda 2009; Surujdeo-Maharaj *et al.* 2016).

Ceratocystis cacaofunesta (mal de machete)

Generalidades. Ésta es una enfermedad secundaria pero potencialmente peligrosa. Es poco frecuente el reporte de su incidencia en vivero, aunque han sido infectadas experimentalmente plántulas de cuatro meses (Sanches *et al.* 2008). Los insectos coleópteros de la subfamilia Scolytidae, como *Xyleborus* spp., perforan selectivamente plantas infectadas con *C. cacaofunesta* en campo (García-Cabrera *et al.* 2016). Frecuentemente este hongo es aislado junto con otra especie fúngica *Rosellinia* spp. en las Américas (Flood *et al.* 2016). Existen varias especies de *Ceratocystis* que pueden necrosar el xilema de cacao, entre ellas *C. papillata* y *C.*

colombiana (Van Wyk *et al.* 2010)

Síntomas en vivero. Para este hongo no se ha reportado en viveros una descripción de la sintomatología visible (Suárez-Capello 1991; End *et al.* 2014). En campo, el primer síntoma de esta enfermedad es una clorosis general y un marchitamiento lento de la parte infectada (rama o árbol), que evoluciona progresivamente a necrosis. Por lo general, la marchitez causada por *Ceratocystis* se caracteriza porque las ramas cuelgan, sin caer aunque se agiten. Agente causal. *C. cacaofunesta* es un hongo que penetra pasivamente a través de heridas en el tallo, ya hayan sido éstas causadas por insectos o por el hombre (García-Cabrera *et al.* 2016). Por tanto, su forma de disseminación más importante es mediante heridas causadas por cortes (End *et al.* 2014).

NECROSIS DE LA RAÍCES

En Ecuador, se han reportado varios géneros de hongos que viven en el suelo y que son comunes como patógenos en viveros, entre ellos *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Phythium* y, ocasionalmente, *Verticillium* (Suárez *et al.* 1999). Muchas veces, los patógenos del suelo son considerados como problemas menores del cultivo a nivel global, pero localmente pueden producir pérdidas significativas, como ocurre con *Verticillium dahliae* en Colombia (Flood *et al.* 2016). Se ha informado de hongos del suelo que atacan plántulas injertadas de cacao, como *Fusarium oxysporum*, que infecta las raíces, y *F. solani*, que causa chancros en forma anillada en el cuello de las plantas, lo que desemboca en marchitamiento y muerte de la planta (Parra y Camejo 2015). *Rhizoctonia* spp. es un hongo del suelo y raramente es reportado en cacao, sin embargo se detectó en agallas de cojines florales de este hospedante (Sabah Department of Agriculture 1972). Sin embargo, este patógeno ha llegado a generar un problema en viveros, obtenidos tanto a partir de semillas como por métodos vegetativos (Paredes 1966). Salvo de *P. palmivora*, del resto de los especímenes mencionados no se han encontrado reportes que confirmasen su carácter patógeno en viveros, y se mencionan sólo a efectos de registro de la información.

V. dahliae provoca la verticilosis del cacao

(en inglés, verticilliumwiltosuddendeath), cuyos síntomas externos incluyen marchitez, clorosis foliar y retraso en el crecimiento; internamente muestra una decoloración de los haces vasculares (EMEACHEBE *et al.* 1971). Aunque la mayoría de los trabajos publicados refieren estudios en plantaciones, experimentalmente se ha demostrado la susceptibilidad de plántulas de cacao de diferentes genotipos a la infección por *V. dahliae* mediante suelo infestado (Resende *et al.* 1995). El hecho que plántulas de clones susceptibles inoculadas a los 15 días de edad manifiesten síntomas a los 60 días indica que el material de injertación, o el suelo infestado, constituyen fuentes de diseminación de la enfermedad en viveros. La presencia de *V. dahliae* se ha confirmado en Argentina, Brasil, Chile, Colombia y Perú, por lo que han de implementarse medidas cuarentenarias para el movimiento de germoplasma con estos países. El cacao es considerado un hospedante menor de este hongo, aunque éste es particularmente agresivo en Colombia (Flood *et al.* 2016).

El oomiceto *P. palmivora* infecta las raíces e induce un retardo en el crecimiento de plántulas jóvenes (Surujdeo-Maharaj *et al.* 2016), que pueden llegar a morir (Kellam y Zentmyer 1986). En plantas injertadas se generan flacidez de las

hojas y pudrición de los haces vasculares, síntomas que conllevan a la muerte total de la planta.

INSECTOS Y ARÁCNIDOS REPORTADOS EN TEJIDOS JÓVENES O QUE TRANSMITEN ENFERMEDADES

Se ha informado que, en Ecuador, los problemas de insectos-plaga son esporádicos en la mayoría de las plantaciones de cacao (Páiz *et al.* 1982; Valerazo *et al.* 2013). Dentro de los insectos plaga más importantes reportados se encuentran la polilla del tronco (que se asocia al mal de machete), los esqueletizadores de las hojas y *Menalonium*. Se recomienda mantener las poblaciones insectiles bajo el umbral económico de daño (Cabeza *et al.* 2012). En la Tabla 2 se resumen reportes de las plagas de artrópodos que afectan a los viveros o en fases juveniles de la planta.

El papel de los insectos benéficos es poco importante en vivero, que es la única fase en la que se justifica el control de insectos destructivos (Enríquez 1985). El reducido tamaño de los viveros disminuye el peligro de la utilización de insecticidas con prolongada residualidad para el combate de insectos-plaga, ya que a su vez estos insecticidas también destruyen a los insectos benéficos (polinizadores, parásitos y predadores) (Páiz *et al.* 1982; Valerazo *et al.* 2013).



Figura 8. Tallo de una plántula de vivero perforado por la alimentación de *Xyleborus* spp. mostrando aserrín (izquierda). Plántula de más de cuatro meses con perforación, y necrosis causada secundariamente por *L. theobromae* (derecha). [Fotos DP/ CC].

Tabla 2. Artrópodos descritos en el Ecuador como plagas* (insectos y arácnidos) en vivero o en partes jóvenes de la planta de cacao.

Nombre vulgar	Nombre científico		Descripción**
CHUPADORES			
Mosquilla	<i>Monalonium dissimulatum</i> (Hemiptera: Miridae)		Adultos y ninfas atacan frutos y brotes jóvenes, chupando la savia. Cuando son atacados brotes tiernos, se observa una necrosis alrededor de la picadura. Por otro lado, estas picaduras sirven de puntos de entrada a hongos oportunistas que causan síntomas secundarios.
Áfidos o pulgones	<i>Toxoptera aurantii</i> (Hemiptera: Aphididae)		Puede afectar hasta un 50 % de los brotes y las hojas tiernas. Se alimenta por el envés de la hoja y su daño puede pasar desapercibido. Vectores de virus.
Cicadélidos y mosca blanca chinchas harinosas (Pseudococcus) o cochinillas	No identificados en Ecuador. (Hemiptera: Pseudococcidae)		Vectores de virus
DEFOLIADORES			
Hormigas arrieras	<i>Attasp.</i> (Formicidae)	(Hymenoptera:	Su daño se caracteriza por cortes semicirculares desde los bordes hacia la nervadura central de la hoja. Estas hormigas actúan en simbiosis con chinchas, los cuales le brindan protección. Pueden dañar un 1-10% del área foliar y de los brotes jóvenes.
Perforadores de la hoja, vaquitas	<i>Epitrix pectoralis</i> , <i>Diabrotica</i> spp. (Chrysomelidae)	<i>Omophoita</i> spp., (Coleoptera:	Provocan perforaciones, deformación y marchitamiento de brotes jóvenes. Pueden afectar un 1-20% de área foliar joven y de los brotes tiernos, de preferencia el área internerval.
PERFORADORES DEL TALLO Y RAÍCES			
Polillas del tronco (Fig. 8), coquito escopetero	<i>Xyleborus</i> spp. (Scolytidae) <i>Platypus</i> spp. (Platypodidae)	(Coleoptera:	<i>X. morigerus</i> se reporta afectando partes jóvenes del cacao, pero sus daños como plaga son insignificantes, tanto en brotes jóvenes como en plantaciones (Goitía y Rosales 2001). Los daños causados por estos insectos están correlacionados significativamente con <i>C. cacaofunesta</i> . Observaciones estacionales de escolítidos mostraron una correlación significativa entre la población de campo y la necrosis del cacao, incluso estando éstos en un nivel de incidencia bajo (hasta un 4%) (Goitía y Rosales 2001).
Orugas perforadoras de las raíces	<i>Agrotis</i> spp. (Lepidoptera: Noctuidae)	<i>Spodoptera</i> spp.	Habitano en el suelo y son de hábitos nocturnos. Atacan en viveros o en plantas recién trasplantadas y sus daños pasan desapercibidos. Éstos pueden ser severos pero inusuales (Enríquez 1985).
Trazadores, gallina ciega, chancho gordo, chizas	<i>Phyllophaga</i> spp. (Scarabidae)	(Coleoptera:	Las larvas ocasionan los mayores daños en las raíces terciarias y cuaternarias de plántulas, o árboles jóvenes de cacao. Provocan clorosis y debilitamiento de las plantas. Larvas y adultos se han encontrado al desenterrar árboles muertos por el mal de machete. Se presentan raramente.
Araña roja	<i>Tetranychus</i> spp. (Tetranychidae)	(Acarina:	Se localiza en el envés de las hojas. Ataca especialmente en vivero produciendo atroñas, malformación y defoliación de los brotes terminales, que pueden conducir a una muerte regresiva (Enríquez 1985).

* Información basada mayoritariamente en datos publicados (Páliz *et al.* 1982; Valerazo *et al.* 2013)

** Se consideran aquellos especímenes asociados con partes jóvenes del hospedero, ya sea con mayores poblaciones o con mayor frecuencia de alimentación en esas partes.

SÍNTOMAS DE ORIGEN ABIÓTICO

Es común encontrar plántulas con síntomas que no son debido a infecciones causadas por fitopatógenos o infestaciones por insectos, sino debido a carencias, excesos o desequilibrios nutricionales, que pueden estar originados en la composición edáfica. Estos síntomas se han descrito en forma

de clave dicotómica (Enríquez 1985; Hardy 1961) y pueden resumirse como clorosis en las plantas completas, clorosis moteada de los espacios internervales de las hojas, deformación de la lámina foliar, necrosis foliar, disminución del tamaño de la hoja, y acortamiento de los entrenudos, entre otros (ver algunos síntomas en la Fig. 9).



Figura 9. Malformaciones en hojas por deficiencias nutricionales (izquierda) y clorosis por deficiencia de nitrógeno (derecha). [Fotos DP/ CC].

Existen síntomas, que pueden ser persistentes en viveros, que son originados por la toxicidad de sales, como cloruros o sulfatos, deficiencias nutricionales, convergencia de factores abióticos relacionados con la humedad, tipo de sustrato, etc.

Toxicidad. La salinidad excesiva generada por la deposición de sal acarreada por el viento de mar provocan toxicidad en algunas áreas (Enríquez 1985), como pudiera ocurrir en zonas cacaoteras de la costa ecuatoriana. La toxicidad por sales también puede deberse a un exceso de las mismas en el agua para el riego de los viveros. Un signo claro de esto lo constituye la presencia de costras blancas en el suelo o en el punto de salida de los aspersores (Amores *et al.* 2009). En otras ocasiones las señales de exceso salino no son tan evidentes y los síntomas pudieran estar relacionados con la estacionalidad del agua, pues al disminuir las lluvias aumenta la concentración de sales en el agua disponible para riego (James Quiroz 2015, comunicación personal).

Deficiencias nutricionales. En viveros, estas deficiencias pueden causar deformaciones en las hojas o clorosis por deficiencias de nitrógeno (Fig. 9). Hardy (1961) destaca que se puede observar una

clorosis moteada entre las venas foliares causada por deficiencia de magnesio, la cual es común en suelos ácidos.

Muerte regresiva de origen no infeccioso. Esta enfermedad se manifiesta como necrosis de la ramilla en cámaras de propagación y enraizamiento. La causa se considera un síndrome más que una enfermedad, pues es producto de la interrelación de la fertilidad del suelo con sombra y drenaje según el mismo autor. Sin embargo, se establece que la asociación más fuerte es con una especie de mosquilla o chinche del cacao *Monalonium*, así como los hongos *C. gloeosporioides*, *L. theobromae* y *Fusarium* spp. (Enríquez 1985), que actúan como patógenos secundarios. Es de destacar que pueden encontrarse asociadas con la muerte regresiva hasta 80 especies de hongos (Purdy *et al.* 2017).

Curvatura de la raíz principal. Se manifiesta con deformaciones de las raíces pivotantes. A las plantas con esta característica las afecta principalmente la falta de agua, y generalmente se observan marchitas y mueren más rápidamente que las que tienen sus raíces bien desarrolladas o sin anomalías. Varias causas pueden converger en este tipo de síntoma. Por ejemplo, la incorrecta

colocación de la semilla en el sustrato de siembra provoca que la radícula se curve para enterrarse en el sustrato. También, las plantas que permanecen más de tres meses en bolsas para 2 kg, generalmente presentan deformaciones en sus raíces y se enrollan debido a la falta de espacio para su crecimiento en el sustrato.

MANEJO AGRONÓMICO Y FITOSANITARIO DE LOS VIVEROS

El manejo de los viveros ha sido descrito con gran detalle en otros documentos (Hardy 1961; Enríquez 1985; Cabeza *et al.* 2012; Agrocalidad 2011). En este acápite solamente se destacan dos aspectos agronómicos que conviene considerar por su influencia en el desarrollo de enfermedades, a saber:

Tratamiento del sustrato. El tratamiento con calor o productos químicos se ha sugerido conveniente para limitar la aparición de enfermedades causadas por microorganismos fitopatógenos y por insectos fitófagos que pudieran estar en el sustrato (Tab. 2). Sin embargo, no tratar el sustrato ha mostrado sus ventajas, ya que permite algunos tipos de interacciones microbianas que promueven el crecimiento de la plántula de cacao hasta nueve cm más y formar hasta cinco hojas más que las plántulas desinfectadas con bromuro de metilo (Aguirre-Medina *et al.* 2007). Es preciso destacar que los efectos positivos de los microorganismos en otras variables fisiológicas de las plántulas de cacao en el anterior trabajo se observaron mayormente a los 120-180 d, tras el óptimo de tiempo recomendado para el trasplante (cuatro meses).

Humedad y sombreado. El manejo de la humedad y la iluminación es fundamental en la etapa de vivero. La vulnerabilidad del cacao a fenómenos extremos de sequía se presenta fundamentalmente en las etapas iniciales de la planta, y en la planta adulta se observa como consecuencia debido a un menor crecimiento (García y Moreno 2016). En el mismo trabajo se reporta que tres genotipos injertados sobre el clon IMC-67, incluyendo el clon CCN-51, no mostraron diferencias significativas en algunas variables fisiológicas medidas en etapa de vivero. Adicionalmente al efecto positivo en el crecimiento y desarrollo de las plántulas, las

acciones para el control de humedad en los viveros permiten reducir las infecciones por fitopatógenos, especialmente mediante la elevación de las camas para impedir encharcamientos (evitando así por ejemplo a *Phytophthora* spp.), o utilizando alguna cobertura vegetal o arena para eludir las salpicaduras (evitando por ejemplo a *C. gloeosporioides* s.l.). Los viveros pueden tener una estructura semipermanente de madera, y techo de cobertura natural como hojas de coco, pero actualmente se prefiere usar plástico resistente a la radiación ultravioleta combinado con malla de sombra. De esta última manera se evita la condensación de humedad en el vivero, lo cual reduce la infección por *Ceratobasidium theobromae* y *P. palmivora* (McMahon y Purwantara 2016).

Manejo fitosanitario

Ante la aparición en el vivero de algún síntoma de daño, ya sean esporádico o en epifitias (e incluso si se desconoce su etiología), el impacto debe ser minimizado. El principio aplicable sería “prevenir antes que curar”. A continuación se tratan cuatro situaciones que se pueden presentar en los viveros en relación con los organismos-plaga.

Plántulas sanas. El uso de agentes de control biológico de plagas y de medio biológicos como enmiendas para mejorar la fertilidad del suelo han dado resultados promisorios en varios agroecosistemas. Sin embargo, mayormente han sido resultados de investigación o en plántulas; los resultados sobre cultivo a gran escala son contradictorios y requieren mayor investigación (Flood *et al.* 2016). Una táctica de manejo preventivas la constituye aplicar microorganismos para satisfacer requerimientos nutricionales, o propiamente como antifúngicos. Así, la incorporación al sustrato de *Trichoderma* spp., *Candida utilis*, *Pseudomonas putida* y rizobacterias asociadas al cultivo de cacao como fertilizante mostró efectos positivos en cuanto al desarrollo de la parte aérea, no siendo así para el desarrollo radical (Cortés-Patiño *et al.* 2015). De igual forma se recomiendan aplicaciones frecuentes de biofungicidas para evitar la aparición de hongos fitopatógenos en el sustrato y en la parte aérea, en particular asperjar biofungicida a base de *Trichoderma* spp. en el momento del llenado de

las bolsas (3,75 g L-1) (Parra y Camejo 2015). Las aplicaciones, según este reporte, se deben repetir mensualmente en forma de riego.

Plantas enfermas aisladas. Es necesario eliminar frecuentemente las plantas muertas, débiles, deformes, raquílicas o que presenten síntomas de escoba de bruja o agallas. Si son pocas, deben ser cuidadosamente quemadas o enterradas (Phillips-Mora y Cerda 2009). Si se estima que el daño no es peligroso, las plantas sintomáticas deben ser aisladas y tratadas adecuadamente (Enríquez 1985).

Epifitias. En caso de presentarse una enfermedad masiva en todo el vivero, es conveniente desechar todas las plantas y aplicar una capa delgada de cal agrícola o cenizas en el piso del mismo antes de volver a colocar un nuevo lote de pilones (Parra y Camejo 2015). En casos de epifitias, períodos húmedos o temperaturas favorables para los fitopatógenos, es conveniente realizar aspersiones semanales de un fungicida cuyo ingrediente activo sea oxiacloruro de cobre (3g L-1) (Parra y Camejo 2015; Phillips-Mora y Cerda 2009). Después de superada la emergencia, se pueden realizar aplicaciones de *Trichoderma harzianum* (3,75 g L-1 c/ 15d).

Infestación por insectos. En general, el combate contra los insectos destructivos debe ser intenso en el vivero, pues en ellos los insectos útiles tienen poca importancia en el control de los insectos-plaga, como el área de aplicación es restringida, no se afectan las zonas de producción. La principal razón de ello es que las plantas deben salir al campo lo más sanas y robustas posible. Se recomienda aplicar insecticidas y fungicidas cada dos semanas hasta que los síntomas de la enfermedad o los ataques hayan desaparecido (Enríquez 1987).

Existen principios generales para el manejo de enfermedades y/o patógenos no presentes en un país o región dentro de él. Uno de ellos es la exclusión de una enfermedad de zonas aún libres de ella, lo que se puede lograr a través de cuarentenas, inspecciones portuarias, prohibición del transporte de plantas o partes vegetales, certificación y otras medidas restrictivas (Anon 1985). Tienen especial importancia en estas exclusiones los hongos que se dispersan junto con semillas u otros propágulos. La erradicación de una enfermedad

tras su introducción y establecimiento en una zona puede requerir la destrucción de hospederos alternativos, o la eliminación de partes de la plantación o de órganos afectados. Para reducir o eliminar un patógeno de suelo, debe recurrirse a la rotación de cultivos, esterilización o desinfección, por ejemplo mediante aspersiones de fungicidas para tratar las plantas o sus partes infectadas.

En un intento por garantizar el movimiento seguro de germoplasma de cacao a nivel global, se han establecido protocolos que tienden a prevenir la entrada de nuevos patógenos en áreas productoras libres de los mismos (End *et al.* 2014). Deben colectarse ramas para injerto en áreas libres de patógenos y, si proviniesen de áreas infectadas, el material vegetal habría de ser llevado a estaciones de cuarentena para observación y análisis. Como los patógenos pueden permanecer en fase de latencia debe ser monitoreada su presencia mediante aislamientos en medios de cultivo específicos y métodos de detección molecular basados en ADN.

SECTOR CACAOTERO EN EL CANTÓN MILAGRO Y OTRAS ZONAS DE LA PROVINCIA GUAYAS

La descripción en esta sección se basa en literatura gris, como tesis de grado, informes técnicos poco divulgados e información suministrada por el MAGAP regional. Adicionalmente se brinda información o datos primarios generados mediante proyectos de investigación de los autores.

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR CACAOTERO DEL CANTÓN MILAGRO PLANTACIONES DE CACAO

A nivel cantonal y para los años 1999-2000, la superficie cultivada de cacao en Milagro era de 6.917 ha, constituyendo el segundo cultivo en cuanto a superficie cultivada, precedido por la caña de azúcar, con 11.978 ha (Resultados del Censo provincial del III Censo Nacional Agropecuario). Milagro tiene tres parroquias rurales principales (Roberto Astudillo, Mariscal Sucre y Chobo). Además, las parroquias urbanas Milagro y 5 de Junio poseen un área rural dedicada a cacao.

Según una encuesta aplicada en 251 unidades productoras de cacao (Sandoval 2013), la mayoría de las plantaciones (75%) son manejadas de modo artesanal, teniendo un promedio de superficie de

3 ha, y solamente cerca del 25% fue considerado dentro de los rangos de productores medianos y grandes, poseyendo un promedio de superficie cultivada de cacao de 15-50 ha. Dicho estudio incluyó fincas en varias parroquias 96 fincas en Milagro, 54 en Mariscal Sucre, 76 en Roberto Astudillo, 11 en el Chobo y seis en la parroquia 5 de Junio, y se llevó a cabo en 2012-2013. A falta de una información desagregada y accesible de instituciones competentes como los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) municipales, estos datos se complementan con otro estudio realizado con productores de Roberto Astudillo, en el que el 90% de 117 productores del Recinto Venecia de Chimbo reportaban tener <5 ha de cultivo, y un 7% indicaban entre 6-9 ha (Henández y Roman 2014).

Las condiciones climáticas prevalentes en Milagro se caracterizan por períodos de lluvia-sequía muy marcados. La estacionalidad de las lluvias se muestra en la Tabla 3, la cual indica que de enero a mayo de 2012 se reportaban en la estación meteorológica Ingenio Valdez de Milagro 116 días con precipitación, en el período seco (junio-diciembre) solo se registraron nueve días con lluvia (INAMHI 2015). Estas condiciones son propicias para el desarrollo de patógenos y la aparición de enfermedades en vivero y plantaciones, como han informado distintos estudios independientes citados en este ensayo.

Tabla 3. Características climatológicas de Milagro resumidas a partir de datos promedio de la estación meteorológica de Milagro (M0037INAMHI) para el año 2012.

Estación	Nº días totales con precipitación (mín.-máx.)	Humedad relativa (%) (mín.-máx.)	Temperatura (°C) (mín.-máx.)
Húmeda (enero-mayo)	116 (12-29)	81-85	25,3-27,0
Seca (junio-diciembre)	9 (0-4)	71-77	24,4-26,6
Valor Anual	125	□=78	□=25,8

Tabla 3. Características climatológicas de Milagro resumidas a partir de datos promedio de la estación meteorológica de Milagro (M0037INAMHI) para el año 2012.

En el cantón Milagro, la superficie cultivada de cacao lo es mayormente con el clon CCN-51 y, en menor medida, con clones de tipo Nacional, en proporción aproximada 3:1, según puede inferirse de encuestas realizadas (Henández y Roman 2014; Sandoval 2013). El clon JHV-10 posee un 5% de la superficie respecto a las muestra d productores analizada (Sandoval 2013), lo cual es indicativo de la poca preferencia por este clon por parte de los productores. Por otro lado, existen informaciones que pudieran considerarse atípicas, como la de que el cacao Nacional llega a ser el principal producto en el 66% de las fincas, según una encuesta a 383 productores del sector Km. 4 1/2, Vía Naranjito, hasta el lindero de la parroquia Roberto Astudillo (Moreno y Ríos 2012). En nuestro proyecto constatamos que se mantenía un vivero con clones nacionales finos de aroma (Fig. 10), pero la información brindada por los productores

confirma que esos clones son los menos sembrados y solicitados a los viveristas.



Figura 10. Vivero que oferta clones de cacao fino de aroma. Iniciativa auspiciada por una organización de productores. [Foto SPM].

Entrevista con el Sr. Patiño (30/09/2016). Este productor mantiene contrato con una empresa transnacional, lleva registros de contabilidad de la producción y está satisfecho con su negociación.
 Diario Expreso (13/10/2016). El modelo del cacao 'arriba' es La Victoria. Disponible en: <http://expreso.ec/economia/cacao-comercio-exportaciones-economia-EC765125>. Consultado el 25/08/2017.
 III Censo Nacional Agropecuario (2012). Resultados del censo provincial. Disponible en: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/index.php/resultados-censo-provincial>. Consultado el 25/08/2017

El grado de asistencia técnica, considerada como clave en la obtención de buenas producciones, es bajo en el cantón, y está relacionado con la superficie destinada al cultivo. El 70% de 251 productores tienen menos de 10ha, y no tienen personal con formación técnica formal que les asesore (Sandoval 2013). La misma fuente señala que a este tipo de asesoramiento acceden solamente los medianos y grandes, y reconocidos localmente como “empresarios” del sector. Uno de los productores visitados durante nuestro estudio asegura que tener buenos rendimientos requiere disciplina tecnológica y conocimientos técnicos, que son sustentados por asesoría externa. Vale destacar que este productor manifestó que el clon CCN-51 le ha dado un rendimiento de 44-60 qq ha-1. Sin embargo, otra fuente reporta que el cacao Nacional alcanzó sólo 15 qq ha-1 en esta zona en 2004 (Amores *et al.* 2004). Las dinámicas nacionales o regionales en la evolución de un cultivo pueden o no reflejar la dinámica de una localidad de la zona. Por citar un ejemplo, se reconoce que el clon CCN-51 permite mayores rendimientos en diferentes condiciones que los clones del tipo Nacional (1.300 kg ha-1 año-1) (Ramlachan *et al.* 2009); sin embargo, algunas fincas con cultivo extensivo de cacao tipo Nacional pudieran alcanzar cifras record en condiciones de producción, como 4.000 kg ha-1.

Se pudo constatar que algunas organizaciones productivas y los Gobiernos Autónomos Descentralizados de Milagro y Naranjito disponen de registros sistemáticos de producción, ni de daños por plagas de este cultivo. El III Censo Nacional Agropecuario realizado entre 1999 y 2001 registra pérdidas globales por enfermedades y plagas (sin discriminar por tipos) sólo a nivel provincial. Para Guayas, según la misma fuente, se perdieron en el periodo referido 475 y 448 ha por enfermedades y plagas del cacao (ya sea como monocultivo o asociado a otros cultivos, según metodología del censo), respectivamente.

Atendiendo a una reconstrucción de la información

recabada oralmente, en los años 80 se presentó una epifitía de moniliasis en Milagro y Bucay que obligó a los productores a sembrar café Robusta (*Coffeacanephora*). Cincuenta años atrás, según reconoce un productor, no se encontraba escoba ni moniliasis en la zona de Milagro. En términos generales, esta observación coincide con la de un especialista en cacao, que acotó esta ausencia a la zona del Guayas unos 30 años atrás (James Quiroz 2015, comunicación personal). El café perdió su importancia en la zona debido al insecto-plaga conocido como broca, el cual emergió, según el Sr. Guevara, como resultado del fenómeno “El Niño” (FEN) en los años 1997 y 1998. El FEN significó un punto de ruptura para el cultivo de cacao en la zona de Milagro-Naranjito-Bucay, según constatamos en las entrevistas de nuestro proyecto. Esta percepción coincide con otros reportes para la misma zona (Winkel 2013), así como para toda la agricultura de la Costa ecuatoriana (Corporación Andina de Fomento 1998). A partir de 1998, según nos relata el Sr. Guevara, los productores empiezan a sembrar CCN-51 en forma masiva. El éxito de este clon se debe no sólo a sus altos rendimientos, sino que fue el único que se recuperó rápidamente después de la afectación climática según destaca una investigación realizada en el Recinto Primavera, entre los cantones Naranjito y Bucay (Winkel 2013). En base a esta información, CCN-51 lleva casi 19 años predominando en la zona, a pesar de las severas afectaciones por la pudrición helada de los frutos. La Fig. 11 muestra una línea del tiempo en función de la información recabada de las entrevistas realizadas. Esta es una enfermedad estacional, y sus impactos en la producción local de cacao son históricamente función del clima. Los años 2012 y 2016 fueron referidos por los viveristas-productores entrevistados como “años malos”. El año 2012 en particular coincide, según referencia un estudio estadístico, con un pico estimado de pérdidas cercanas a 25.000 ha a nivel nacional, vale destacar que esto solo cuenta para el cacao en monocultivo (Montenegro 2016).



Entrevista con Sr. Guevara (30/09/16), productor de 30 ha y viverista, al que esta información le fue dada por su abuelo.

La especie Robusta es especialmente productiva en Guayas, más que en el resto del país. <http://elproductor.com/2017/01/30/rendimiento-de-cafe-en-el-ecuador>
Entrevista con Sr. Gordon (15/09/2015), viverista de Milagro ya retirado.

Diario EL COMERCIO (09/08/2009). El Niño azotó a Ecuador. Disponible en: <http://www.elcomercio.com/actualidad/nino-azoto-ecuador.html> Consultado el 25/08/2017

Figura 11. Línea de tiempo, entre los años 60 y la actualidad, que relaciona el cambio de la base genética del cacao con el uso de la tierra en el cantón Milagro. Encima de la línea de tiempo se ubican los hitos locales, y debajo los hitos nacionales. Los hitos se han representado en función de la información suministrada por dos productores de Milagro y un diario. Se tomó arbitrariamente como fecha de los hitos el 15 de cada mes.

La pudrición helada de los frutos o moniliasis ha sido reportada en Milagro en un 60% de las plantaciones según una encuesta de 2012, fundamentalmente en el clon CCN-51 en época de invierno, y la incidencia de escoba de bruja en el 40% de las fincas de los productores encuestados (Sandoval 2013). En cuanto a insectos-plaga que atacaron al cultivo, el mismo trabajo indica que sus índices de infestación fueron bajos y no representaron problemas en las plantaciones de cacao. Adicionalmente, dado el problema del control de las enfermedades en las plantaciones, los agricultores estarían dispuestos a cambiar al cultivo de banano. Amores *et al.* (2004) informan que las variedades de cacao preferidas en ese momento eran del tipo Nacional, y en menor medida el CCN-51, a juzgar por el número de lotes dedicados a estos clones (proporción 27:8). Adicionalmente, el número de años de las plantaciones de los tipos Nacionales era de 30,5 y de 4,5 en el clon CCN-51, respectivamente (Amores *et al.* 2004). Este registro corrobora la información suministrada por el Sr. Guevara, que después de 1998 expande el CCN-51 en la zona.

VIVEROS DE CACAO

Para describir el sector se ejecutó un proyecto por los autores de este trabajo que consistió en visitar ocho viveros permanentes cuya capacidad de producción fuese mayor a las 10.000 plantas al año. En cada uno se realizó una entrevista semiestructurada y en profundidad a cada dueño y/o responsable técnico-administrativo del vivero. La interacción con los productores permitió conocer sus experiencias en el sector viverista en particular, y cacaotero en general, así como detalles del sistema de gestión y manejos de sus viveros y fincas. En otra vertiente del estudio, de cada vivero se tomaron muestras de plántulas sintomáticas y asintomáticas para identificar los hongos presentes. Se realizó el aislamiento y purificación mediante técnicas micológicas clásicas (Anon 1985). Cada

aislado obtenido se identificó mediante secuenciación de la región ITS del ADNr (Sosa *et al.* 2016). Una vez identificadas las especies se determinó si existían reportes de asociación con el cacao, ya sea como patógenos, saprófitos o endófitos, para lo cual se revisaron bases de datos web disponibles: la Colección Nacional de Hongos de EEUU y el Compendio de especies invasivas del Reino Unido.

El sector viverista de Milagro, mayormente de plantas ornamentales, está distribuido en las zonas periféricas de la ciudad; en cambio, los viveros exclusivos de cacao se ubican en las zonas rurales. La práctica de hacer viveros para promover nuevas plantaciones no siempre fue común en Ecuador, según se infiere de un libro publicado a finales de los años 40 (Fowler y López R. 1949). En ese tiempo parecía común la siembra directa y los viveros se ubicaban debajo de las plantaciones. En Milagro se ha registrado hasta un 15% de pérdidas de plántulas de cacao en viveros debido a prácticas inadecuadas o exceso de humedad (Sandoval 2013). Esta actividad pareciera ser lucrativa en determinadas épocas. Uno de los productores manifestó que la venta de sus plántulas fue excelente entre 2005 y 2012, lo que le permitió llegar a comprar hasta 20 ha de tierra para dedicarlas al cultivo del cacao. La mayoría de los viveristas visitados durante el proyecto indicaron que eran productores de cacao (salvo dos cuya actividad fundamental era otra), y mantenían sus viveros cerca de las plantaciones como actividad para ingresos extra.

La siembra por semilla es la preferida para obtener patrones, mismos que son seleccionados por los viveristas. Para la copa del árbol el injerto es la técnica preferida, y es el cliente quien decide el clon a ser injertado. La práctica más común encontrada fue usar el Cacao Nacional como patrón e injertar CCN-51. El nivel de prendimiento del injerto se considera muy bueno si es >90%, y con un 50% “ya se está salvando la inversión”, al decir del Sr. Patiño. El método de ramilla, alternativo al injerto, es laborioso, sobre todo por el manejo del riego, aunque ha demostrado ser efectivo (Quiroz 2010). Este método no fue observado durante la ejecución del proyecto mencionado.

En los viveros funcionan dos sistemas de ventas, uno por encargo y otro en el cual el viverista siempre dispone de plántulas. En el primer caso se encontró que se ofertaba CCN-51, que fue el clon

más comercializado en los viveros visitados. Los clones Nacionaleso el JVH (clon brasileño muy susceptible a la humedad y a la monilia, según refieren los mismos productores) se obtenían por encargo. Los niveles de producción y de venta de plántulas varían. En nuestra investigación se observó una capacidad instalada, según la información de los propios viveristas visitados, de 10-15 mil plántulas, aunque las ventas del año 2015 no sobrepasaron las 8.000. Un reporte previo a esta investigación informó de un vivero tecnificado de Milagro (en la vía a Mariscal Sucre) se producen alrededor de 3.000 plántulas al año(Sandoval 2013).Sin embargo, un productor entrevistado reportó que incluso en años de baja producción como 2016 ya había vendido en noviembre un número de plántulasmuy por encima de esos valores, 40.000-60.000. Este productor llegó a comercializar en sus mejores años de ventas (2005-2012) 150.000 plántulas al año.

Para el mantenimiento de las plántulas por hasta año y mediolos viveristas acostumbran a utilizar fundas de polietileno para 1kg de sustrato. Esta práctica contraría lo recomendado experimentalmente(Gutiérrez *et al.* 2011). El sustrato que se utiliza se obtiene fuera de las fincas, sin las garantías sobre su calidad fitosanitaria o su composición nutricional. Si se mantienen las plántulas durante tanto tiempo en estas fundas, según los propios productores, se deben levantar periódicamente para evitar el enraizamiento permanente en el suelo debido a las perforaciones para el drenaje de las fundas. Se ha demostrado que en bolsas de ese volumen las plántulas no se estresan hasta los dos meses de edad, y en fundas para 5 kg llegan a alcanzar los 4 meses sin estresarse (Gutiérrez *et al.* 2011). Uno de los viveristas ofertaba plántulas para la venta en fundas de 2 y 5kg, las cuales eran recomendadas para replantar huecos en las plantaciones para lograr mayor desarrollo. El tiempo óptimo para el trasplante, según los viveristas, siempre fue de 6 meses.

Productos químicos empleados para el control de plagas (sensu latu)

Los viveros visitados presentaron pocas afecciones en el momento de la visita, así como en 2015, según nos fue informado por los viveristas,.Sólo en un vivero de los visitados se observaron plántulas con

necrosis del injerto (Fig. 12 derecha). A partir del patrón y del injerto se obtuvieron cuatro aislados de hongos que no fueron patogénicos al ser inoculados en plántulas sanas de cacao. En base a este resultado y a la literatura consultada concluimos que posiblemente esto se debió a la materia orgánica no descompuesta utilizada y al exceso de humedad en el sustrato del vivero.

Una vez sembradas las semillas para obtener el patrón, las fundas son tapadas con polietileno para proteger la plúmula de extremos de temperatura y de plagas; y, al momento de retirarla cobertura, se aplica un fungicida preventivo (Preventor 722 gL-1). Los productos fitosanitarios aplicados, las frecuencias y las dosis son variadas, dependiendo de las experiencias y conocimientos de los viveristas, de los asesores de las empresas de agroquímicos o técnicos. Las varetas que van a ser injertadas son tratadas preventivamente con metalaxil-M+mancozeb (Ridomil)para el control de Phytophthora . En el mantenimiento del vivero, los hongos causan los mayores síntomas (Fig. 1) tanto en época de mayor lluvia, como por mal manejo del riego (Fig. 12 izquierda). Uno de los factores que más contribuye a la incidencia de enfermedades es la inadecuada escogencia del terreno para la construcción del vivero, al estar éste en áreas de mal drenaje o cercano a plantaciones con alta incidencia de enfermedades.Se han reportado viveros con hasta un 15% de pérdidas por prácticas inadecuadas en el manejo de la humedad(Sandoval 2013). Algunos productores entrevistados aplican en periodos húmedos oxiclورو de cobre (Oxithane)cada 6 ó 15 d para mantener las plántulas libres de hongos.

El daño debido a insectos-plaga fue percibido como insignificante; sin embargo, fueron observados algunos especímenes cuyos nombres vulgares son: lorito (caballito o mosquita) verde y pulgón. Para evitarlos, según las experiencias recabadas en este estudio, se aplica clorpirifos(Lorsban, 75% PH) o malathion. Otros productores firmaban que el pulgón se va rápido, y no amerita aplicaciones. Para la mosca blanca se puede usar zeta-cipermetrina, que debe aplicarse una vez al mes, sin mezclas con otros productos fitosanitarios. Las chinches harinosas se controlan con cal y agua. Para evitar grillos y langostas se usa el diazinon (comercialmente Diazol).



Figura 12. Fundas ubicadas en zona de drenaje deficiente (izquierda) y plántulas mostrando necrosis en la zona del injerto (derecha). El exceso de humedad y la materia orgánica inmadura afectan a la sobrevivencia post-injerto de las plántulas. [Fotos DP/ CC/SPM].

III. CONCLUSIONES

Las afectaciones de los viveros por enfermedades ya sean éstas de origen biótico o no, obedecen principalmente a inadecuados manejos agronómicos de los viveros. El único vivero comercial donde la presencia de plántulas enfermas fue referida como “un problema” preocupante, fue donde la dirección tenía poca experiencia en el manejo del vivero. En los otros casos se presentaban plantas enfermas, pero no constituían causa de alarma para los viveristas. Los hongos aislados del vivero “con problemas” resultaron no ser patogénicos, y su entrada en las plántulas fue como oportunistas debido al inadecuado manejo del sustrato. Por su parte, según la percepción de los viveristas y la literatura consultada, el mantenimiento de las poblaciones de insectos-plaga por debajo de un umbral de daño resulta relativamente fácil con aplicaciones de insecticidas. Por otra parte, se considera que las enfermedades en los viveros necesitan mayor cuidado, posiblemente debido a que su control está asociado a prácticas, lo cual explicaría que sea más difícil su manejo, no tanto por la naturaleza del agente etiológico en sí, sino porque implica cambiar métodos agrícolas. Se ha llegado a puntualizar que el manejo de las enfermedades es el problema más complejo a enfrentar por los cultivadores de cacao en el Ecuador.

La línea del tiempo sugerida en este trabajo debe ser verificada en mayor detalle con otros actores;

https://www.ecuaquimica.com.ec/pdf_agricola/RIDOMILGOLD.pdf

sin embargo, parecenhitos que en los años 60 la moniliasis no era un problema, y que en 1998 el CCN-51 irrumpió en el panorama cacaotero de la Costa. Antes de 1998 se cultivaba el clon CCN-51 , pero fue el FEN el que lo hizo emerger como la única opción ante los productores, independientemente de su resistencia a las inundaciones y a la moniliasis (además de su elevada producción). Sin embargo, debe destacarse que su tolerancia a esta enfermedad parece más una percepción que una realidad, ya que se llega a perder hasta el 80% de los frutos.

Aprovechar fuentes de información diferentes en cuanto a su naturaleza calidad, debido a que no ha evaluada por pares, tiene riesgos que deben ser solventados con la meticulosidad al momento de extraer información. Para este artículo se utilizaron tesis de pregrado, que si bien pueden tener errores de interpretación o de conceptos, brindan datos de primera mano del cantón Milagro que puestos en el contexto adecuado aportan información a nivel local, que de otra manera no fuera posible conocer. Censos y estudios sistemáticos solo se ejecutan a nivel nacional, no a nivel local. La literatura gris generada por instituciones y universidades apalancan así la toma de decisiones a nivel local.

AGRADECIMIENTOS. Los autores agradecen a la UNEMI por el financiamiento del proyecto de investigación 2014-211 de la convocatoria 2014;

a MitchelQuinzo por el suministro de datos de la superficie destinada a cacao en el Guayas, a Miriam Villavicencio, Fernando Espinoza y Dixon Jiménez por su colaboración logística durante el proyecto. De igual forma los autores agradecen a los dos revisores por sus señalamientos.

IV. REFERENCIAS

Agrocalidad, (2011). Manual de procedimientos para el registro y certificación de viveros y productores de material vegetal de Cacao Nacional fino y de aroma sabor "Arriba" y otras variedades, Dirección de Sanidad Vegetal, Programa Específico de Cacao. AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO.

Aguirre-Medina, J.F. *et al.*, (2007). Efecto de la biofertilización en vivero del cacao (*Theobroma cacao* L) con *Azospirillumbrasilense*Tarrand, KriegeretDöbereineryGlomusintraradicesSchenk et Smith. *Interciencia*, 32(8), pp.541-546.

Amores, F. *et al.*, (2009). EET 544 y EET 558. Nuevos clones de cacao nacional para la producción bajo riego en la Península de Santa Elena. *Boletín Técnico Estación Experimental Tropical Pichilingue*, (134), p.47.

Anon, (1985). *Plant pathologist's pocketbook*, Kew, Surrey, England: Pacific Press SA, Lima Perú. FAO, 1895.

Banco Central del Ecuador, (2013). SECTOR AGROPECUARIO. ENCUESTAS DE COYUNTURA, II(86).

Cabeza, V., Alfonso, D. y Betancourt, R., (2012). *Guía De Buenas Prácticas Agrícolas Para Cacao*, Ecuador: Agrocalidad. MAGAP: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.

Carvajal, T. *et al.*, (2008). Propagación de plantas de cacao en viveros. *Boletín Divulgativo-Estación Experimental Portoviejo (Ecuador)*, 340.

Corporación Andina de Fomento, (1998). *El fenomeno el niño 1997 - 1998. Memorias, retos y soluciones*, Corporación Andina de Fomento (CAF).

Cortés-Patiño, S.L. *et al.*, (2015). Sustratos inoculados con microorganismos para el desarrollo de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en etapa de vivero. *Bioagro*, 27(3),

pp.150-158.

Cronshaw, D. y Evans, H.C., (1978). Witches broom disease of cocoa (*Crinipellisperniciosa*) in Ecuador .2. Methods of infection. *ANNALS OF APPLIED BIOLOGY*, 89(2), pp.193-200.

Editor, (2011). *La Literatura Gris. Formación Universitaria*, 14(6), p.1. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-5006\(2011\)000600001](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-5006(2011)000600001).

EMECHEBE, A.M., LEAKEY, C.L.A. y BANAGE, W.B., (1971). *Verticillium wilt of cacao in Uganda: symptoms and establishment of pathogenicity*. *Annals Of Applied Biology*, 69(3), pp.223-227.

End, M.J., Daymond, A.J. y Hadley, P. eds., (2014). *Technical Guidelines for the Safe Movement of Cacao Germplasm (Second Update, August (2014))*, Montpellier, France: CacaoNet, Bioversity International. Disponible en: http://www.bioversityinternational.org/uploads/tx_news/Technical_guidelines_for_the_safe_movement_of_cacao_germplasm._Revised_1807.pdf.

Enríquez, G.A., (1985). *Curso sobre el cultivo del cacao*, Turrialba (Costa Rica): Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Enríquez, G.A., (1987). *Manual de Cacao Para Agricultores EUNED-Editorial Universidad Estatal a Distancia*, ed., San José, Costa Rica. Disponible en:

Falconi, C.E., Mendizabal, Y. y Rocío, V. del, (2007). *Boletín Técnico: Validación de biopesticidas para el control de la moniliasis y manejo sustentable del cacao fino y de aroma en el Ecuador*, Sangolqui, Ecuador: ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO.

FAOSTAT, (2017). *Crop statistics*, Roma: FAO.

Flood, J. *et al.*, (2016). *Root-Infecting Fungi Attacking Theobroma cacao*. In *Cacao Diseases: A History of Old Enemies and New Encounters*. pp. 449-480.

Fowler, R.L. y López R., G.H., (1949). *The cacao industry of Ecuador*. *Foreign Agriculture Report*, 34, p.48. Disponible en: <https://ia700403.us.archive.org/29/items/cacaoindustryofef34fowl/cacaoindustryofef34fowl.pdf>.

- García-Cabrera, O. *et al.*, (2016). Ceratocystis Wilt Pathogens: History and Biology—Highlighting *C. cacaofunesta*, the causal agent of wilt diseases of cacao. In B. A. Bailey y L. W. Meinhardt, eds. *Cacao Diseases A History of Old Enemies and New Encounters*. pp. 383–428.
- García, J. y Moreno, L.P., (2016). Respuestas fisiológicas de *Theobroma cacao* L. en etapa de vivero a la disponibilidad de agua en el suelo. *Acta Agronómica*, 65(1), pp.44–50.
- Gutiérrez, M., Gómez, R. y Rodríguez, N.F., (2011). Comportamiento del crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12, pp.33–42.
- Hardy, F., (1961). *Manual de Cacao*, Turrialba, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A8425E/A8425E.PDF>.
- Henández, G. y Roman, J., (2014). Análisis del nivel de producción del cacao y su influencia en el estatus de vida de los pequeños productores del recinto Venecia de Chimbo de la parroquia Roberto Astudillo (Milagro). Ecuador: UNEMI.
- INAMHI, (2015). Anuario Meteorológico Nro 52- (2012), Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Disponible en: [http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am\(2012\).pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am(2012).pdf).
- Kellam, M.K. y Zentmyer, G..A., (1986). Morphological, Physiological, Ecological, and Pathological Comparisons of *Phytophthora* Species Isolated from *Theobroma cacao*. *Phytopathology*, 76(2), pp.159–164. Disponible en: https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1986Articles/Phyto76n02_159.PDF.
- Maddison, A.C. y Mogrovejo, E., (1985). Escoba de bruja en el establecimiento de cacao. *Boletín Técnico INIAP (Ecuador)*, (13), p.21.
- MAGAP, (2012). III Censo Nacional Agropecuario C. G. del S. de I. Nacional, ed., Quito, Ecuador: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). Disponible en: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/index.php/resultados-censo-provincial>.
- McMahon, P. y Purwantara, A., (2016). Vascular Streak Dieback (*Ceratobasidiumtheobromae*): History and Biology. In *Cacao Diseases: A History of Old Enemies and New Encounters*. pp. 307–355.
- Montenegro, F., (2016). Escenario de producción y comercialización del cacao en Ecuador. In A. Campaña, F. Hidalgo, y A. Sigcha, eds. *Cacao y campesinos: Experiencias de producción e investigación*. Quito, Ecuador: SIPAE-Sistema de Investigación sobre la Problemática Agraria en el Ecuador, pp. 61–69.
- Monteros- Guerrero, A. y Salvador-Sarauz, S., (2015). Panorama Agroeconómico Del Ecuador Una Visión Del (2015), Quito-Ecuador. Disponible en: [http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/panorama_agroeconomico_ecuador\(2015\).pdf](http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/panorama_agroeconomico_ecuador(2015).pdf).
- Moreno, J.S. y Ríos, J.G., (2012). Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de matas de cacao a través de nuevos métodos y técnicas que favorecerán al sector km 4 1/2 vía Naranjito hasta la Parroquia Roberto Astudillo. Ecuador: UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO UNIDAD (UNEMI).
- Páliz, V., Mendoza, J. y Cansing, V., 1982. Insectos asociados al cultivo del cacao en el Ecuador. *Comunicación Técnica - INIAP*, Ecuador, 3, p.26.
- Paredes, A., (1966). Annualreport 1965-1966. Inter American Cacao Center. *Cacao (Costa Rica)*, XI(3), pp.25–27.
- Parra, D. y Camejo, C., (2015). Reconocimiento de enfermedades de cacao en vivero y su manjo, Maracay, Venezuela: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
- Phillips-Mora, W. y Cerda, R., (2009). *Catalog Cacao Diseases in Central America*, Turrialba, Costa Rica: Technical series (CATIE). Disponible en: http://www.canacacao.org/uploads/smartsection/19_Diseases_of_Cacao.pdf.
- Pico, J., Mero, N. y Yáñez, E., (2011). Manejo integrado de los Principales Problemas Fitosanitarios del Cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona Centro Norte de la Amazonía Ecuatoriana.

- Ploetz, R.C., (2016). The Impact of Diseases on Cacao Production: A Global Overview. In *Cacao Diseases: A History of Old Enemies and New Encounters*. pp. 33–59.
- Purdy, L.H., Schmidt, R.A. y Gramacho, K.P., (2017). Diseases of Cacao (*Theobroma cacao* L.). APSnet Online. Disponible en: <http://www.apsnet.org/online/common/names/cacao.asp>.
- Quiroz, J., (2010). Multiplicación clonal de cacao por el método de enraizamiento (ramilla). *Boletín Técnico Estación Experimental Litoral Sur*, 149, p.12.
- Quiroz, J. y Mestanza, S., (2010). Injertación de cacao. *Boletín Técnico Estación Experimental Litoral Sur*, 148, p.7.
- Ramlachan, N. *et al.*, (2009). Regional Selection of Hybrid Nacional Cocoa Genotypes in Coastal Ecuador. *INGENIC Newsletter*, 12, pp.25–35. Disponible en: <http://ingenic.cas.psu.edu/documents/publications/News/Ramlachan12.pdf>.
- Resende, M.L. V, Flood, J. y Cooper, R., (1995). Effect of method of inoculation, inoculum density and seedling age at inoculation on the expression of resistance of cocoa (*Theobroma cacao* L.) to *Verticilliumdahliae*Kleb. *PlantPathology*, 44(2), pp.374–383.
- REYES, H. y Capriles, L., (2000). El Cacao en Venezuela. *Moderna Tecnología para su cultivo*, Caracas, Venezuela: Chocolates el Rey, C.A. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/23271157/Cacao-REYES>.
- Rojas, E.I. *et al.*, (2010). *Colletotrichumgloeosporioidess.l.* associated with *Theobroma cacao* and other plants in Panamá: multilocus phylogenies distinguish host-associated pathogens from asymptomatic endophytes. *Mycologia*, 102(6). Disponible en: <http://www.mycologia.org/content/102/6/1318.full.pdf+html>.
- Sabah Department of Agriculture, (1972). Annual Report of the Department of Agriculture, Sabah, for the year 1970., Kota Kinabalu, Sabah, Malasya. Disponible en: <http://www.cabi.org/isc/abstract/19731305481>.
- Sandoval, R., (2013). Calcular la lámina de riego en vivero y su pre factibilidad del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* l.) en la zona del Cantón Milagro de la provincia del Guayas. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD.
- Sosa, D. *et al.*, (2016). Co-occurrence of pathogenic and not pathogenic *Fusarium decemcellulare* and *Lasiodiplodiatheobromae* isolates within cushion galls disease of cacao (*Theobroma cacao* L.). *Journal of Plant Protection Research*, 56(2), pp.129–138. Disponible en: http://www.plantprotection.pl/index.php?option=com_content&task=view&id=757&Itemid=1.
- Suárez-Capello, C., (1991). Conozca el “mal de machete” y combátalos. *Boletín Divulgativo-Estación Experimental Pichilingue (Ecuador)*, (212), p.6.
- Suárez-Capello, C., (1983). Problemática del cultivo del cacao en el Ecuador. *Comunicación Técnica*, (1), p.10.
- Suárez, C., Moreina, M. y Vera, J., (1999). Manual del cultivo de cacao 2da (Manua., Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP (Ecuador).
- Surujdeo-Maharaj, S. *et al.*, (2016). Black Pod and Other Phytophthora Induced Diseases of Cacao: History, Biology, and Control. In *Cacao Diseases: A History of Old Enemies and New Encounters*. pp. 213–266.
- Urdaneta, L.M. y Delgado, a. E., (2007). Identificación de la microbiota del filoplano del cacao (*Theobroma cacao* L.), en el municipio Carraciolo Parra Olmedo, estado Mérida, Venezuela. *Revista Facultad Agronomía (LUZ)*, 24, pp.47–68.
- Valerazo, O., Cañarte, E. y Navarrete, B., (2013). Artrópodos presentes en el cultivo del cacao. *Guía para su identificación en el campo*,
- Winkel, T., (2013). Ecuador and Cacao: An Old Alliance. A Peace Corps Masters International Project. Colorado State University.
- Van Wyk, M. *et al.*, (2010). New *Ceratocystis* species infecting coffee, cacao, citrus and native trees in Colombia. *FungalDiversity*, 40, pp.103–117.

Estudio fitoquímico y biológico preliminar de la corteza (tallo) de *Vismia cayennensis* proveniente del estado Amazonas, Venezuela

Karina Marín^{1*}; Haydelba, D'Armas^{1,2}; María Mailló³; José Villamizar³; Mirian García⁴

Resumen

Se realizó un estudio químico y biológico preliminar de la especie *Vismia cayennensis*, colectada en el estado Amazonas, Venezuela. El ensayo antibacteriano (Bauer *et al.*, 1966) del extracto de la corteza de la planta reveló una inhibición significativa de los microorganismos *Escherichia coli*, *Shigella sp.* y *Staphylococcus aureus*. Además, tres de las cinco fracciones solubles en solventes de distintas polaridades, específicamente las de cloroformo, acetona y agua, mantuvieron de manera moderada, esta actividad frente a la cepa *Shigella sp.* El extracto hidroalcohólico de la planta y la fracción soluble en cloroformo, exhibieron un efecto antiinflamatorio apreciable (Choi *et al.*, 2004). Los ensayos de citotoxicidad realizados por los métodos de (3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-5-(3-carboximetoxifenil)-2-(4-sulfofenil)-2H-tetrazolio)/metosulfato de fenazina (MTS/PMS) y sulforodamina B (Houghton *et al.*, 2007; Promega Corporation, 2009), revelaron que sólo la fracción soluble en agua presenta efecto citotóxico. Adicionalmente, se realizó un estudio fitoquímico (Marcano *et al.*, 2002) obteniéndose información de la presencia de algunas familias de metabolitos secundarios, tales como flavonoides, saponinas, taninos, polifenoles, antraquinonas, triterpenos y esteroides. Se puede inferir que la corteza del tallo de la planta *V. cayennensis*, es una fuente promisoriosa de metabolitos secundarios bioactivos.

Palabras Clave: Actividad anti-inflamatoria; citotoxicidad; *Escherichia coli*; metabolitos secundarios; *Shigella sp*; *Vismia cayennensis*.

Phytochemical and biological preliminary study of *Vismia cayennensis* bark (stem) from Amazonas state, Venezuela

Abstract

A chemical and biological preliminary study of the species *Vismia cayennensis*, collected in the Amazonas state, Venezuela. The antibacterial test (Bauer *et al.*, 1966) of plant bark extract showed significant inhibition in *Escherichia coli*, *Shigella sp* and *Staphylococcus aureus*. In addition, three of the five soluble fractions of different polarity solvents, specifically those of chloroform, acetone and water, maintained moderately active against *Shigella sp* strain. The hydroalcoholic extract of the plant and the fraction soluble in chloroform, exhibited a significant antiinflammatory effect (Choi *et al.*, 2004). Cytotoxicity tests performed by the methods of (3-(4,5-dimetiltiazol-2-yl)-5-(3-carboximetoxifenil)-2-(4-sulfofenil)-2H-tetrazolium)/phenazine methosulfate of (MTS/PMS) and sulforhodamine B (Houghton *et al.*, 2007, Promega Corporation), revealed that only has water soluble cytotoxic effect. Additionally, a study phytochemical (Marcano *et al.*, 2002) obtained information on the presence of some families of secondary metabolites such as flavonoids, saponins, tannins, polyphenols, anthraquinones, triterpenes and sterols. It can be inferred that the stem bark of the plant *V. cayennensis*, is a promising source of bioactive secondary metabolites.

Keywords: Anti-inflammatory activity; cytotoxicity; secondary metabolites; *Vismia cayennensis*.

Recibido: 25 de agosto de 2016

Aceptado: 16 de junio de 2017

¹ Laboratorio de Productos Naturales y Lípidos, Departamento de Química, Universidad de Oriente, estado Sucre, Venezuela. kmj1985@yahoo.es. orcid.org/0000-0002-3959-1659

² Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Estatal de Milagro, Provincia de Guayas, Ecuador. htrinidad86@hotmail.com.

³ Laboratorio de Síntesis Orgánica y Productos Naturales, Centro de Química, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Venezuela. jvillami@ivic.ve.

⁴ Laboratorio de Patología Celular y Molecular, Centro de Medicina Experimental, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Venezuela. miriam_tel1@yahoo.es

*Autor para la correspondencia: kmj1985@yahoo.es

I. INTRODUCCIÓN

Las plantas han sido y serán de gran importancia para la humanidad debido a sus aplicabilidades. En las últimas décadas, se ha intensificado la investigación científica para tratar de obtener información acerca del uso y de los constituyentes biológicamente activos de las plantas. Se ha reportado que los extractos de muchas plantas pertenecientes a la familia Clusiacea (Guttifera), son usados en la medicina tradicional (Viscaya *et al.*, 2012). La planta *Vismia cayennensis* perteneciente a dicha familia, ha sido utilizada en la medicina tradicional para el tratamiento de algunas enfermedades.

Estudios previos realizados sobre el extracto de la especie *Vismia* colectada en el estado Amazonas y los Andes venezolanos, permitieron aislar de su corteza el physcion, β -amyrin y sitosterol, y estimar la actividad antioxidante de este vegetal (Buitrago *et al.*, 2016). Además, de los frutos de esta especie, se ha aislado el ácido crisofánico, physcion, isocariofileno, β -selineno y trans- α -farneseno (Hussain *et al.*, 2012; Kumar *et al.*, 2013) y de sus hojas se obtuvieron cuatro nuevas *Vismia*fenonas D, E, F y G. Reportándose que la *Vismia*fenona D exhibió actividad inhibitoria HIV (Singh *et al.*, 2005). Esta planta representa un buena fuente de sustancias bioactivas; sin embargo, la biosíntesis de estos metabolitos se ve drásticamente influenciada por el hábitat al cual está sometida una especie para su crecimiento, desarrollo y supervivencia.

En tal sentido, se realizó un estudio fitoquímico de la corteza (tallo) de *Vismia cayennensis* proveniente del estado Amazonas, con el fin de obtener información acerca de los constituyentes químicos presentes en esta especie que habita en suelo venezolano, así mismo se ensayó su efecto citotóxico (utilizando los métodos de Sulforodamina B y MTS/PMS), su posible actividad anti-inflamatoria en un screening inicial (utilizando como mediador el óxido nítrico) y antibacteriana contra las cepas de *Escherichia coli* y *Shigella sp.* (Asociadas con alteraciones gastrointestinales) y de ser probada alguna de estas actividades, su explotación representaría el punto de partida para la producción de futuros fármacos, en este campo biomédico.

II. DESARROLLO

2. Metodología

PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Recolección del material vegetal

Las muestras de la corteza (tallo) de la planta *Vismia cayennensis* fueron recolectadas en la localidad de Yutajé, municipio Manapiare, estado Amazonas, Venezuela (Coordenadas: 05°36'51"N, 66°06'85"W/ Altitud m SNM: 110), e identificadas en la sección botánica del laboratorio de Fisiología Gastrointestinal del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC).

2.2 Obtención del extracto y fracciones solubles

La maceración del ejemplar se realizó en campo y consistió en la colecta discriminada del mismo y la separación de sus partes: la hoja, el tallo, la raíz, la flor, el fruto, la corteza; cada uno de éstos cuando fuese conveniente. Se trasladaron las muestras al Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas para ser sometidas a extracción y bioensayos posteriores. Seguidamente, se tomó una cantidad del material vegetal fresco y se homogeneizó con etanol, en proporciones de 1 kg de material vegetal fresco por 3 litros de etanol. Este material se dejó macerar durante 72 horas y culminado este periodo, se procedió a realizar el filtrado con ayuda de una bomba de vacío.

Posteriormente, se retomó en etanol el material vegetal del filtrado, este procedimiento se repitió varias veces. Seguidamente, se evaporó el solvente, bajo presión reducida (aprox. 11mbar) en un rotavaporador Büchi R-3000 y luego se liofilizó en un LABCONCO freezone 4.5, para dar lugar al extracto hidroalcohólico de la planta. El extracto, se sometió a una extracción sólido-líquido utilizando cinco solventes de polaridad ascendente (hexano<cloroformo<acetona<metanol<agua). Este procedimiento se basó, en una extracción sucesiva con el solvente correspondiente a una temperatura no mayor a los 40°C, para obtener las fracciones solubles.

2.3 Pruebas fitoquímicas

Al extracto y a las fracciones solubles obtenidas se les practicaron algunas pruebas químicas preliminares para detectar la presencia de

familia de metabolitos secundarios, mediante la metodología descrita por Marcano *et al.* (2002).

2.4 Bioensayos

2.4.1 Actividad antibacteriana del extracto y fracciones solubles

El ensayo de actividad antibacteriana se realizó mediante el método del Antibiograma descrito por (Bauer *et al.*, 1966), empleando discos de filtro Whatman N° 3, de 7 mm de diámetro con 25 µl de una solución preparada con el extracto y con 10 µl para las fracciones y sub-fracciones a analizar, de una concentración de 40 mg/ml. Se utilizaron como microorganismos las cepas Gram negativas: *Escherichia coli* [IBE (DOC-9)], *Staphylococcus aureus* [IBE (DOC-9)], *Shigella sp.* [ATCC 11126], *Pseudomona aeruginosa* (Bioanálisis B), *Salmonella sp* [IBE (DOC-6)] y *Serratia marcescens* [IBE (DOC-4)].

Los antibiogramas se realizaron por triplicados, con sus respectivos controles, con un período de incubación 24 horas a 37°C en una estufa, para permitir el crecimiento bacteriano y la actividad se determinó mediante la medida directa de los halos de inhibición del crecimiento bacteriano alrededor del disco.

2.4.2 Ensayo de citotoxicidad

Línea celular: para los ensayos de citotoxicidad y determinación de óxido nítrico se emplearon macrófagos murinos Raw 264,7.

La citotoxicidad se evaluó mediante la técnica de MTS/PMS (3-(4,5-dimetiltiazol-2-il)-5-(3-carboximetoxifenil)-2-(4-sulfofenil)-2H-tetrazolio)/metosulfato de fenazina siguiendo la metodología de Promega Corporation (2009) y por el método de Sulforodamina B descrito por Houghton *et al.* (2007).

2.4.3 Actividad anti-inflamatoria

La actividad anti-inflamatoria fue evaluada a través de la determinación de nitritos, como mediador estable de la síntesis del óxido nítrico, a través de la reacción de Griess. Los ensayos se realizaron por triplicado usando como control aminoguanidina y una curva estándar de nitritos.

3. Resultados y discusión

3.1 Análisis fitoquímico

El estudio fitoquímico realizado al extracto hidroalcohólico de la planta (EHP) mostró presencia de flavonoides, taninos, polifenoles, triterpenos pentacíclicos y esteroides insaturados; los últimos se detectaron también en las fracciones de hexano y cloroformo. Por su parte, las fracciones solubles en hexano, cloroformo y metanol, mostraron presencia de flavonoides. Se determinaron saponinas, polifenoles y triterpenos pentacíclicos en las fracciones de acetona y metanol. Así mismo, los taninos se detectaron en la fracción de metanol y la fracción soluble en acetona dio positivo el ensayo para antraquinonas (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de las pruebas químicas, realizadas al extracto hidroalcohólico de la planta (EHP) y fracciones de *Vismia cayennensis* en solventes de distintas polaridades.

Familia de metabolitos secundarios	Fracciones solubles					
	EHP	FSH	FSC	FSA	FSM	FSAG
Alcaloides	-	-	-	-	-	-
Flavonoides	+	+	+	-	+	-
Saponinas	-	-	-	+	+	-
Taninos	+	-	-	-	+	-
Polifenoles	+	-	-	+	+	-
Antraquinonas	-	-	-	+	-	-
Triterpenos	+	-	-	+	+	-
Esteroides	+	+	+	-	-	-

EHP: extracto hidroalcohólico de la planta; FSH: Fracción soluble en hexano; FSC: Fracción soluble en cloroformo; FSA: Fracción soluble en acetona; FSM: Fracción soluble en metanol; FSAG: Fracción soluble en agua; (+): Presencia; (-): No detectado.

Estudios fitoquímicos realizados sobre especies del género *Vismia*, revelan que este género es una buena fuente de xantonas, antraquinonas, terpenos, esteroides, polifenoles y flavonoides; este hecho es relevante, debido a que este estudio reveló que el extracto de la especie *Vismia cayennensis*, colectada en latitudes venezolanas, posee en su composición química, muchas de estas familias de metabolitos secundarios con actividades biológicas (Singh *et al.*, 2005; Kuete *et al.*, 2006; Nguemaving *et al.*, 2006; Epifano *et al.*, 2007; Nougoué *et al.*, 2007; Yadav *et al.*, 2016; Buitrago *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2017).

3.2 Pruebas biológicas

3.2.1 Actividad antibacteriana

Los resultados obtenidos en esta ensayo, revelaron que el extracto hidroalcohólico de la planta (EHP) exhibió una actividad inhibitoria significativa frente a las bacterias Gram negativas *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Shigella sp.* y *Pseudomonas aeruginosa*, causantes de enfermedades gastrointestinales. La actividad antibacteriana del extracto se ve reflejada en los halos bactericidas observados, 15,50 mm; 10,88 mm; 16,63 mm y 7,75 mm contra las cepas *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Shigella sp.* y *Pseudomonas aeruginosa* respectivamente (Tabla 2).

El extracto presentó el mayor espectro de acción inhibiendo el 66,67% de las bacterias ensayadas (Tabla 3). Sin embargo, las fracciones

solubles no mostraron una actividad antibacteriana relevante, sólo las fracciones solubles en acetona, metanol y agua exhibieron una moderada actividad antibacteriana frente a la bacteria *Shigella sp.*, con halos de inhibición de 9,00 mm; 8,25 mm y 11,00 mm respectivamente (Tabla 2). Estas tres fracciones mostraron un espectro de acción inhibiendo el 16,67% de las bacterias ensayadas (Tabla 3). El hecho de que el extracto crudo inhibiera la acción de las bacterias ensayadas de manera significativa en comparación con las fracciones solubles, puede deberse a la sinergia química entre los distintos metabolitos secundarios.

Es importante destacar que además de los halos bactericidas, se observó que el extracto y algunas fracciones presentaron una fuerte actividad bacteriostática frente a la cepa *Shigella sp.*, este hecho puede ser atribuido a la presencia de más de un componente bioactivo y al tipo de microorganismo sobre el cual esté actuando la sustancia. Este estudio realizado a la especie de *Vismia cayennensis*, es de suma importancia ya que aporta una valiosa información al campo de la química orgánica y productos naturales presentes en plantas tropicales. Se han reportado numerosos estudios con extractos de plantas de la familia Clusiaceae, los cuales presentan potente actividad antibacteriana, alguna de estas especies son la *Garcinia mangostana*, *Mesua ferrea*, *Ochrocarpos siamensis*, *Vismia laurentii* de Wild, *Garcinia atroviridis*, *Hypericum* entities, entre otras (Mahady, 2005).

Tabla 2. Actividad antibacteriana del extracto hidroalcohólico (EHP) y fracciones solubles en solventes de distintas polaridades, de la corteza (tallo) de *V. cayennensis*.

Cepas bacterianas	Origen	EHP	Fracciones solubles		
			FSA	FSM	FSAG
<i>Escherichia coli</i>	[IBE (DOC-9)]	15,50	-	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	[IBE (DOC-9)]	10,88	-	-	-
<i>Shigella sp.</i>	[ATCC 11126]	16,63 (15,60*)	9,00 (11,42*)	8,25 (11,58*)	11,00 (10,88*)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	(Bioanálisis B)	7,75	-	-	-
<i>Salmonella sp.</i>	[IBE (DOC-6)]	-	-	-	-
<i>Serratia marcescens</i>	[IBE (DOC-4)]	-	-	-	-

El diámetro del papel de filtro utilizado fue de 7mm; (-): No inhibió; (*) Halo bacteriostático. EHP: extracto hidroalcohólico de la planta; FSH: Fracción soluble en hexano; FSC: Fracción soluble en cloroformo; FSA: Fracción soluble en acetona; FSM: Fracción soluble en metanol; FSAG: Fracción soluble en agua.

Tabla 3. Porcentajes de fracciones que inhiben a la bacteria (% F) y de bacterias inhibidas por las fracciones (% B).

Cepas	EHP	FSH	FSC	FSA	FSM	FSAG	% F
<i>E. coli</i>	+++	-	-	-	-	-	16,67
<i>S. aureus</i>	++	-	-	-	-	-	16,67
<i>Shigella sp.</i>	++	-	-	-	-	-	66,67
<i>P. aeruginosa</i>	+	-	-	++	++	++	16,67
<i>Salmonella</i>		-	-	-	-	-	0,00
<i>S. marceres</i>		-	-	-	-	-	0,00
% B	66,67	0,00	0,00	16,67	16,67	16,67	

+ = 6,00-9,00 mm, ++ = 10,00-13,50 mm, +++ = 14,00-24,11 mm.

3.2.2 Ensayo anti-inflamatorio y citotóxico

Los resultados en el ensayo anti-inflamatorio utilizando óxido nítrico como mediador, revelan un efecto inhibitorio dosis dependiente para el extracto hidroalcohólico de la planta y la fracción soluble en cloroformo, los cuales fueron estadísticamente significativos ($p < 0,05$) para todas las concentraciones probadas al comparar con el control lipopolisacárido (LPS). En la Figura

1, se observa la actividad inhibitoria del extracto hidroalcohólico correspondiente al 32%, a una concentración de 3 $\mu\text{g/ml}$, alcanzando 54% a la concentración de 100 $\mu\text{g/ml}$. Este efecto se asume como relevante debido a que el extracto mostró una inhibición del 50% de las células (IC₅₀) a concentraciones cercanas a los 67 $\mu\text{g/ml}$, mediante el método de sulforodamina B (Ver Tabla 4).

Tabla 4. Resultados del ensayo citotóxico del extracto hidroalcohólico (EHP) y fracciones solubles de *V. cayennensis*, mediante el método de sulforodamina B.

Fracciones	IC ₅₀ ($\mu\text{g/ml}$)	ITC ($\mu\text{g/ml}$)	CL ₅₀ ($\mu\text{g/ml}$)
EHP	67	-	-
FSH	34	43	98
FSC	67	-	-
FSA	8	-	-
FSM	71	-	-
FSAG	-	-	-

IC₅₀: Inhibición del 50% del crecimiento de la célula; ITC ($\mu\text{g/ml}$): inhibición total del crecimiento; CL₅₀: Efecto citotóxico del 50% de las células; (-): No inhibió; EHP: extracto hidroalcohólico de la planta; FSH: Fracción soluble en hexano; FSC: Fracción soluble en cloroformo; FSA: Fracción soluble en acetona; FSM: Fracción soluble en metanol; FSA: Fracción soluble en agua.

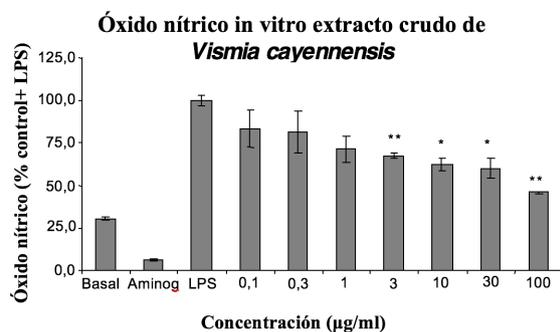


Figura 1. Determinación de óxido nítrico del extracto hidroalcohólico de *V. cayennensis*, (amino/: aminoguanidina 50 $\mu\text{g/ml}$, LPS: lipopolisacárido 2 $\mu\text{g/ml}$, valores expresados como la media \pm DS n=3).

Por otra parte, en la Figura 2 se visualiza la acción de la fracción soluble en cloroformo, la cual presentó una inhibición del 57% a una concentración de 30 $\mu\text{g/ml}$. El resultado observado para esta fracción se considera significativo, debido a que ésta no exhibió citotoxicidad relevante a concentraciones menores o iguales a 30 $\mu\text{g/ml}$, según los resultados reflejados por el ensayo citotóxico mediante el método de (MTS/PMS) (Figura 3).

Los resultados anteriores son relevantes, debido a que reflejan que el extracto crudo y la fracción de cloroformo inhiben aproximadamente el 50% de la producción de óxido nítrico con respecto al control

LPS. Datos no mostrados revelaron que las demás fracciones solubles no inhibieron de manera apreciable la producción de óxido nítrico, sólo se observó que la fracción soluble en hexano exhibió una actividad citotóxica a concentraciones mayores o iguales a 30 µg/ml, este valor lo reflejan los resultados del método MTS/PMS y de sulforodamina B, en el que se observó un IC₅₀ de 34 µg/ml, la inhibición total del crecimiento (ITC) a 43 µg/ml y el efecto citotóxico del 50% de las células (CL₅₀) a 98 µg/ml (Tabla 4). El resto de estas fracciones mantuvieron valores relativamente bajos de citotoxicidad.

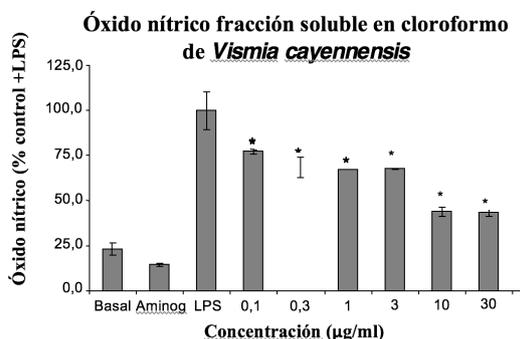


Figura 2. Determinación de óxido nítrico para la fracción soluble en cloroformo de *V. cayennensis* (amino/aminoguanidina 50 µg/ml, LPS: lipopolisacárido 2 µg/ml, valores expresados como la media ± DS n=3).

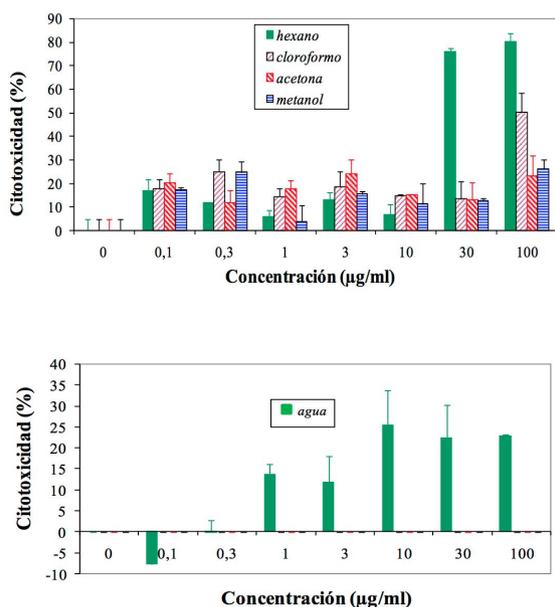


Figura 3. Citotoxicidad (MTS/PMS) en macrófagos Raw 264,7 de las fracciones de *V. cayennensis*, solubles en solventes de distintas polaridades.

Este análisis realizado a la especie *Vismia cayennensis*, representa el punto de partida para próximas investigaciones en el campo de los productos naturales y la medicina. Se han reportado resultados de compuestos con actividad anti-inflamatoria significativa aislados de extractos de plantas de la familia Clusiaceae, tal es el caso de la hipericina e hiperforina, aislados de las especies *Hypericum entibies* y *Hypericum empetrifolium*. El efecto citotóxico de ciertas plantas pertenecientes al género *Vismia* sobre algunas líneas celulares humanas de cáncer ha sido ampliamente estudiado (Hussein *et al.*, 2003).

Estudios del efecto antiproliferativo del extracto metanólico de *Vismia baccifera*, reveló actividad citotóxica sobre líneas celulares de cáncer de mama, pulmón y sistema nervioso central; así como también las especies *V. jefensis* y *V. microphylla*. El extracto de raíces de *V. guianensis* ha mostrado citotoxicidad en células de carcinoma oral y adenocarcinoma de colon. De las especies *V. japurensis*, *V. reichardtiana* y *V. decipiens* se han aislado otros antranoides prenilados conocidos como vismionas A, B, H, D y F; los cuales poseen actividad citotóxica contra diferentes células tumorales (Hussein *et al.*, 2003).

III. CONCLUSIONES

Se evidenció la presencia de flavonoides en EHP y en las fracciones de hexano, cloroformo y metanol; saponinas en las fracciones de acetona y metanol; triterpenos y/o esteroides en las fracciones de acetona y cloroformo; y antraquinonas tan solo en la fracción acetónica, mediante pruebas fitoquímicas.

El extracto hidroalcohólico de la corteza (tallo) de la planta *V. cayennensis* exhibió una actividad antibacteriana sobre las cepas de *Escherichia coli* y *Shigella sp.*, y las fracciones de acetona, metanol y agua revelaron una inhibición moderada del microorganismo *Shigella sp.*

Los ensayos de citotoxicidad, revelaron que las fracciones solubles poseen una baja citotoxicidad (25%) hasta concentraciones menores o iguales a 10 µg/ml, la fracción de cloroformo presentó 50% de citotoxicidad a concentraciones iguales o mayores a 100 µg/ml, y la de hexano exhibió una actividad citotóxica de aproximadamente 80%, a concentraciones iguales o mayores a 30 µg/ml.

Los ensayos antiinflamatorios realizados a las fracciones solubles, revelaron que la fracción de

cloroformo exhibió una inhibición moderada de la producción de óxido nítrico en comparación con el control.

Se puede inferir que la corteza del tallo de la planta *V. cayennensis*, es una fuente promisoría de metabolitos secundarios bioactivos.

IV. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al FONACIT por el financiamiento parcial de esta investigación, otorgada a través del proyecto Misión Ciencias (N° 2007000960). A los laboratorios de Síntesis Orgánica y Productos Naturales del Centro de Química, Fisiología Gastrointestinal del Centro de Biofísica y Bioquímica y al laboratorio de Patología Molecular y Celular del Centro de Medicina Experimental del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas.

V. REFERENCIAS

- Bauer, A., Kirby, A., Sherris, J., y Turk, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45 (4): 493-496.
- Buitrago, A., Rojas, J., y Peñalosa, Y. (2016). In vitro antioxidante activity and qualitative phytochemical analysis of two *Vismia* (Hypericaceae) species collected in Los Andes, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 64(4), 1431-1439.
- CellTiter 96TM Non-Radioactive Cell Proliferation Assay. (2009). Technical Bulletin, # TB112, Promega Corporation.
- Choi, E., y Hwang, J. (2004). Screening of Indonesian medicinal plants for inhibitor activity on nitric oxide production of Raw 264.7 cells and antioxidant activity. *Fitoterapia*, 76, 194-203.
- Epifano, F., Genovese, S., Menghini, L., y Curini, M. (2007). Chemistry and pharmacology of oxyprenylated secondary plant metabolites. *Phytochemistry* 68, 939-953.
- Houghton, P., Fang, R., Techatanawa, I., Steventon, G., Hylands, P., y Lee, C. (2007). The Sulphorhodamine (SRB) assay and other approaches to testing plant extracts and derived compounds for activities related to reputed anticancer activity. *Methods*, 42, 377-387.
- Hussain, H., Hussain, J., Al-Harrasi, A., Saleem, M., Green, I., Van Ree, T., y Ghulam, A. (2012). Chemistry and biology of genus *Vismia*. *Pharmaceutical Biology*, 50 (11), 1448-1462.
- Hussein, A., Bozzi, B., Correa, M., Capson, T., Kursar, T., Coley, P., Solis, P., y Gupta, M. (2003). Bioactive Constituents from Three *Vismia* species. *J. Nat. Prod.* 66 (6), 858-860.
- Kuete, V., Nguemeving, J., Beng, V., Azebaze, A., Etoa, F., Meyer, M., Bodo, B., y Nkengfack, E. (2006). Antimicrobial activity of the methanolic extracts and compounds from *Vismia Laurentii* De Wild (*Guttiferae*). *Journal of Ethno-Pharmacology*, 109, 372-379.
- Kumar, S., Sharma, S., y Chaattopadhyay, S. (2013). The potential health benefit of polyisoprenylated benzophenones from *Garcinia* and related genera: Ethnobotanical and therapeutic importance. *Fitoterapia*, 89, 86-125.
- Mahady, G. (2005). Medicinal Plants for the Prevention and Treatment of Bacterial Infections. *Current Pharmaceutical Design*, 11, 2405-2427.
- Marcano, D., y Hasegawa, M. 2002. Fitoquímica orgánica. Segunda edición. Litopar. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- Nguemeving, J., Azebaze, A., Kuete, V., Carly, N., Beng, V., Meyer, M., Blond, A., Bodo, B., y Nkengfack, A. (2006). Laurentixanthonones A and B, antimicrobial xanthonones from *Vismia laurentii*. *Phytochemistry*, 67, 1341-1346.
- Noungove, D., Antheaume, C., Chaabi, M., Ndjaka, B., Ngouela, S., Lobstein, A., y Tsamo, E. (2008). Antraquinones from the fruits of *Vismia laurentii*. *Phytochemistry* 69, 1024-1028.
- Oliveira, A., Oliveira, G., Carnevale, F. Portuondo, D., Batista, A., y Carlos, I. (2017). Anti-inflammatory activity of *Vismia guianensis* (Aubl.) Pers. extracts and antifungal activity against *Sporothrix schenckii*. *Journal of Ethnopharmacology*, 195, 266-274.
- Singh, I., Bharate, S., y Bhutani, K. (2005). Anti-HIV natural products. *Current Science*, 89, 269-290.
- Viscaya, M., Morales, A., Rojas, J., y Nuñez, R. (2012). Revisión bibliográfica sobre la composición química y actividades farmacológicas del género *Vismia* (*Guttiferae*). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 11(1), 12-34.
- Yadav, M., Sehrawat, A., Kumar, D., y Bhidhasra, A. (2016). Therapeutic Plants and Phytoconstituents as Natural Anti-HIV Agents: A Review. *Inventi Rapid: Planta Activa*, 2017(1), 1-5.

Evaluación de la capacidad antimicrobiana de las hojas de *Laurusnobilis* y *Thymusvulgaris*

Sonia, Rodas-Espinoza^{1*}; Paúl, Ricaurte-Ortiz¹; Ana Hortencia, Mejía-López¹

Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto antimicrobiano de las hojas deshidratadas de *Laurusnobilis*(laurel) y *Thymusvulgaris*(tomillo), como conservantes naturales, para ser implementado en la reducción de la carga microbiana de alimentos de alto consumo, como los quesos frescos artesanales, entre otros alimentos. Las hojas frescas de laurel y tomillo fueron recolectadas al azar, debidamente procesadas, desinfectadas, secadas por arrastre de vapor a 45°C por 14 horas y fraccionadas en un mortero para la obtención de un extracto crudo en polvo. La determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI) se llevó a cabo a partir de la preparación de varias concentraciones del extracto crudo, en polvo, de las plantas en estudio, a través de la técnica de difusión en agar. Éstas se probaron frente a la cepa *Staphylococcus aureus* mediante la colocación de discos de papel filtro impregnado de las soluciones antimicrobianas en una caja petri con agar y con inóculo bacteriano estriado en la superficie. Se pudo concluir que a concentraciones 175 y 200 mg/ml de laurel y 125, 175 y 200 mg/ml de tomillo, había presencia de un halo inhibitorio, lo cual constituye una fuente prometedora de extractos antimicrobianos, para el control de *Staphylococcus aureus*, contaminante frecuente de los alimentos.

Palabras Clave: actividad antibacteriana; conservación de alimento; *Staphylococcus aureus*.

Evaluation of the antimicrobial capacity of the leaves of *Laurus nobilis* and *Thymus vulgaris*

Abstract

The objective of this research was to evaluate the antimicrobial effect of dehydrated leaves of *Laurus nobilis* (laurel) and *Thymus vulgaris* (thyme), as natural preservatives, to be implemented in reducing the microbial load of high consumption foods, such as the case of artisanal fresh cheese, among other foods. The fresh leaves of laurel and thyme were collected at random, duly processed, disinfected, steam-dried at 45 ° C for 14 hours and crushed in a mortar to obtain a crude powder extract. The determination of the minimum inhibitory concentration (MIC) was carried out from the preparation of several concentrations of the crude powder extract, through the diffusion technique in agar. These were tested against *Staphylococcus aureus* strain by the placement of filter paper disks impregnated with the antimicrobial solutions in a Petri dish with agar and bacterial inoculum on the surface. It was concluded that at concentrations of 175 and 200 mg /ml of laurel and 125, 175 and 200 mg /ml of thyme there was an inhibitory zone, which is a promising source of antimicrobial extracts for the control of *S. aureus*, a frequent food contaminant.

Keywords: antibacterial activity; food preservation; *Staphylococcus aureus*.

Recibido: 30 de enero de 2017

Aceptado: 30 de junio de 2017

¹Docente de la Universidad Nacional de Chimborazo. srodas@unach.edu.ec; pricaurte@unach.edu.ec; anamejia@unach.edu.ec orcid.org/0000-0001-6067-0346

*Autor para la correspondencia: srodas@unach.edu.ec; pricaurte

I. INTRODUCCIÓN

Las enfermedades transmitidas por los alimentos suponen una importante carga para la salud, millones de personas mueren por el consumo de alimentos contaminados (Alerte *et al.*, 2012). La utilización de extractos de plantas en la inhibición de microorganismos patógenos o deteriorativos de los alimentos, en los últimos años ha despertado gran interés en la comunidad científica, para desarrollar su implementación en la industria, como es el caso de los productos lácteos. Según Generoso *et al.*, 2010 las hierbas y especias fueron usadas para realzar el flavor de los alimentos (Khalid, 2014), sin embargo, actualmente se conoce que presentan además beneficios antioxidantes y capacidades antimicrobianas (Azuelo *et al.*, 2016).

La producción de derivados lácteos es uno de los sectores más influyentes en la generación de empleo agrícola y en la economía ecuatoriana, especialmente en la zona interandina. El consumo de queso fresco es muy dinámico, además, constituye una fuente importante de proteínas, grasas, vitaminas y minerales. De acuerdo con las investigaciones publicadas en la revista Pulso Ecuador (2010), 92.8% de los hogares urbanos de las principales 15 ciudades consumen regularmente este producto.

Según el INEC (2012) solo el 5 % de producción de leche nacional es para el queso industrializado, mientras que el 25 % es para la producción artesanal.

En los estudios realizados en 2007 y 2008 por el Centro de Transferencia de Tecnología e Investigación Agroindustrial (CETTIA) de la Universidad Técnica Particular de Loja, se analizaron 42 muestras de queso, dando como resultado que 83.3% de las muestras estuvieron contaminadas con *E. coli*, en el segundo estudio se analizaron 120 muestras, de las cuales el 65.8% presentó contaminación por *Staphylococcus aureus*.

Los productos lácteos en general y especialmente los quesos frescos artesanales, están asociados con brotes de intoxicaciones alimentarias por una inadecuada pasteurización y deficiencias en su manipulación, en los distintos eslabones de la cadena de producción, cabe destacar que es el *S. aureus* es uno de los principales patógeno y microorganismo deteriorativos en los alimentos. (Le Loir *et al.*, 2003; Tarekne *et al.*, 2015).

Las enfermedades generadas por alimentos contaminados son de considerable importancia, por tal razón, la industria de alimentos implementa el uso de sustancias químicas (benzoatos, Sorbato, nitratos hipoclorito de sodio, entre otros) o bioquímicas como

las bactericinas y la Natamicina, para reducir o inhibir la presencia de microorganismos patógenos y deteriorativos de los alimentos (Beristain *et al.* 2012, Ollé *et al.*, 2014).

Sin embargo, según Somasundram *et al.* (2016), existe una tendencia mundial tanto en los países desarrollados como en los países, en vías de desarrollo, hacia el consumo de alimentos orgánicos, más naturales o con menor presencia de aditivos químicos. En tal sentido el uso de extractos de plantas con capacidad de inhibir daños microbianos en los alimentos cada vez es mayor, debido a que una gran parte de los consumidores consideran un riesgo para su salud el uso indiscriminado de conservantes o aditivos químicos, usados normalmente en la producción de alimentos (Sharma, 2015).

En tal caso, Millezi *et al.* (2012), Ouibrahim *et al.* (2013) y Morales (2015), estudiaron las propiedades antibacterianas que poseen los aceites esenciales de laurel y tomillo. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del laurel y el tomillo en varias concentraciones, en el control de microorganismos patógenos o deteriorativos de los alimentos, específicamente *S. aureus*, con vistas a su posible uso como conservante de alimentos.

II. DESARROLLO

1. Metodología

Obtención de las muestras: los ejemplares de las especies vegetales *Laurus nobilis* (laurel) y *Thymus vulgaris* (tomillo) fueron recolectados del Mercado Mayorista de la ciudad de Riobamba (Provincia de Chimborazo), Ecuador; siendo procesados en el laboratorio, sin almacenamiento previo.

Tratamiento de las muestras: de cada planta se utilizaron sólo las hojas, éstas se lavaron con agua corriente, agua potable y por último hipoclorito de sodio al 2%, fueron escurridas y reposadas en papel de empaque para absorber el exceso de agua. Para el proceso de secado se esterilizó el equipo y las bandejas, se llevaron las hojas de laurel y tomillo al equipo de deshidratación (MEMMERT; Germani) a una temperatura de 45 °C por 14 horas. Los materiales deshidratados fueron triturados en un mortero y se colocaron recipientes estériles, cada uno por separado.

Cepa bacteriana: la cepa utilizada fue *Staphylococcus aureus*, perteneciente a la Colección Americana de Cultivos Tipo (ATCC 25923) y donada por el INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). La cepa bacteriana fue reanimada en

medio Baird Parker (BP) y Incubar a 35 °C durante 24 horas.

Actividad antimicrobiana: para la determinación de la actividad antibacteriana se aplicó la técnica de difusión en agar, según el método de Kirby-Bauer descrito por Baur *et al.* (1966) y Pierce y Dennis (2010).

Se determinó la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) para la cepa *S. aureus*, a partir de la dilución de varias concentraciones de laurel y tomillo en agua destilada estéril, en concentraciones de 0, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200 mg/ml, respectivamente a 45°C por 20 horas. Se impregnó discos estériles de papel de filtro Whatman N° 3 de 3 mm de diámetro con 10 µl, de una solución preparada (equivalente a las concentraciones antes mencionadas) de los extractos a analizar.

Se tomó una asa bacteriológica con la cual se obtuvo una muestra de *S. aureus* y se suspendió en un tubo de ensayo con 5 ml de suero fisiológico estéril, hasta alcanzar una turbidez similar a la descrita por la metodología de comparación con un estándar de turbidez 0,5 McFarland. La suspensión bacteriana fue incorporada al medio de cultivo, mediante método de estriación con un hisopo estéril, con el cual se cubrió toda la superficie del medio.

Los discos impregnados con las diferentes concentraciones de laurel y tomillo, se colocaron dentro de las cajas de Petri en el medio de cultivo inoculado con *S. aureus*, luego los medios fueron preincubados a 5°C durante 12 horas, para permitir la difusión del extracto, y luego, se incubaron a 35°C durante 24 horas.

Los análisis del efecto antimicrobiano de los extractos, se realizaron por triplicado para cada una de las especies vegetales estudiadas y en las diferentes concentraciones. Para establecer los diferentes grados de inhibición del crecimiento bacteriano, se consideraron los rangos de los diámetros de inhibición, como los sugieren Ríos *et al.* (2009).

2. Resultados y discusión

Actividad antimicrobiana: en la Figura 1 se puede observar la presencia de un área próxima al papel de filtro, de forma ligeramente circular, donde no hubo crecimiento de *S. aureus*. En tal caso, cuando el diámetro del papel de filtro impregnado con la solución antimicrobiana extraída de las plantas en estudio, presenta dicho borde, sin crecimiento microbiano, se considera que la sustancia en estudio tiene propiedades antimicrobianas según Pierce y Dennis (2010).

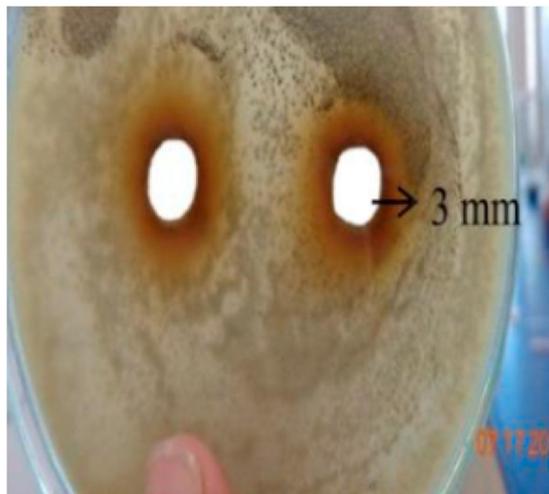


Figura 1. Presencia de halo inhibitorio luego de 24 de incubación.

El *Laurusnobilis*, como se muestra en la Tabla 1, presenta un halo inhibitorio, en concentraciones de 175 y 200 mg/ml, lo cual coincide por lo reportado por Ouibrahim *et al.* (2013), en el cual esta planta tenía efecto inhibitorio en el crecimiento de varias bacterias patógenas gram positivas y gram negativas, incluyendo la misma cepa de este estudio (*S. aureus* ATCC 25923). Sin embargo, la formación del halo reportado por este investigador es superior a los 4 mm. Así mismo, Millezi (2012) y Ghadiri (2014), reportaron la actividad antimicrobiana que tenía *Laurusnobilis*.

Tabla 1. Actividad antimicrobiana del *Laurusnobilis*

Laurel (mg/ml)	Diámetro del halo inhibitorio (mm)		
	R1	R2	R3
0	(-)	(-)	(-)
25	(-)	(-)	(-)
50	(-)	(-)	(-)
75	(-)	(-)	(-)
100	(-)	(-)	(-)
125	(-)	(-)	(-)
175	(+)	(+)	(+)
200	(+2)	(+2)	(+2)

R=repeticiones, (-)=no se observa halo inhibitorio, (+)=halo inhibitorio de 3.5 mm, (++)=halo inhibitorio de 4mm.

El *Thymus vulgaris*, tal como se puede evidenciar en la Tabla 2, exhibe propiedades antibacterianas a concentraciones de 150, 175 y 200 mg/ml, en tal caso, Milleziet al (2012), reportaron la capacidad antimicrobiana que exhibía el *Thymus vulgaris*, en la cepa *S. aureus* (ATCC 25923), entre otras cepas en estudio, el mismo demostró que a partir de concentraciones de 5 mg/ml se observaba la presencia de un halo inhibitorio. Nadia y Rachid (2013) estudiaron el efecto del tomillo como antioxidante y antibacteriano para el control de bacterias patógenas como *Escherichia coli* y *S. aureus* (ATCC 25923), este último reporto la presencia de halo inhibitorio superior a 15 mm.

Tabla 2. Actividad antimicrobiana del *Thymus vulgaris*.

Tomillo (mg/ml)	Diámetro del halo inhibitorio (mm)		
	R1	R2	R3
0	(-)	(-)	(-)
25	(-)	(-)	(-)
50	(-)	(-)	(-)
75	(-)	(-)	(-)
100	(-)	(-)	(-)
125	(+)	(+)	(+)
175	(+2)	(+2)	(+2)
200	(+3)	(+3)	(+3)

Según la metodología para establecer los criterios de la determinación de las dosis de concentración mínimas inhibitorias (CMI), establecidas por Rios et al (2009), además, de todas las metodologías descritas por las investigaciones mencionadas anteriormente, en función de extractos antimicrobianos, vale la pena destacar que todos realizaron previamente la extracción con solventes orgánicos del principio activo de las diferentes plantas en estudios incluyendo *Laurus nobilis* y *Thymus vulgaris*, por tal razón, esto pudiera justificar hipotéticamente, que las dosis de la CMI de las investigaciones anteriores no coincidan con las expuestas en esta investigación.

III. CONCLUSIONES

Las especies de plantas vegetales estudiadas en esta investigación (*Laurus nobilis* y *Thymus vulgaris*), muestran una interesante actividad antimicrobiana sobre la cepa de *S. aureus*. Siendo esta cepa,

un patógeno toxico-infeccioso, distribuido ampliamente en diferentes ambientes y presente en muchos alimentos, por deficiencias en su manipulación y tratamiento térmico inadecuado, la implementación de los extractos purificados (aceites esenciales) de estas plantas, representa una alternativa viable para la inhibición o reducción de microorganismos patógenos, en la elaboración de alimentos.

IV. REFERENCIAS

- Alerte V, Cortés S, Díaz J, Vollaire J, Espinoza M., Solari V, Cerda J. y Torres M. (2011). Brotes de enfermedades transmitidas por alimentos y agua en la Región Metropolitana, Chile (2005-2010). *Rev Chil Infect*, 29 (1), 26-31.
- Azuero A., Jaramillo C., San Martín D y D'Armas H. (2016). Análisis del efecto antimicrobiano de doce plantas medicinales de uso ancestral en Ecuador. *Ciencia UNEMI*, 9(20), 11 – 18.
- Bauer A., Kirby W., Sherris J. and Turck M. (1966). Antibiotic susceptibility testing. Depts. Microbiology and Medicine, Univ. Washington, EEUU, *Amer. J. Clin. Pathol.* 6(45), 493.
- Beristain S., Paluo E. y López A. (2012). Bactericinas: Antimicrobianos naturales y su aplicación en los alimentos. *Temas selectos de Ingeniería de los alimentos*. 6(2), 64-78.
- CETTIA. Universidad Técnica Particular de Loja en los años. (2007-2008). "Análisis microbiológico en quesos frescos". Recuperado de: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/25404/1/TEsis%20LUIS%20ANTONIO%20PLAZA%20IBARRA.pdf>.
- Ghadiri E., Ahmadi R., Moridikiya A., Mahdavi E., and Tavakoli P. (2014). *Laurus nobilis* Has Antibacterial Activity Against *Staphylococcus aureus*. International Conference on Food, Biological and Medical Sciences, Jan. 28-29, Bangkok, Thailand.
- Generoso S., Macías S., Fabiani G., Rosas D. y Dallaglio P. (2010). Comportamiento prooxidante y antioxidante de hierbas aromáticas en queso. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Santiago del Estero, Argentina.
- Kaurinovic B., Popovic M. and Vlasisavljevic S. (2010).

- In Vitro and in Vivo Effects of *Laurusnobilis* L. Leaf Extracts. *JournalMolecules*, (15), 3378-3390.
- Khalid B. (2014). Efecto de la suplementación con plantas aromáticas en leche y queso de cabra de la raza Murciano-Granadina. Tesis Doctoral titulada. Universidad de Murcia. Murcia, España.
- Le Loir Y., Baron F. and Gautier M.(2003). *Staphylococcus aureus* and food poisoning. *Genetics and Molecular Research*, 2(1),63-76.
- Millezi A., Caixeta D., Rossoni D., Cardoso M., Piccoli R.(2012) In vitro antimicrobial properties of plant essential oils *thymus vulgaris*, *cymbopogoncitratatus* and *laurusnobilis* against five important foodborne pathogens. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*, 32(1), 167-172.
- Morales A. (2015). Efecto Antimicrobiano del Aceite Esencial del Tomillo (*Thymusvulgaris*) sobre la contaminación de *Listeria monocytogenes* en queso Ricotta. Tesis de posgrado. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.
- Nadia Z. and Rachid M. (2013). Antioxidant and antibacterial activities of *Thymus vulgaris* L. *Medicinal and Aromatic Plant Research Journal*, 1(1), 5-11.
- NTE INEN 1528 (2012). Ecuador: instituto nacional ecuatoriano de normalización. Recuperado de: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1528.2012.pdf>.
- Ollé C., Jagus R. and Gerschenson L. (2014). Natamycin efficiency for controlling yeast growth in models systems and on cheese surfaces. *Food Control*, 35, 101-108.
- Ouibrahim1 A., Tlili Y., Bennadja S., Amrouni S., Djahoudi A. andDjebar M.(2013) .Evaluation of antibacterial activity of *Laurusnobilis* L.,*Rosmarinusofficinalis* L. and *Ocimumbasilicum* L. from Northeast of Algeria. *Academic Journals*, 7(42), 4968-4973.
- Pierce S. and Dennis J. (2010). Bacterial culture and antibiotic susceptibility testing. https://vetfolio-vetstreet.s3.amazonaws.com/29/97c5b069be11e09ce70050568d17ce/file/PV0710_hendry_CE.pdf.
- Ríos N., Medina G., Jiménez J., Yáñez C., García M., Di Bernardo M. y Gualtieri M. (2009). Actividad antibacteriana y antifúngica de extractos de algas marinas venezolanas. *Rev. Peru. biol.* 16(1): 097- 100.
- Sharma S. (2015). Food Preservatives and their harmful effects. *International Journal of Scientific and Research Publications*, (5), Issue 4.
- Somasundram C., Razali Z. and Santhirasegaram V. (2015).A Review on Organic Food Production in Malaysia.[file:///C:/Users/Usuario/Downloads/horticulturae-02-00012%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/horticulturae-02-00012%20(1).pdf).
- Tarekgne E., Skeie S., Rudi K., Skjerdal T. and Narvhus J. (2015).*Staphylococcus aureus* and other *Staphylococcus* species in milk and milk products from Tigray region, Northern Ethiopia. *African Journal of Food Science*, 9(12), 567-576

Aprovechamiento energético de aceites usados y su contribución a la economía circular mediante el coprocesamiento en hornos cementeros

Francisco Andrade-Domínguez^{1*}; Julio López-Ayala²;
Erika Romero-Cárdenas³; María Ortiz-Zurita⁴; Paolo Fabre-Merchán⁵

Resumen

El objetivo de la investigación consistió en evaluar el aprovechamiento energético de aceites usados, generados por el parque automotor de la ciudad de Riobamba y su contribución a la sustentabilidad ambiental mediante el coprocesamiento en hornos cementeros. Así como realizar una valorización energética identificando la tecnología de coprocesado en hornos cementeros proponiéndose alternativas de sustentabilidad ambiental mediante un sistema de gestión ante la disposición final de aceites usados en plantas de producción de cemento. Se utilizó como estrategia metodológica el análisis de varianza, como una alternativa adecuada para el desarrollo de variables de la composición físico-química del aceite usado ante el coprocesamiento y criterio de sustentabilidad ambiental. Los resultados evidenciaron una mezcla óptima que cumple con propiedades físico-químicas ante la propuesta de coprocesamiento al horno rotatorio de clínker de UCEM CEM Planta Chimborazo. Además, se realizó un análisis de los ingresos del proyecto, demostrándose que es un proyecto rentable y por ende financieramente factible.

Palabras Clave: Aceite usado; coprocesamiento; horno cementero; sustentabilidad ambiental; valorización energética.

Energetic utilization of waste oils and their contribution to environmental sustainability through processing in cement kilns

Abstract

The aim of this research was to evaluate the energetic utilization of waste-oils, generated by the Riobamba city car park and its contribution to environmental sustainability, through co-processing in cement kilns. On the other side, to realize an energy valorization identifying the technology of co-processing in cement kilns, proposing alternatives of environmental sustainability, through a system of management before the final disposition of used oils in plants of cement production. The research employed the Variance Analysis (ANOVA) as the methodological strategy, as a suitable alternative for the development of variables of the physical-chemical composition of waste oils above co-processing and environmental sustainability criteria. The results show an optimum mixture that complies with physico-chemical properties for the proposed co-processing in the rotary Clinker kiln of UCEM CEMC Chimborazo Factory. In addition, an analysis of the income of the project was made, proving that it is a profitable project and therefore financially feasible.

Keywords: Used oil; energy valorization; coprocessing; cement kiln; environmental sustainability.

Recibido: 21 de Marzo de 2017

Aceptado: 13 de julio de 2017

¹ Docente de la Universidad Estatal de Milagro, Facultad de Ciencias Administrativas y Comerciales, Carrera de Ingeniería Comercial. Economista. Magister en Gestión de Proyectos Socio Productivos. Línea de investigación en el área de economía y administración. fandraded@unemi.edu.ec orcid.org/0000-0003-2948-9965

² Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica. Ingeiero de Mantenimiento. Línea de investigación en el área de tecnología. 1982jcla@gmail.com

³ Docente de la Universidad Estatal de Milagro, Facultad de Ciencias Administrativas y Comerciales, Carrera de Ingeniería Comercial Economista. Magister en Administración y Dirección de Empresas. Línea de investigación en el área de economía y administración. eromeroc@unemi.edu.ec

⁴ Docente de la Universidad Estatal de Milagro, Facultad de Ciencias Administrativas y Comerciales, Carrera de Licenciatura en Turismo. Ingeniera en Administración de Empresas Turísticas y Hoteleras. Magister en Administración de Empresas. Línea de investigación en el área de administración y turismo. mortizz1@unemi.edu.ec

⁵ Docente de la Universidad Estatal de Milagro, Facultad de Ciencias Administrativas y Comerciales, Carrera de Licenciatura en Turismo. Licenciado en Ciencias de la Educación. Master of Science in Curriculum and instruction, English as a second Language. Línea de investigación en el área de Educación. pfabrem@unemi.edu.ec

*Autor para la correspondencia: fandraded@unemi.edu.ec

I. INTRODUCCIÓN

El tema del calentamiento global se ha transformado hoy día en un ámbito estratégico, fuera de ser un problema en sí mismo es un sujeto de estudio que establece contacto con un conjunto de temáticas que involucran a las ciencias sociales estableciendo puntos sensibles en diversas dimensiones. La creciente preocupación por las amenazas relacionadas al calentamiento global ha llevado a voltear los ojos hacia las fuentes de emisiones de CO₂. A medida que las sociedades han evolucionado, los cambios a nivel de producción y de consumo generan actualmente consecuencias al aumento en los volúmenes de residuos generados y la presencia de materiales peligrosos en los mismos. (Boesch, M., & Hellweg, S., 2010).

Los gases con los cuales la sociedad humana contribuye principalmente al efecto invernadero son el Anhídrido Carbónico, el Metano y el Oxido Nitroso. El primero de ellos, también llamado Dióxido de Carbono (CO₂), el más importante y participa en la conformación del efecto invernadero en un 70%. (Rosas, 2003)

En Latinoamérica la problemática de los países en vías de desarrollo, están vinculados a la gestión y disposición final de los residuos peligrosos, que muestra una falta de estructura adecuada, lo que ha ocasionado altos impactos ambientales. En el Ecuador, la cantidad de residuos peligrosos recolectados al año 2014 fue del 86 002. 676,37 kg/ año; el promedio en la generación de aceite lubricante usado es de 61736,764 kg/año (INEC, 2012). La generación del aceite usado relaciona directamente al sector automotriz, disminuye la calidad ambiental, mayor degradación y aumento de la contaminación efecto directo sobre la salud humana.

Es así que, en la última década el país registró el 14,2 % de incremento en su parque automotor su stock actual es de 1´723.000 vehículos (Comunidad Andina, 2013). El proponer un modelo de gestión ante una disposición final de los aceites usados, busca reducir la contaminación y demostrar el ahorro de energéticos ambientalmente seguros; fortaleciendo el mejoramiento de la calidad de vida de la población. Por lo cual en este trabajo se evaluó el aprovechamiento energético de aceites usados generados por el parque automotor y

su contribución a la sustentabilidad ambiental mediante el coprocesamiento en hornos cementeros.

II. DESARROLLO

1. Marco conceptual

1.1. Valorización energética de los aceites usados

En el contexto energético, se ha aceptado el término biomasa para denominar a una fuente de energía de tipo renovable que comprende la utilización de toda una gama de biocombustibles de diversa naturaleza (sólidos, líquidos o gaseosos) que pueden tener aplicación en todos los campos de utilización de los combustibles tradicionales (electricidad, transporte, usos térmicos y como materias primas para la industria química). Esta gran diversidad de posibilidades es una de las diferencias básicas de la biomasa respecto de las restantes energías renovables, en las que la producción de energía primaria consiste básicamente en electricidad o calor. (Fernandez, 2006)

La valorización energética del aceite lubricante usado tiende a estar susceptible de ser utilizado como materia prima o como una fuente energética. El concepto de “valorización energética” es la sustitución parcial de los combustibles fósiles tradicionales por combustibles derivados de residuos, mediante la generación de energía y/o la recuperación de calor; sin poner en riesgo la salud humana y de métodos que no puedan dañar al medio ambiente. (Lagarinhos & Tenório, 2008). Un combustible alternativo es el producto obtenido a partir de uno o varios residuos industriales con poder calorífico, que cumple con una especificación definida y reglamentada por la autoridad ecológica. También se conocen con el nombre de combustibles secundarios, derivados de desechos. (PNUMA, 2012).

El término aceite lubricante usado, tiene dos connotaciones, puesto que se lo utiliza para los lubricantes que están siendo utilizados, como también a los conocidos como aceites de desperdicio o quemados. El aceite lubricante después de su uso, adquiere concentraciones elevadas de metales pesados producto principalmente del desgaste del motor o maquinaria que lubricó (Delgado & Parra 2007).

1.2. El Coprocesamiento desde la perspectiva del residuo al recurso

El coprocesamiento en la industria cementera es la forma óptima de recuperación de la energía y la materia de residuos. Ofrece una solución sólida y segura para la sociedad, el medio ambiente y la industria cementera, sustituyendo los recursos no renovables por residuos bajo estrictas medidas de control. La industria cementera tiene el compromiso de asegurar que la sociedad disponga de suficiente cemento para cubrir necesidades y, al mismo tiempo, reducir el uso de combustibles y materias primas no renovables, disminuyendo así las emisiones. La recuperación de residuos en la industria cementera entre ellos los aceites usados, también llamada coprocesado, contribuye a facilitar la posibilidad de alcanzar un máximo de sustitución de materiales no renovables.

Los tipos de residuos que pueden usarse en una planta cementera varían en función de cada instalación. Como regla básica, los residuos aceptados como combustible y/o materia prima alternativa deben aportar un valor añadido al horno de cemento en términos de poder calorífico del valor material de la parte mineral.

Algunos combustibles alternativos cumplirán a la vez ambos requisitos, haciendo difícil formular un criterio general en relación a los materiales que son coprocesados en la industria cementera. Según las características del proceso de producción, la industria cementera puede coprocesar, combustibles alternativos que tengan un importante poder calorífico para el caso de aceites usados. Es estrictamente necesario que exista un correcto sistema de control de calidad para todos los materiales utilizados, ya que, de esta forma, se asegura que el coprocesado se lleva a cabo de una manera medioambientalmente segura, manteniendo la seguridad y salud de la población, el comportamiento medioambiental del proceso de producción, la alta calidad del producto final y un proceso de producción correcto e ininterrumpido.

La economía circular tiene por objeto desacoplar la prosperidad del consumo de recursos, es decir, cómo podemos consumir bienes y servicios y no depender de la extracción de recursos vírgenes y, por lo tanto, asegurar los lazos cerrados que evitan la disposición eventual de mercancías cosnusmidasd en en rellenos sanitarios. La producción y el consumo también

tienen asociadas "transferencias de contaminación" al entorno en cada paso. En ese sentido, la economía circular es un movimiento hacia la sostenibilidad débil descrita anteriormente. Propone un sistema en el que la reutilización y el reciclado proporcionan sustitutos al uso de materias primas vírgenes. Al reducir nuestra dependencia de esos recursos, mejora nuestra capacidad y la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades. Los La economía circular hace que la sostenibilidad sea más probable. (Sauvé, Bernard, & Sloan, 2016)

1.3. La recuperación de residuos a la reducción de las emisiones de CO₂

La recuperación de residuos ofrece un alto potencial a la industria cementera para reducir las emisiones globales de CO₂. Sin el coprocesado, los residuos y subproductos serían incinerados donde emitirían consecuentemente sus gases de efecto invernadero. La recuperación de energía y reducción de emisiones a la atmósfera, con el coprocesamiento de residuos industriales, según Genon (2008), indica que no existe un incremento en las emisiones de los hornos, sino un ahorro relevante en términos de emisiones de CO₂, SO₂ y NO_x liberadas a la atmósfera dado que los residuos reemplazan otros combustibles fósiles que generan mayores niveles de CO₂.

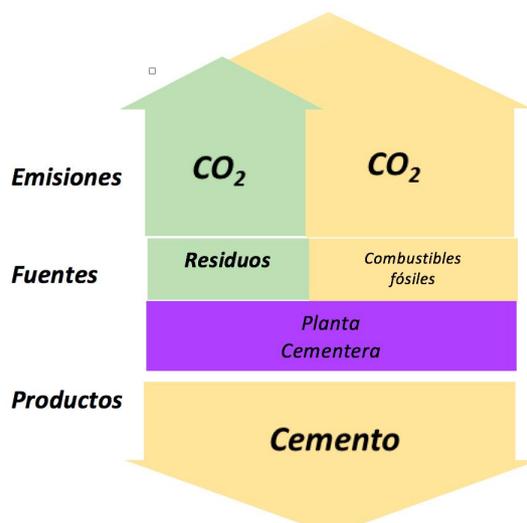


Figura No.1: Reducción de las emisiones, dado el coprocesamiento de residuos para la producción de cemento que recibe gran atención en el campo de la sostenibilidad debido a su alto consumo de energía, intensidad del uso de recursos y su gran demanda a nivel mundial. (Boesch, M., & Hellweg, S., 2010)

La destrucción de componentes inorgánicos durante la incineración de residuos peligrosos impone una temperatura superior a 850°C por al menos 2 segundos para la incineración de residuos peligrosos no clorados. El horno de cemento llega a una temperatura de los 1450°C en la harina cruda para lograr la fusión de las materias primas y obtener clínker, componente principal del cemento. (GTZ/Holcim, 2006)

1.4. Tecnología de coprocesamiento

El grado de sustitución de los combustibles convencionales por combustibles alternos en un horno de clínker depende de la composición y el poder calorífico. La combustión en los hornos de cemento se realiza con un exceso de oxígeno que debe limitarse para no sacrificar en exceso la eficiencia energética que se encuentra condicionada, además, a la uniformidad del combustible y a su adecuado manejo para facilitar una correcta y completa combustión. Por su capacidad calorífica el aceite usado se constituye en uno de los residuos con mayor potencial a ser empleado como combustible en los hornos cementeros.

Es factible estimar no solo por sus propiedades y características sino por la necesidad de contar con alternativas energéticas en la industria cementera.

1.5. Características físico – químicas del aceite usado como potencial combustible

Las variables fisicoquímicas que se deben tener en cuenta en la identificación de los componentes de los aceites usados como un potencial combustible alternativo, mencionan ensayos de laboratorio que serán registrados bajo la normativa ASTM - D. (Gordon, 2005)

Rosales, L. (2008), menciona que para el azufre y el cloro es también un factor limitante en un desecho peligroso en especial del aceite usado y determina la calidad del residuo no sólo por razones ecológicas, sino también por razones técnicas. El grado de sustitución de los combustibles convencionales por combustibles alternos en un horno de clínker depende de la composición y el poder calorífico de algunos materiales utilizados en la combustión de un horno cementero.

La tabla 1 muestra la caracterización de los componentes presentes en el ensayo de bases lubricantes de aceites combustibles.

Tabla 1. Ensayos de bases lubricantes, aceites automotrices.

ENSAYO	NORMA ASTM	LÍMITE
Punto de Inflamación (°C)	D - 92	Mín. 250
Densidad relativa a 60 ° C	D- 1298	Reportar
Densidad relativa 60/60 °F (°API)	D - 287	Reportar
Agua y sedimentos básicos (% V)	D - 96	Max 1,0
Azufre (% P)	D- 4294	Max 2,0
Viscosidad cinemática a 50°C, (cSt)	D- 445	>201
Cenizas (% P)	D - 482	Max. 0,1
Carbón Conradson (%P)	D - 189	Max.16
Poder calorífico bruto (kcal/kg)	D - 240	Reportar
Vanadio (mg/kg)	D-5056	Reportar
Cromo (mg/kg)	D-5057	Reportar
Níquel (mg/kg)	D-5058	Reportar
Plomo (mg/kg)	D-5059	Reportar

1.6. Aspectos legales

La nueva Constitución de la República del Ecuador, publicada en el Registro Oficial (R.O.) N° 449 el 20 de octubre de 2008, sintetiza e integra los conceptos ya conocidos a continuación:

- Biósfera, ecología urbana y energías alternativas.
- Recursos naturales.
- Ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales.
- Sectores estratégicos.

Dentro de las prioridades del desarrollo sustentable y la filosofía del Buen Vivir Plan Nacional 2013 – 2017, está la conservación y el uso sostenible los recursos naturales, la inserción de tecnologías ambientalmente limpias, la aplicación de la eficiencia energética, así como la prevención, el control y la mitigación de la contaminación. (SENPLADES, 2014)

En base a este enfoque transversal surgen estrategias aplicadas en la formulación de esta investigación en función de los Objetivos 7 y 10: Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global e Impulsar la transformación de la matriz productiva.

1.6.1. Ley de gestión ambiental

La Ley de Gestión Ambiental establece normas

básicas para la aplicación de políticas ambientales así como un esquema de administración ambiental por parte del país a través de un manejo horizontal presidido por el Ministerio de Medio Ambiente.

El manejar estrategias para la gestión de desechos peligrosos es un tema casi inexplorado en América Latina, en el Ecuador actualmente se

maneja con la Ley de Gestión Ambiental (TULS, 2015), que persigue identificar las políticas y guías necesarias que permitan conocer los procedimientos ambientalmente seguros y enmarcados en los siguientes criterios, que se detallan en la figura .



Figura 2. Proceso de gestión integral de desechos peligrosos.
Fuente: TULS, 2016

Conforme al Acuerdo Ministerial, destaca en el Art. 25 Licencia Ambiental.- Es el permiso ambiental otorgado por la Autoridad Ambiental Competente a través del SUIA, siendo de carácter obligatorio para aquellos proyectos, obras o actividades considerados de medio o alto impacto y riesgo ambiental.

En el Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULS, 2015) del Ministerio de Ambiente, en su Artículo 57 Responsabilidades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales señala, que se garantizará el manejo integral de residuos y/o desechos sólidos generados en el área de su competencia, ya sea por administración o mediante contratos con empresas públicas o privadas; además dar seguimiento para que los residuos peligrosos y/o especiales sean dispuestos, luego de su tratamiento, bajo parámetros que garanticen la sanidad y preservación del ambiente.

2. La generación del aceite lubricante usado en la ciudad de Riobamba

Según fuente del GADM de Riobamba al año 2014 su parque automotor contaba con la cantidad de 32 000 vehículos y una generación aproximada de 34 203.91 galones de aceite usado mensual. (Cadena, 2014). La generación de este tipo de residuo lo relaciona al sector automotriz ante el recambio del aceite por tareas de

mantenimiento a vehículos en general, actividades efectuadas desde las mecánicas, lubricadoras, estaciones de servicios.

En la Tabla 2 se determina la tasa de crecimiento del parque automotor de la ciudad de Riobamba a continuación señalada:

Tabla 2. Tasa de crecimiento vehicular en la ciudad de Riobamba.

Año	Tasa de crecimiento		
	Autos	Buses	Camionetas
2007	2.43%	2.66%	2.26%
2011	2.43%	2.66%	2.26%
2017	2.17%	1.95%	2.03%
2027	1.78%	1.60%	1.69%

*La tasa de crecimiento vehicular entre el año 2012 al 2014 fue del 16.87%

Fuente: GADM de Cantón Riobamba, 2014

La estimación frente a la generación de aceites usados al año 2018 del parque automotor de la ciudad de Riobamba, frente al análisis efectuado en la Tabla 2, presenta datos registrados in situ en centros técnicos de mantenimiento automotriz, en especial a talleres mecánico donde se obtuvo la siguiente información:

Tabla 3. Estimación de la generación de aceites usados automotrices.

Tipo automotor	Total 2018	Consumo mensual de aceite usado (galones)	Total mensual de aceites usados (galones)
Autos	38856	1	38856
Buses	3215	5	16075
Camionetas	7996	2,5	19990
Total	50067	8.5	74921

Elaborado por: Investigadores

Fuente: Centros técnicos de mantenimiento automotriz ciudad de Riobamba, 2016

3. Impactos ambientales por uso de aceites usados en la industria cementera

La valorización energética tiene por objetivo la sustitución parcial de los combustibles fósiles tradicionales por combustibles derivados de residuos, mediante la generación de energía y/o la recuperación de calor; sin poner en riesgo la salud humana y sin la utilización de métodos que puedan dañar al ambiente. La normativa ambiental internacional para el uso y aprovechamiento de combustibles a base de residuos peligrosos en especial aceites usados generado por el parque automotor, sugiere el control de sustancias altamente contaminantes cuyos límites de emisión demandan mejoramiento tecnológico en las plantas de producción industrial. De acuerdo a Diosdado (2009), las industrias logran establecer sistemas de generación de combustibles alternativos y modificaciones tecnológicas para su uso, los costos podrían disminuir y los beneficios tanto empresariales como sociales podrían aumentar.

La cadena de procesos de producción y uso de residuos aceitosos está asociada con muchos de los impactos, comenzando por la recolección, transporte y disposición final. La producción de residuos de aceites usados por sí misma causa al menos dos diferentes tipos de impactos ambientales: (1) las cargas debidas al consumo de los procesos energéticos; y (2) procesos de descarga o emisiones al aire. El uso de aceites usados de igual forma causa otros diferentes tipos de impactos ambientales cuando es coprocesado, por ejemplo en el proceso de producción del cemento. (p.p. 65- 78). En un horno cementero las altas temperaturas son causa de una alta producción de óxidos de nitrógeno (NOx), la Tabla 4, analiza las emisiones al aire máximas permisibles de un horno cementero tomándose en cuenta por oxidación del nitrógeno molecular del aire de combustión, como de los combustibles.

Tabla 4. Emisiones al aire de gases con carga normal del horno cementero

Parámetro	Límite máximo permisible
NOx	1800 PPM
So2	800 PPM
Partículas	150 PPM

Fuente: UCEM Planta Chimborazo (2015).

2. Metodología

La metodología utilizada fue cuantitativa con un nivel de conocimiento correlacional, en base al enfoque investigativo de campo y laboratorio, que se relacionan entre dos variables, la una de prueba estadística; y la otra bajo la comprobación de una hipótesis planteada. El presente estudio define la variable independiente en base a la caracterización de los aceites usados generados de fuentes automotrices y por otro lado una variable dependiente que relaciona la sustentabilidad ambiental mediante coprocesamiento en hornos cementeros.

La población de estudio analizó al grupo generador de aceite usado del parque automotor de la ciudad de Riobamba, tomando en cuenta al grupo de lubricadoras, lavadoras, autoservicios y mecánicas. La información en la Tabla 5 hace referencia al detalle de la población de estudio de aceites usados generados por la ciudad de Riobamba.

El tamaño de la muestra se analizó a partir de la fórmula estadística para población finita, utilizando un nivel de confianza del 95%, que equivale al valor de 1.96, con un margen de error del 5%, y con una probabilidad de éxito y de fracaso de 0,5. A continuación la Tabla 6 se presenta los resultados de la muestra a partir de su respectiva población para el caso del grupo generador de los aceites usados de la ciudad de Riobamba.

Tabla 5. Población de estudio aceites usados generados por la ciudad de Riobamba.

Categorías	Población
116 lubricadoras del cantón Riobamba	Cantidad de aceite generado de 280 tanques de aceite usado. (15 362 gal / mes)
61 lavadoras del cantón Riobamba	Cantidad de aceite generado de 147 tanques de aceite usado. (8 078 gal / mes)

Fuente: GADM Cantón Riobamba, 2015

Tabla 6. Resultados muestra cantidad de aceite usado a caracterizarse

Categorías	Muestra
3 lubricadoras del cantón Riobamba	Cantidad una muestra en 1.4 tanques de aceite usado
6 lavadoras del cantón Riobamba	Cantidad una muestra en 2.6 tanques de aceite usado

MUESTRA* la cantidad generada de la muestra es de 0.25 litros cantidad mínima requerida por los diferentes laboratorios para sus respectivas pruebas.

Fuente: GADM Cantón Riobamba, 2015

Instrumento de evaluación

Se aplicó un instrumento correspondiente a la guía de caracterización ante un diagnóstico inicial sobre la composición físico-química del aceite usado generado por el parque automotor de la ciudad de Riobamba; adicional al análisis del combustible utilizado en el horno cementero de la UCEM Planta Chimborazo. Para ello se estableció una estrategia metodológica en función al análisis de la inferencia estadística o llamada Análisis de Varianza (ANOVA), como una alternativa adecuada para el desarrollado de variables de la composición físico – química del aceite usado ante el coprocesamiento y criterio de sustentabilidad ambiental.

Para validar el instrumento se utilizó tanto una metodología cualitativa, identificando actores entre ellos el GADM de cantón Riobamba y una planta industrial cementera siendo UCEM CEM Planta Chimborazo.

Modelación y Procesamiento de la Información (Procedimiento)

La frontera del estudio se limita al análisis físico químico de la composición entre el aceite lubricante usado y el combustible del horno cementero, en base a la caracterización y el posible uso como un combustible alternativo. La sustitución del combustible fósil por aceite usado se realiza al

sistema de combustión del horno cementero, en donde los impactos ambientales están directamente relacionados a la sustentabilidad del entorno urbano, que para ambos el proceso tradicional y el coprocesamiento, se mantiene constante. En base al análisis de caracterización y bajo una sustitución porcentual, se define una codificación de las distintas muestras recolectadas bajo una población y muestra determinada.

La Tabla 7 ilustra la modelación ante el análisis de un procesamiento estadístico de distintas mezclas entre el residuo industrial del horno cementero de UCEM CEM Planta Chimborazo y el aceite usado recolectado en el acopio provisional del GADM de la ciudad de Riobamba. Señalándose una codificación receptiva.

Tabla 7. Porcentaje de la mezcla

Residuo Petrolero Industrial	Aceite Usado	Muestra
80%	20%	A
76%	24%	B
72%	28%	C

El detalle analiza las cantidades recolectadas presentadas a continuación:

Muestra A. Cantidad de 80cm³ de Residuo Petrolero Industrial + 20cm³ de Aceite Usado en una proporción de 1 litro de Combustible Mezclado.

Muestra B. Cantidad de 76cm³ de Residuo Industrial + 24cm³ de Aceite Usado en una proporción de 1 litro de Combustible Mezclado.

Muestra C. Cantidad de 72cm³ de Residuo Industrial + 28cm³ de Aceite Usado en una proporción de 1 litro de Combustible Mezclado.

Muestra D. Cantidad de 70cm³ de Residuo Industrial + 30cm³ de Aceite Usado en una proporción de 1 litro de Combustible Mezclado.

Validación del instrumento

La validación del instrumento se precisa a la investigación experimental misma que toma las muestras de una orimulsión permitiendo generar un grupo donde hay un factor, que se denomina tratamiento, que tabula una caracterización físico – química. El tratamiento estadístico utiliza un grupo de control a cada una de las mezclas seleccionadas que determinan si existe evidencia estadística de que alguno de los tratamientos aplicados y el grupo de control presentan alguna diferencia en

cuanto a los niveles de cada una de las variables de caracterización.

Mediante el procedimiento del análisis de varianza ANOVA se verificará el rechazo de la hipótesis nula del control, bajo una comparación de múltiples variables de los tratamientos verificando si existe una respuesta diferente en algunas de sus medias y confirmándose con la prueba de DUNNET.

3. Resultados y discusión

Los resultados de laboratorio de las muestras analizadas, en función a porcentaje establecidos denominadas A, B, C y D fueron ensayadas de acuerdo a la norma ASTM, los mismos que fueron entregados por el laboratorio de la Universidad Central del Ecuador de la Escuela de Ingeniería Química.

A partir de los datos obtenidos del análisis físico químico de las distintas mezclas de combustible; los resultados son resumidos en la Tabla 8 para su respectivo análisis y discusión.

Tabla 8. Resultados estadísticos en la mezcla Residuo Petrolero y Aceite usado

Resultados de los análisis	Hipótesis nula H0
Poder Calorífico Bruto (kcal/kg)	Aceptada
Punto de Inflamación °C	Aceptada
Densidad Relativa (–)	Aceptada
Densidad API (° API)	Aceptada
Densidad 15 °C (kg/l)	Aceptada
Viscosidad Cinemática a 50°C (cSt)	Rechazada
Viscosidad Redwood N° 1a 100° F(s)	Rechazada
Azufre (%P)	Aceptada
Cloro (Cl)	Aceptada
Agua y Sedimentos	Aceptada
Básico, BSW (%V)	Aceptada
Cenizas (%P)	Aceptada
Carbón Coradson (%P)	Aceptada
Vanadio (mg/ kg)	Aceptada
Cromo (mg/kg)	Aceptada
Níquel (mg/kg)	Aceptada
Plomo (mg/kg)	Aceptada

El resultado indica el Análisis de la Varianza (ANOVA) de cada una de las distintas mezclas de los combustibles y la comprobación con la prueba de DUNNET. El análisis de los resultados ante la caracterización de la propiedades físico - químicas de la mezcla entre el residuo petrolero y el aceite

usado analizó tratamientos frente a la existencia de diferencias significativas que pudieran afectar al proceso de combustión.

En la mezcla de combustible de residuo petrolero industrial y aceite usado, ante una valorización energética en el horno cementero de UCEM CEM Planta Chimborazo, todas las variables analizadas en su caracterización físico – química son aceptadas a la hipótesis H0, a excepción de las viscosidades. En los tratamientos analizados no hay diferencias significativas entre el uso de una y otra mezcla, la Tabla 9, corresponde a un ejemplo ejecutado del análisis de la varianza de la mezcla entre residuo petrolero y aceite usado ante la variable del poder calorífico, demostración que utilizó la herramienta informática EXCEL y MINITAB.

Tabla 9. ANOVA del poder calorífico de la mezcla de Residuo Petrolero y Aceite usado

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
A	3	27457	9152,333333	236744,3333
B	3	27952	9317,333333	29276,33333
C	3	28309	9436,333333	47756,33333
D	3	28026	9342	49296

A cada una de las variables presentes en las distintas mezclas se generó el estadístico de análisis de varianza (ANOVA) de acuerdo a propiedades físico - químicas obtenidas de los tratamientos no hay diferencias significativas en cada una de las variables. A partir del resultado de igual forma se comprobó mediante el análisis de comparaciones múltiples de DUNNET cada una de las variables presentes en la mezcla.

La Figura 3 corresponde a un ejemplo ejecutado en la comparación de la variable del poder calorífico mediante el análisis de comparaciones múltiples, demostración que utilizó la herramienta informática MINITAB.

En el caso particular del análisis efectuado al tratamiento de la variable viscosidad, los resultados confirmaron la hipótesis rechazada, observándose que esta variable conlleva una relación directa entre el punto de inflamación variable que fue aceptada, por lo tanto se observó, que mientras menos viscoso es el combustible, se necesitará calentarlo menos para que se inflame y como consecuencia su punto de inflamación será menor.

Agrupar información utilizando el método de Dunnett y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
A (control)	3	9152	A
C	3	9436	A
D	3	9342	A
B	3	9317,3	A

Las medias no etiquetadas con la letra A son significativamente diferentes de la media del nivel de control.

Pruebas simultáneas de Dunnett para la media de nivel - Media de control

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
B - A	165	246	(-543. 873)	0,67	0,842
C - A	284	246	(-424. 992)	1,15	0,549
D - A	190	246	(-519. 898)	0,77	0,785

Nivel de confianza individual = 97,95%

Gráfica Dunnett: A. B. C. D

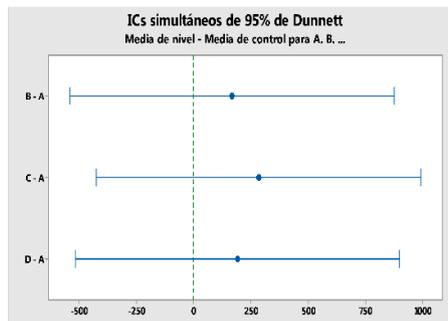


Figura 3. Comprobación del Análisis estadístico del poder calorífico comparación múltiple de DUNNET

Tabla 10. Proyección del flujo de caja

Año	Flujos efectivos	Valor presente
0	\$ -(170.000,00)	(\$ 170.000,00)
2017	\$ 84.454,96	\$ 75.406,21
2018	\$ 107.852,32	\$ 85.979,21
2019	\$ 139.937,68	\$ 99.604,88
2020	\$ 186.471,12	\$ 118.505,77
2021	\$ 242.477,68	\$ 137.588,35
Valor Presente Neto "VAN"		\$ 347.084,42
Tasa Interna De Retorno "TIR"		64%

El proyecto presenta un VAN positivo de USD\$ 347.084,42 considerando un costo de capital promedio ponderado de 12% anual, y una tasa interna de retorno de 64%. Este resultado muestra un escenario positivo por la ejecución del proyecto pues indica que, de invertir el dinero en el proyecto

se va obtener un rendimiento 6 veces superior al rendimiento esperado si el dinero se deja en un banco

Valorización energética análisis del costo & beneficio

Los servicios ecosistémicos están expresados en comparaciones con mediciones económicas tradicionales. Sin embargo, representan beneficios "basados en tierra", más que beneficios "basados en dinero". El valor de mercado de todos los bienes y servicios finales País (dentro de un año), es una medida complementaria de la situación de la economía. (Costanza et al. 1997). Una relación entre sus recursos (energía y flujos de (Expresado en términos de tiempo), son beneficios económicos (ecosistema valor del servicio o, alternativamente, PIB, expresado en términos monetarios) del

sistematizadas definidas como la capacidad del sistema para incrementar la producción. (Coscieme *et al.*, 2014)

El coprocesamiento de aceites usados genera un valor tanto desde el punto de vista ambiental y energético; y, su valor económico lo determina el mercado informal. El análisis productivo del horno cementero de UCEM CEM Planta Chimborazo, entre el año 2016 y 2017 tendrá un promedio de 600 toneladas de clínker al día.

Para producir una tonelada se utiliza en un promedio 26 galones de residuo industrial petrolero a un valor de 0.64 US\$/galón. El análisis costo beneficio se observa dentro de la Tabla 11, que muestra una demanda y una valorización energética del aceite lubricante usado.

Tabla 11. Análisis de costo & beneficio por coprocesamiento de aceite usados.

Proyección de ahorro por costos de energía térmica			
AÑO	Generación anual	Costo anual (0.64 USD)	Costos anual (0.34 USD)
	Aceites usados (gls)	Residuo Petrolero	Aceite usados
2017	316044,00	\$ 202.268,16	\$ 107.454,96
	Ahorro energético anual	\$ 94.813,20 USD	

En general el aceite usado posee ventajas energéticas como su elevado poder calorífico, y no necesita un tratamiento de calentamiento para su inyección en el horno, por ende existe un ahorro de energía.

Gestión integral de sustentabilidad ambiental de los aceites usados

El programa de recolección y disposición final de los aceites usados frente a una gestión integral con adecuadas prácticas ambientales, conllevó a realizar encuestas a 30 empresas que generan aceites lubricantes usados en la ciudad de Riobamba, dichas empresas fueron 19 mecánicas, 5 lavadoras, 6 lubricadoras, obteniéndose los siguientes resultados.

En cuanto al manejo de los aceites usados de las 30 empresas, la Tabla 12, muestra que el 100% admitió tener pérdidas en la extracción de los mismos, así no cuentan con respaldos físicos que validen la cantidad exacta del volumen que se maneja en dichas instalaciones.

Tabla 12. Condiciones de manejo de aceites usados

	Pérdidas en extracción	Zona delimitada de almacenamiento	Respaldos de cantidad almacenada
SI	30	1	0
NO	0	29	30

Además se evidenció que el 96,67% no posee una zona delimitada para el almacenamiento seguro de los aceites extraídos de los vehículos. Las condiciones de operación mostradas en la Tabla 13, determinaron que el 96.67% de estas 30 empresas cumplen con los requisitos legales de funcionamiento, sin embargo en la guía de buenas prácticas ambientales del manejo de los aceites el 100% no disponen del buen uso.

Tabla 13. Condiciones de operación del aceite usado

	Pérdidas en extracción	Zona delimitada de almacenamiento	Respaldos de cantidad almacenada
SI	30	1	0
NO	0	29	30

En cuanto a la entrega de aceites por parte de estas 30 empresas, la Tabla 14 demuestra que el 33.33 % dispone de un espacio seguro donde pueden realizar el procedimiento de carga de los residuos acumulados en las instalaciones, y el 100% no cuenta con un plan de contingencias ante cualquier eventualidad de goteo, fuga o derrame.

Tabla 14. Condiciones de entrega del aceite usado

	Ubicación del vehículo sin interferencia	Posee la empresa un plan de contingencia
SI	1	0
NO	29	30

Propuesta de coprocesamiento ante la sustentabilidad ambiental

La gestión integral ante la disposición final de los aceites usados generados por el parque automotor de la ciudad de Riobamba considera, la utilización como combustible, en la industria cementera, existiendo beneficios ambientales, donde la quema de combustibles convencionales comparado con la quema del aceite lubricante usado, genera la misma cantidad de emisiones a más de la conservación del recurso no renovable como son los combustibles fósiles. El sistema de coprocesamiento integral es la propuesta

final que incluye el manejo del aceite usado desde la generación hasta su procesamiento y/o disposición final, cumpliéndose criterios de legislación, las buenas prácticas ambientales y el aprovechamiento energético de los residuos cuya finalidad es:

- Definir metodologías de comunicación entre los distintos participantes del sistema de coprocesamiento, en los aspectos referidos a las actividades de almacenamiento, recolección, movilización y disposición final de los aceites lubricantes usados.

- Identificar, mantener y disponer la documentación y los registros del manejo integral de los aceites lubricantes producidos por el parque automotor de la ciudad de Riobamba.
- Identificar y tener acceso a los requisitos legales, ambientales y otros relacionados con el manejo de los aceites lubricantes usados.

La Figura 4 muestra el procedimiento propuesto en el sistema de coprocesamiento ante la sustentabilidad ambiental y disposición final del aceite usado del parque automotor de la ciudad de Riobamba.

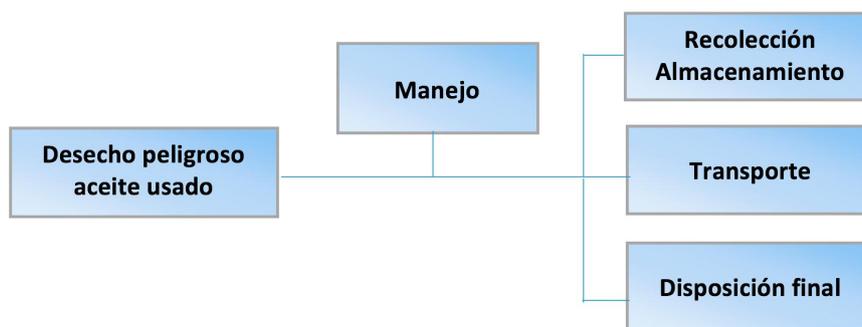


Figura No.4: Procedimiento al sistema de coprocesamiento de aceite usado
Fuente: Adaptación (TULS, 2015) Procedimiento de coprocesamiento de los aceites usados para el manejo de aceites lubricantes usados en dispositivos finales

El proceso de combustión en el horno cementero se efectúa en 5 etapas: calentamiento, ignición, mezcla, reacción y desplazamiento de los gases de combustión:

- Calentamiento:** El residuo petrolero que generalmente es usado en las cementeras, se lo recalienta hasta una temperatura de 105°C para disminuir su viscosidad; por otro lado el aceite no necesita de un calentamiento, para su alimentación.
- Mezcla:** Se la realiza por atomización en el quemador del horno, donde se dividen en finas partículas tanto el bunker como el aceite lubricante usado de modo

que permitan un contacto íntimo y constante para la generación de la llama.

El control de los compuestos o elementos presentes en los aceites lubricantes usados tratados que se utilizan en la mezcla con combustibles industriales y otros subproductos no deberán exceder las siguientes concentraciones estipuladas desde el punto de vista ambiental. La Figura 5, muestra un horno cementero y el grado de atomización de la llama ya que provee ese contacto con el aire y la mezcla entre el aceite usado y el residuo petrolero como combustible.

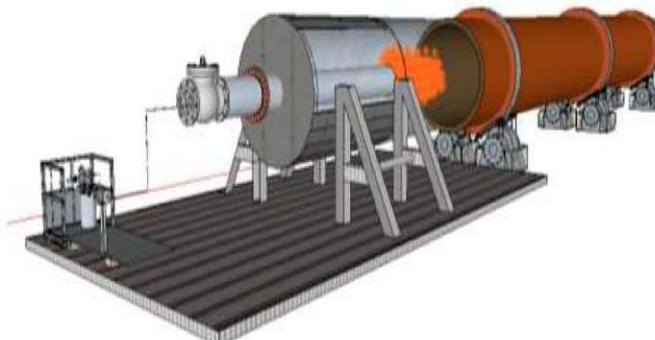


Figura No.5: Ilustración de combustión ante coprocesamiento de aceite usado.
Fuente: Elaboración propia, 2016

III. CONCLUSIONES

La mezcla óptima cumple con propiedades físico químicas ante la propuesta de coprocesamiento al horno rotatorio de clínker de UCEM CEM Planta Chimborazo; los contenidos en especial su poder calorífico obtuvo un resultado eficiente, siendo necesario al proceso del sistema de combustión.

En la fase experimental de la investigación se caracterizó varias mezclas llegando a un resultado óptimo entre el 70% de residuo petrolero y 30% de aceite usado; el tratamiento estadístico demostró que no existen diferencias significativas en sus componentes, es decir es apto a un proceso de combustión del horno cementero.

El coprocesamiento en el país se encuentra en desarrollo con políticas públicas, donde se realizó un análisis sobre resoluciones y reglamentos a nivel del GADM de Riobamba, actor relacionado a una política ambiental ante el manejo y disposición final de residuos peligrosos.

Se analizó el impacto ambiental asociado al coprocesamiento del aceite usado de fuentes automotrices de la ciudad de Riobamba en hornos cementeros, su sustitución porcentual brindará un menor impacto ambiental con respecto a un proyecto sustentable urbano. Se establece un estimado de generación de aceite usado para año 2018 en la ciudad de Riobamba cerca a los 410.448 galones anuales, a un incremento vehicular del 16% promedio, el impacto ambiental asociado a las etapas de recolección se ha elevado para la zona urbana.

Técnicamente, la inyección de aceite usado proveniente de fuentes automotrices al horno de cemento de UCEM CEM Planta Chimborazo, genera un impacto en la capacidad de producción con un ahorro energético anual; esto es, \$ 0.30 USD menos por tonelada de clínker producida, con lo que se cumple el objetivo planteado de reducción del costo específico de la energía térmica.

Con un Valor Actual Neto de \$ 347.084,42 USD, una Tasa Interna de Retorno de 64 % (en comparación con un costo del capital ponderado de 12 % anual), se verifica que el proyecto es rentable y por ende financieramente factible.

La proyección costo - beneficio, evidencia la existencia de una oferta no aprovechada en la totalidad de galones de aceite usado generado en

la ciudad de Riobamba, condición que favorece al proyecto y que apoya su factibilidad desde la preventiva ambiental.

Los resultados obtenidos confirman una demanda total por aceite usado generado por la ciudad de Riobamba, al 100% de su requerimiento ante un coprocesamiento.

La propuesta de valorización energética aceites usados ante un coprocesamiento, muestra una alternativa de gestión energética basada en un programa de control ambiental ante su disposición final.

La tecnología que posee el quemador principal del horno rotatorio de UCEM CEM Planta Chimborazo, demuestra que está apto para la destrucción controlada y efectiva de los aceites usados. La propuesta de reuso del aceite usado genera alternativas de disposición final y aprovechamiento energético para la industria cementera, se ve reflejado en el crecimiento económico del cantón Riobamba a la medida que contribuye en la reducción de este tipo de desechos peligrosos y mantenga una sustentabilidad ambiental acorde a generar mayor valor agregado.

IV. REFERENCIAS

- ANT. (2014). Agencia Nacional de Tránsito. Estadística 2014, 42-208. <http://www.astm.org>.
- Azevedo, P. (2008). Revisión y análisis de las experiencias de Argentina , Brasil, Colombia . Argentina: s.n.
- Álvarez, F. (31 de 12 de 2013). Evaluación Financiera de Proyectos de Inversión en el Ecuador. (ESPOL, Ed.) Revista FENopina.(46), 1.
- Audibert, F. (2006). Waste engine oils: Rerefining and energy recovery. Países bajos: Elsevier.
- BANCO CENTRAL DEL ECUADOR. (24 de Julio de 2014). Estadísticas Macro Económicas: www.bce.fin.ec/: <http://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorReal/Previsiones/IndCoyuntura/EstMacro012014.pdf>
- Boesch, M., & HELLWEG, S. (2010). Identifying improvement potentials in cement production with life cycle assessment. . Environ. Sci. Technol., 9143-9149.

- Bustos, F. (2007.). Manual de gestión y control ambiental. Quito: RN Industria Gráfica.
- Cadena, N. (2014). La Renovación de Riobamba. Plan de Trabajo, 26-54.
- Castells, J. (2005). Tratamiento y valorización energética de residuos. España: Ediciones Díaz Santos.
- Censos, I. N. (2012). INEC. Obtenido de Proporciones de residuos peligrosos no tratados por gestor municipal:http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Encuestas_Ambientales/Empresas_Privadas/Presentacion_Empresas.pdf
- Cisneros Moreno, M. G. (10 de 2013). Repositorio Digital-UPS . Recuperado el 26 de 07 de 2014, de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6369>
- COMUNIDAD ANDINA. (19 DE 12 DE 2013). Parque Vehicular en la Comunidad Andina. Obtenido de http://estadisticas.comunidadandina.org/portal/contenidos/2454_8.pdf
- CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. (2008). Registro Oficial No. 449. Montecristi.
- Coscieme, L., Pulselli, F. M., Marchettini, N., Sutton, P. C., Anderson, S., & Sweeney, S. (2014). Emergy and ecosystem services: A national biogeographical assessment. *Ecosystem Services*, 7, 1552–159. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.11.003>
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., vandenBelt, M., 1997. The value of the world's ecosystem service and natural capital. *Nature* 387, 253–260.
- Cruz, J. (2009). Levantamiento del Catastro de Generadores, Diseño de un Plan de Recolección y Alternativas del Aceite Usado. Quito: Escuela Politécnica Nacional
- Boesch, M., & Hellweg, S. (2010). Identifying improvement potentials in cement production with life cycle assessment. *Environ. Sci. Technol.*, 9143-9149.
- Delgado, E., & Parra, J. (2007). Combustibles Alternativos a partir de Aceites Usados con Tratamiento de Limpieza. Chile: Investigaciones de Ingeniería.
- Diosdado, J. (2009). Recuperación de energía en hornos cementeros, residuos y energéticos alternos. México: INE.
- Delgado, E., & Parra, J. (2007). Combustibles Alternativos a partir de Aceites Usados con Tratamiento de Limpieza . Chile: Investigaciones de Ingeniería.
- Duda, W. (1977). Manual Tecnológico del cemento. Reverté.
- ECUADOR, G. N. (2013-2017). Plan Nacional del Buen Vivir . En G. N. Ecuador, Plan Nacional del Buen Vivir (pág. 600). Quito: Gobierno de la Revolución Ciudadana.
- Fernandez, J. (2006). Biomasa, la energía renovable de mayor contribución al balance energético nacional. Yara, 0–4.
- FICEM. (1 de 04 de 2014). Federación Internacional de Cemento. Obtenido de Co - procesamiento:<http://www.ficem.org/ficem/temas-clave/recuperacion-deresiduos.html>
- GADM DE CANTÓN RIOBAMBA. (2013). La renovación de Riobamba. En Ordenanzas Municipales. Riobamba.
- Genon, G. (2008). Perspectives and limits for cement kilns as a destination for RDF. *Science Direct Waste Management.*, 24-52.
- GTZ/Holcim. (2006). Guía para el Co-procesamiento de residuos en la producción de cemento. Cooperación Público-Privada GTZ-Holcim.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. (02 de 2014). Obtenido de Instituto Ecuatoriano <http://www.normalizacion.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2014/03/1334-1-4.pdf>
- INEC. ECUADOR (2012). Encuesta de Información Ambiental Económica. Obtenido de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Encuestas_Ambientales/Empresas_Privadas/Presentacion_Empresas.pdf
- INEC. ECUADOR (11 de 2013). Ecuador en cifras. Recuperado el 25 de 03 de 2014, de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Infoeconomia/info8.pdf>
- MAE. (2012). Ministerio del Ambiente. Obtenido de Normativa ambiental y sanitaria:http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/normativ/normativ.htm

- MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR (2014). Ley de Gestión Ambiental. Obtenido <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>
- MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR (2012). Ministerio del Ambiente. Obtenido de: http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/normativ/normativ.htm.
- López, D., Cobo, H., Blanco, S., & Gutiérrez, G. (2012). Mejora del rendimiento en una cementera mediante el empleo de combustibles alternativos. UCM. Revista Electrónica de Medioambiente, 47-61
- Lagarinhos, C., & Tenório, J. (2008). Tecnologías utilizadas para la reutilización, reciclaje y valorización energética de aceites usados. Brasilia: Ciencia y Tecnología.
- Larrea, C. (2006). Hacia una historia ecológica del Ecuador: propuestas para el debate. Quito: Corporación Editora Nacional.
- Latorre, E. (2000). Herramientas para la Participación en Gestión Ambiental. Bogotá: Editorial Prisma Asociados.
- PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE (2012). Directrices técnicas sobre el coprocesamiento ambientalmente racional de los desechos peligrosos en hornos de cemento. Convenio de Basilea, (pág. 62). Basilea. Obtenido de Directrices técnicas sobre el coprocesamiento ambientalmente racional de los desechos peligrosos en hornos de cemento.
- PNUMA. (2012). Directrices técnicas sobre el coprocesamiento ambientalmente racional de los desechos peligrosos en hornos de cemento. Convenio de Basilea, (pág. 62). Basilea.
- Quesada, V. (2003). Elaboración de un Protocolo de Pruebas para la Caracterización de Combustibles Alternos para el Horno de Cementos INCSA. San Pedro.
- Rosales, L. (2008). Bioremediación de los Suelos Contaminados con Aceite Usado de Automóvil. Victoria de Durango: Instituto Politécnico Nacional.
- Romay, M. (2004). Valorización de residuos en al industria Española del cemento. España: Departamento Técnico y Medio Ambiente.
- Rozas, G. (2003). Aproximación psico comunitario ambiental al problema de calentamiento global. Revista de Psicología, 12(2), Pág-19.
- SECRETARÍA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO (2013). Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017. Quito. Recuperado el Mayo de 2014, de <http://www.buenvivir.gob.ec/>
- Sauvé, S., Bernard, S., & Sloan, P. (2016). Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. Environmental Development, 17, 48-56. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.09.002>
- TULSA. (2015). Texto Unificado de Legislación Secundaria. En D. P. Hugo, Reforma del libro VI de Texto Unificado de Legislación Secundaria (págs. 3-53). Quito.
- Torres, H. A., & Minaya, L. (1980). Escalificadora de quinua diseño y construcción. Lima: Publicaciones Miselaneas N° 243.
- TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA. (2015). Texto Unificado de Legislación Secundaria. En D. P. Hugo, Reforma del libro VI de Texto Unificado de Legislación Secundaria (págs. 3-53). Quito.
- UCEM CEM, Planta Chimborazo. (2015). Proceso productivo de clinkerización.
- UNIÓN CEMENTERA NACIONAL COMPAÑÍA DE ECONOMÍA MIXTA, PLANTA CHIMBORAZO. (2015). Proceso productivo de clinkerización.
- Walpole, R. E., Myers, R. H., & Myers, S. L. (1999). Probabilidad y estadística para ingenieros. México: Hall Hispanoamerica.
- Yuguang, G., & Golosinski, S. (1996). Mining Science and Technology. CRC- PRESS

Resistencia de la bacteria *Escherichia-coli* por la beta-lactamasas

Bryan, Armijos- Nieves^{1*}, Leandro, Herrera-Silva², Jovanny, Santos-Luna³,
Andrés, Medina-Preciado⁴, Marisela, Segura-Osorio⁵

Resumen

A escala Nacional en el ámbito sanitario comúnmente se presentan infecciones bacterianas *E. coli* en múltiples factores que encarecen su tratamiento, siendo el objetivo en este trabajo determinar la influencia de la enzima beta-lactamasa en la resistencia de la bacteria *E. coli* frente a los antibióticos, reconociendo los antibacterianos de las familias de las penicilinas y cefalosporinas ineficientes en su tratamiento. Basándose en un estudio documental de artículos científicos sobre la temática en estudio se concluye que la presencia de la enzima beta-lactamasas influye en gran medida en la resistencia desarrollada por la bacteria *E. coli* hacia los antibióticos como las penicilinas y cefalosporinas de primera, segunda, tercera y cuarta generación. Además se determinó que los antibióticos derivados de la penicilina como la ampicilina y los antibióticos de la familia de las cefalosporinas: cefazolina, cefalotina, cefotaxima, cefepime y ceftaxime por hidrólisis de estas drogas que no ejercen ningún efecto antibacteriano de la *E. coli* resistente, representando un gran problema que puede aumentar el riesgo de mortalidad del paciente. Recomendando que ante la sospecha de infección *E. coli*, se realice un antibiograma para detectar el tratamiento indicado.

Palabras Clave: Beta-lactamasa; *Escherichia coli*; Resistencia; Penicilina.

Resistance of the bacterium *Escherichia-coli* by beta-lactamases

Abstract

E. coli bacterial infections are frequently present with multiple factors that make their treatment more expensive, in the health field at the national level. The objective of this work is to determine the influence of the beta-lactamase enzyme on *E. coli* resistance against antibiotics, recognizing the antibacterials from the families of penicillins and cephalosporins inefficient in their treatment. Based on a documentary study of scientific articles on the subject under study, it is concluded that the presence of the enzyme beta-lactamase greatly influences the resistance developed by the bacterium *E. coli* towards antibiotics such as penicillins and cephalosporins first, second, third and fourth generation. In addition, it was determined that the antibiotics derived from penicillin, such as ampicillin and antibiotics of the cephalosporin family cefazolin, cephalothin, cefotaxime, cefepime and ceftaxime by hydrolysis of these drugs, do not exert any antibacterial effect of resistant *E. coli*, representing a big problem that may increase the risk of patient mortality. It is recommended that, in case of suspected *E. coli* infection, an antibiogram be performed to detect the indicated treatment.

Keywords: Beta-lactamase; *Escherichia coli*; Resistance; Penicillin

Recibido: 4 de enero de 2016

Aceptado: 5 de agosto de 2017

¹Estudiante de Carrera de Enfermería Universidad Técnica de Machala-Ecuador-bjarmijos_est@utmachala.edu.ec, orcid.org/0000-0002-1008-2754

² Estudiante de Carrera de Enfermería Universidad Técnica de Machala-Ecuador-laherrerass_est@utmachala.edu.ec,

³Máster en Gerencia en Salud para el desarrollo local. Doctorante en Ciencias Ambientales de la Universidad de San Marcos, Perú. Docente Titular a tiempo completo de la Universidad Técnica de Machala-Ecuador-jsantos@utmachala.edu.ec.

⁴Ingeniero Acuicultor. Maestrante en Biología Molecular, Celular y Genética en la Universidad A Coruña, España. Jefe del Departamento de Investigación / Biología Molecular de Empagran S.A. andald_233@hotmail.com

⁵ Máster en Medicina Forense. Doctorante en Ciencia y Tecnología Ambiental en la Universidad A Coruña, España. Docente titular a tiempo completo de la Universidad Técnica de Machala-Ecuador- ec msegura@utmachala.edu.ec.

*Autor para la correspondencia: bjarmijos_est@utmachala.edu.ec

I. INTRODUCCIÓN

Rodríguez (2002) indica que la bacteria *Escherichiacoli* es un bacilo Gram negativo de características anaerobias facultativas que pertenece a la familia Enterobacteriaceae. Detalla que la infección de esta bacteria es potencialmente mortal en los humanos si no se trata a tiempo; al ingresar en el cuerpo humano esta bacteria se aloja en el intestino grueso, mientras que Carloni *et al.* (2011), expone que al proliferar esta bacteria en el intestino grueso se reproduce de manera rápida, colonizándolo en cuestión de horas y es así que Ramírez *et al.* (2005), describe que por esta razón muchas veces produce diarreas a las personas afectadas.

El mecanismo de transmisión, de acuerdo con Vidal (2003), es mediante el contacto de heces infectadas de animales o del ser humano, así como en alimentos infectados, como carnes u otros. La *Escherichiacoli* es productora de una toxina llamada verocitotoxina (C. Pérez, Rodríguez, y Rulli, 2009), que puede causar casos esporádicos o brotes de diarreas con o sin sangre, dado que en varias investigaciones realizadas en América Latina reflejan un incremento del 9% en el año 2003 a un 26% durante el año del 2007 (N. Pérez, Pavas, y Rodríguez, 2011).

La OMS, (2014) reconoció que de los 150 serotipos que poseen los mismos marcadores genéticos de *Escherichia Coli*, existen 5 serotipos potencialmente patógenos en los cuales están (O26:H11, O111: NM, O113:H21 y O145: NM). Los serotipos asociados a enfermedades severas en el humano según indica Rodríguez (2002), pertenecen a la categoría de *E. coli* entero hemorrágico (EHEC). De acuerdo con Pérez *et al.* (2009), serotipos O111 y O26 son catalogados como *E. coli* EP clásica, que producen verotoxinas e ingresan en el grupo de los serotipos verotoxigénicos, los cuales producen enteritis y complicaciones, explicando García *et al.* (2011), que el (O157:H7) causa la patología más frecuente y más grave, puede deberse a que los otros serotipos toxigénicos producen toxina en menor cantidad o carecen de algún cofactor de patogenicidad (Keseler *et al.*, 2009).

Vignoli y Seija (2000), expresan que la bacteria se puede aislar identificando por medio de sus características bioquímicas o serológicas. Rivero *et al.* (2004), indican que se pueden hacer exámenes químicos de la bacteria (antibiograma) por medio de cultivos bacteriológicos. Norton *et al.* (2011), describe que en los últimos años se ha notado un incremento

en la resistencia de la bacteria *Escherichiacoli* los tratamientos con antibióticos como la penicilina, situación que ha provocado una gran preocupación a nivel sanitario y terapéutico. La resistencia de la *Escherichiacoli* a algunos antibióticos representa un riesgo mayor, además ya se ha registrado mortalidad, aunque no a gran escala.

Mediante el respectivo análisis basado en la selección y recopilación de artículos científicos de investigaciones previas, se plantea la hipótesis “Las bacterias que presentan en su estructura la enzima beta-lactamasa poseen un índice de resistencia de antimicrobianos beta-lactámicos que aquellas que no poseen dicha enzima. Planteando como objetivo de este estudio fueron determinar la influencia de la enzima beta-lactamasa en la resistencia de la bacteria *Escherichiacoli* frente a los antibióticos y reconocer los antibacterianos de las familias de las penicilinas y cefalosporinas no efectivos para el tratamiento de la bacteria *Escherichiacoli*.”

II. DESARROLLO

Escherichiacoli.

Es un bacilo Gram negativo anaeróbica que pertenece a la familia bacteriana Enterobacteriaceae, que se aloja en el intestino grueso al infectar al cuerpo humano. Carloni *et al.* (2011) expone que esta bacteria se multiplica de manera rápida en el intestino grueso y Ramírez *et al.* (2005) que a partir de esta infección del intestino se produce como signo principal cuadro de diarrea por lo que Rodríguez Ángeles, (2002) describe que son infecciones generadas por esta bacteria potencialmente mortal si no es tratada a tiempo.

Enfermedades producidas por E. Coli

Las cepas de la *Escherichiacoli* Enteropatógeno (EPEC), por ser las más frecuentes en este medio, son la principal causa de diarreas, deshidratación y muertes de niños en países pobres Vidal Garniel (2003). Las características de estos bacilos es que pueden producir brotes epidémicos mucho más importantes, desde un cuadro clínico de enteritis, hasta graves complicaciones infecciosas, las cuales son el Síndrome Urémico Hemolítico (SHU) y la Púrpura Trombótica Trombocitopénica (PTT) C. Pérez *et al.*, (2009). La clínica de la enteritis causada por esta bacteria es muy variable y va de formas leves a formas graves con sangre (colitis hemorrágica) y, aunque se ha considerado una enfermedad afebril, se ha podido constatar que la fiebre es relativamente

frecuente en los casos de enteritis causadas por la verotoxina O157:H7 (Chamorro Noceda, 2009) (Paula *et al.*, 2017).

El Síndrome Urémico Hemolítico, Chamorro (2009), indica es una entidad clínica y anatomopatológica causada por *E. coli* que es caracterizada por la aparición brusca de anemia hemolítica, compromiso renal agudo y trombocitopenia como precisan Córdova *et al.* (2007), da como consecuencia microangiopatía (enfermedad de los vasos sanguíneos), de localización renal predominante, pero que puede afectar también otros parénquimas como el sistema nervioso central y/o gastrointestinal (Cubana y Inmunol, 2003).

Se estima según la información dada por Córdova *et al.* (2007), que aproximadamente el 10% de las infecciones por *E. coli* productora de verotoxinas, se da en niños menores de 10 años la cual se desarrolla en un Síndrome Urémico Hemolítico (O.M.S, 2014). Entre los 5 días y 2 semanas previos al comienzo del síndrome clásico se produce un cuadro diarreico. Los síntomas más comunes en el niño son: piel pálida, un estado de ánimo irritable, edema, también se suele presentar oliguria o anuria.

La resistencia

Desde la introducción de los antibióticos durante el siglo XIX en el tratamiento de las enfermedades bacterianas ha permitido incrementar la esperanza de vida de la población, pero la resistencia de las bacterias hacia los antibióticos es mucho más común, ya que antes de ser empleados por el ser humano ya existía esta característica de resistencia de las bacterias hacia los antibióticos, pero en menor prevalencia que ahora (Alós, 2015).

La resistencia desarrollada por las bacterias se considera como un problema de salud pública en una consecuente evolución al pasar de los años tanto por parte de las bacterias gram negativas como de las positivas (Rodríguez-noriega *et al.*, 2014). Norton *et al.* (2011), indica que se han desarrollado investigaciones en el vecino país Colombia, en el año 2003, dando como resultado un censo que demostró la presencia de casos de resistencia en especial en el Hospital del Departamento de Villavicencio en Colombia.

Beta-lactamasa

La beta-lactamasa, según la Organización Mundial de la Salud, OMS (2014), es una enzima (EC3.5.2.6) producida por algunas bacterias. Responsable

de la resistencia que éstas exhiben ante la acción de antibióticos beta-lactámicos como las penicilinas, las cefalosporinas, monobactámicos y carbapenémicos (Gaitán C y Espinal M, 2009). Todos estos antibióticos tienen un elemento en común dentro de su estructura molecular denominado anillo betalactámico, un anillo químico de cuatro átomos (Joaquín Gómez *et al.*, 2015). Las β -lactamasas pueden ser cromosómicas o plasmáticas (Fabiola Colquechagua Aliaga, 2015).

Según Gaitán y Espinal (2009), las lactamasas rompen el anillo, desactivando las propiedades antimicrobianas de la molécula (Barcelona *et al.*, 2008). Las beta-lactamasas, de acuerdo a son por lo general producidas por bacterias Gram negativas, en forma secretada (Barcelona *et al.*, 2008), (Lezameta, González-Escalante y Tamariz, 2010). Es el mecanismo de resistencia a los β -lactámicos más importantes, como expresa Lezameta *et al.* (2010), para las enterobacterias y otros bacilos gramnegativos (Kennedy, Iii, y Occidente, 2004). Por lo general, las cepas resistentes a la penicilina se relacionan directamente con el porcentaje de cepas productoras de beta-lactamasa Marco Rivera *et al.*, (2015).

Beta-lactamasas y su importancia en la resistencia bacteriana.

Los antimicrobianos son productos elaborados durante el metabolismo microbiano capaces de inhibir parcial o totalmente la multiplicación y crecimiento de microorganismos, estas sustancias son clasificadas como antibióticos o quimioterápicos, generando gran optimismo en relación con la prevención al tratamiento de los procesos infecciosos, la prescripción no siempre criteriosa o racional de los antimicrobianos, generó la progresiva resistencia bacteriana a esas drogas (Arce, Nuñez, Clavo, y Valverde, 2013).

La resistencia a agentes antimicrobianos no es un fenómeno reciente, la detección de las β -lactamasas, tanto en bacterias Gram-positivas como en Gram-negativas (Amado, Fajardo, Ramírez, y González, 2014). Al inicio de los años 40, antes del uso generalizado de la penicilina en todo el mundo, la producción de enzimas β -lactamasas, ha sido expuesta como un importante mecanismo de resistencia a antibióticos β -lactámicos, ya que

actúa hidrolizando el anillo beta-lactámico por la quiebra de la ligación amida, perdiendo, la capacidad de inhibir la síntesis de la pared celular bacteriana (Kennedy *et al.*, 2004).

Por otro lado como lo indica Kennedy (2004), no se puede olvidar el intercambio de informaciones genéticas entre microorganismos, con transferencia de genes para nuevos huéspedes, y las mutaciones que pueden ocurrir en genes de resistencia, ampliando su espectro de resistencia (Calvo, Cantón, Fernández-Cuenca, Mirelis, y Navarro, 2011). Las mutaciones en genes de resistencia aumentan el espectro de actividad de las β-lactamasas de amplio espectro o espectro extendido, las enzimas beta-lactamasas de espectro extendido (ESBL) son capaces de hidrolizar las cefalosporinas de amplio espectro, como la cefotaxima y ceftazidima, y los monobactámicos, como aztreonam (Fabiola Colquechagua Aliaga, 2015).

Estudios han sugerido que el uso constante de cefalosporinas en los centros de salud contribuye para el apareamiento y diseminación de esos microorganismos resistentes, la bacteria *Escherichiacoli*, indica Calvo *et al.* (2011), presenta una variedad de tipos de betalactamasas siendo que el tipo de beta-lactamasa llamada CTX-M, de clase A, es la que le brinda más resistencia a los antibióticos betalactámicos (Rivas KB, 2002).

Mecanismos de acción

La hidrólisis del anillo beta-lactámico del núcleo estructural de las penicilinas -el ácido 6-aminopenicilámico provoca la formación de ácido penicilóico sin actividad antimicrobiana, consecuentemente la ruptura de este anillo en las diversas penicilinas forma derivados del ácido penicilóico, igualmente inactivos, siendo de forma similar el proceso con las cefalosporinas (Cabrera, Gómez, y Zúñiga, 2007).

Medicamentos antibióticos a los cuales la Escherichiacoli presenta resistencia

Cabrera *et al.* (2007) expone que la resistencia de esta bacteria es influenciada por la ubicación geográfica en la que se encuentre, de acuerdo a un informe de la OMS (2014) basado en un estudio de 114 países se ha determinado que la que la

resistencia de la bacteria *Escherichiacoli* se ha incrementado hasta el año 2014 (Suárez y Gudíol, 2009).

La OMS (2014), indica que en Sudamérica se ha detectado un grado de resistencia y en especial en lo que es Colombia, en América del Norte, en México se ha detectado una resistencia a antibióticos de orden beta-lactámico que pertenecen a la familia de las penicilinas, son inhibidores de ácidos nucleicos y las cefalosporinas que son inhibidores de la síntesis de la pared y medicamentos de tercera generación (Gaitán C y Espinal M, 2009).

Características de los antibióticos resistentes a la Escherichiacoli

Derivados de la penicilina.- Valdés *et al.*, señala que son una familia muy amplia de antibióticos los cuales se derivan directamente del antibiótico general “PENICILINA”, que en su estructura contiene un anillo beta-lactámico y además un anillo de tiazolidina, formando así el ácido 6-aminopenicilánico, siendo este la principal característica de este tipo de antibióticos, que atacan a la membrana de las bacterias; una de ellas está la ampicilina (Miranda & Zulia, 2007). Los antibióticos de esta familia son la penicilina, ampicilina, amoxicilina, amikacina, etc (Nuñez Freile y Irigoyen Salazar, 2013).

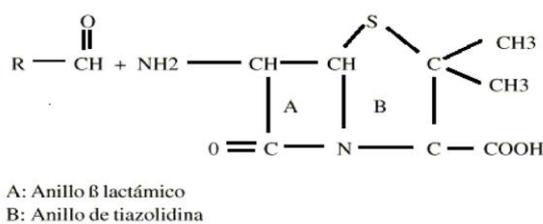
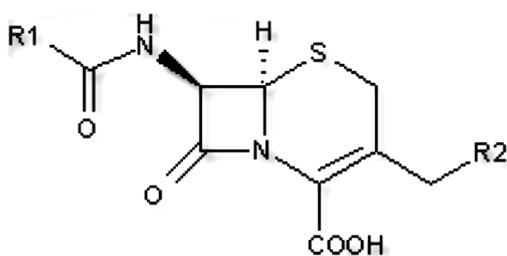


Fig.1. Composición química de las penicilinas (Miranda & Zulia, 2007).

Las cefalosporinas. Los investigadores indican que estos antimicrobianos son similares a las penicilinas en relación a la estructura y modo de acción (Rivas 2002), (Marín & Gudíol, 2003). Poseen un anillo β-lactámico fusionado con un anillo de dihidrotiazina de seis átomos, en lugar del anillo de tiazolina de cinco átomos característico de las penicilinas, lo que forma el ácido 7-aminocefalosporánico (García, 2011).



Acido 7-aminocefalosporánico

Figura 2. Composición química base de las cefalosporinas (Miranda y Zulia, 2007).

Las cefalosporinas son activas frente a muchos microorganismos susceptibles a penicilinas, se han clasificado en generaciones, según su espectro de actividad, frente a bacterias Gram negativas como las cefalosporinas de primera generación que presentan una modesta actividad contra microorganismos Gram negativos siendo así su punto débil, entre los medicamentos de primera generación están: Cefalotina, Cefazolina, Cefalexima, Cefadroxil, Cefradina; segunda generación: Cefaclor, Cefamandol, Cefoxitina; tercera generación: Cefotaxime, Cefotaxima, Cefixima (Laura, 2012).

Mecanismo de acción de ambas familias de antibióticos beta-lactámicos Marín y Gudiol (2003) describen que la forma en la que actúan estos antibióticos está afectando su actividad bacteriana permitiendo inhibir el crecimiento bacteriano, por lo que la bacteria *Escherichia coli* tiene una actividad bacteriana más rápida.

Metodología.

Se trató de un estudio de recopilación documental. Se consultó en las bases de datos de revistas indexadas en Scielo y Scopus. De cada base de datos consultada se analizó las investigaciones previas relacionadas con el estudio de la estructura de la bacteria *Escherichia coli*, patologías generadas por la infección de la bacteria *Escherichia coli* y sus complicaciones durante el tratamiento referentes con las beta-lactamasas para determinar la influencia de esta enzima en la resistencia de la bacteria *Escherichia coli* (E.C) hacia los antibióticos.

RESULTADOS

Estudio I. Resistencia antimicrobiana en las cepas de *Escherichia coli* de los pacientes con sepsis urinaria desde enero 2001 a diciembre 2004.

Las muestras fueron obtenidas de pacientes pediátricos de consulta externa de los centros asistenciales de Cuba, los porcentajes de resistencia que se registraron en el estudio con respecto a los antibióticos de la familia de las cefalosporinas son: Cefazolina con un 28,1% y ceftriaxone con un 26,5% (Varela, 2006), los cuales están reflejados en la tabla 1.

Tabla 1. Resistencia de la bacteria *Escherichia coli* durante el periodo de enero del 2001 y diciembre del 2004.

ANTIBIOTICOS	PORCENTAJE DE RESISTENCIA
Penicilinas	%
Ampicilina	71,1%
Cefalosporinas	
Cefazolina	28,1%
Ceftriaxone	26,5%
Otros antibióticos	%
Ciprofloxacina	15,1%
Amicacina	22,4%

Fuente: Álvarez Estrella, Espino María, Contreras (2006). Determinación de la susceptibilidad de *Escherichia coli* en aislamientos del tracto urinario por el sistema DIRAMIC. pág. 12.

En la tabla 1 se expone como resultado final que en la familia de las cefalosporinas la cefazolina y la ceftriaxone son los antibióticos con menos efectividad en el tratamiento de las infecciones de *Escherichia coli* que contiene la enzima beta-lactamasa.

Estudio II. Resistencia hacia los antibióticos en la bacteria *Escherichia coli* con enzima beta-lactamasa de espectro extendido en el hospital de "Orinoquia, Colombia".

En este estudio se realizó una toma de muestra del paciente del Hospital Departamental de Villavicencio para su respectivo cultivo, además de recolectar los datos de cultivos positivos de *Escherichia coli* con presencia de la enzima beta-lactamasa obtenidos por el Laboratorio de Microbiología entre los años 2005 y 2009. Durante la investigación se determinó que la bacteria presentaba resistencia de entre un 9,5% a 8,7% hacia los antibióticos ceftazidima y cefotaxime.

Los datos analizados del corte del 2009 obtenidos por el laboratorio microbiológico identificó una tasa alta de resistencia hacia los antibióticos como la ampicilina con un 68,7%, la cefalotina en un 37,7%, la Cefazolina en un 21,8% (N. Pérez *et al.*, 2011)

Tabla 2. Resultados de estudios de resistencia hacia antibióticos en la bacteria *Escherichiacolien* el Hospital de “Orinoquia, Colombia”

ANTIBIÓTICOS	PORCENTAJE DE RESISTENCIA
Penicilinas	
Ampicilina	68,7%
Amikacina	3,0%
Cefalosporinas	
Cetazidima y cefotaxime	8,7% a 9,5%
Cefalotina	37,7%
Cefazolina	21,8%
Cefoptaxime	1,2%
Cefepime	6,3%
Otros antibióticos	
Meropenem	0,3%
Gentamicina	1,2%

Fuente: Pérez N, Pavas N, Rodríguez E. (2011) Resistencia a los antibióticos en con beta-lactamasas de espectro extendido en un hospital de la Orinoquia colombiana Pág. 151.

La tabla 2 se expone que el antibiótico denominado ampicilina perteneciente a la familia de la penicilina es la que menos acción antibacteriana ejerce frente esta bacteria, mientras que en la familia de las cefalosporinas se encuentran a la cetazidina, cefotaxime, cefalotina y cefazolina como los antibióticos a los que la bacteria *escherichiacoli* presenta resistencia.

Estudio III. Bacterias aisladas y su resistencia antimicrobiana en la unidad de cuidados intensivos pediátricos del Hospital “José Luis Miranda”.

Esta investigación se dio durante los años 2010 y 2013, en la que se realizó un análisis de las muestras obtenidas de la bacteria *Escherichiacolicon* un resultado total de las muestras resistentes de un 38.1%. Entre los antibióticos que no fueron efectivos de la familia de las cefalosporinas son: Cefazolina con una resistencia de 83.3% por parte de la bacteria, en el caso de la cefotaxima se dio un 76,19% de resistencia, en el caso de la familia de las penicilinas se describió una resistencia de la bacteria de un 14,29% hacia el antibiótico denominado amikacina (Bermúdez *et al.*, 2016).

En la tabla 3 se denota un incremento muy notorio en lo que es la resistencia de la bacteria *escherichiacoli* con la enzima beta-lactamasa

hacia la familia de las cefalosporinas desde la primera generación como la cefazolina hasta los antibióticos de tercera generación como la cefotaxima y cefepime.

Tabla 3. Resultados de estudio de bacterias y su resistencia antimicrobiana en la unidad de cuidados intensivos pediátricos del Hospital “José Luis Miranda”.

ANTIBIOTICOS	PORCENTAJE DE RSISTENCIA
Penicilinas	
Amikacina	14,29%
Cefalosporinas	
Cefazolina	83,3%
Cefotaxima	76,19%
Cefepime	69,05%
Otros antibióticos	
Meropenem	2.38%
Ciprofloxacina	69,05%

Fuente: Bermúdez *et al.*, (2016) Bacterias aisladas y sus resistencias antimicrobianas en una unidad de cuidados intensivos pediátricos. Pág. 4.

III. DISCUSIÓN

En el estudio de Álvarez *et al.*, (2006) se determinó que la resistencia de la bacteria *escherichiacoli* hacia el antibiótico denominado ampicilina es de un 71,1%, entre los años 2001 y 2004, mientras que, en la investigación de Pérez N *et al.*, (2011) el resultado arrojó un 68,7% de resistencia en la cohorte entre el 2005 y 2009.

La resistencia de la bacteria *escherichiacoli* ante el antibiótico cefazolina es de 28,1% entre los años 2001 y 2004, estos datos son reportados en el estudio realizado por Álvarez *et al.*, (2006), mientras que, en el estudio de Pérez N. *et al.*, (2011) se aprecia una reducción de los casos de resistencia antibiótica a un 21,8% hacia a cefazolina, durante el periodo comprendido entre el 2005 y 2009, siendo que en la revisión de Bermúdez *et al.*, (2016) se registra un incremento de la resistencia a un 83,3% durante los años 2010 y 2013.

Los resultados de resistencia de otros antibióticos como la ceftriaxona se a notado un gran aumento de casos siendo que durante los años 2001 y 2004 se describió un 15,1% de casos resistentes, mientras que en periodo del 2010 al 2013 la bacteria de *escherichiacoli* presentó un 69,05% de resistencia (Bermúdez *et al.*, 2016)

Tabla 4. Tabla comparativa de los resultados obtenidos de las tres investigaciones analizadas.

Tabla General de Resultados	Familia de la Penicilina	Familia de las Cefalosporinas		Otros Antibióticos	
	RESISTENCIA				Aplicados en el estudio
Periodo de estudio Enero 2001 a Diciembre 2004		Ampicilina 71,1%	Cefazolina 28,1%		Ciprofloxacina 15,1%
			Ceftriaxone 26,5%		Amikacina 22,4%
Periodo de estudio 2005 a 2009	Amikacina 3,0%	Ampicilina 68,7%	Cetazidima, Cefotaxime 8,7% a 9,5%	Cefalotina 37,7%	Meropenem 0,3%
			Cefoptaxime 1,2%	Cefazolina 21,8%	Gentamicina 1,2%
			Cefepime 6,3%		
Periodo de estudio 2010 a 2013	Amikacina 14,29%			Cefazolina 83,3%	Meropenem 2,38%
				Cefotaxima 76,19%	
				Cefepime 69,05%	Ciprofloxacina 69,05%

IV. CONCLUSIONES

La enzima beta-lactamasa influye en gran medida en la resistencia de la bacteria Escherichiacoli a los antibióticos como las penicilinas y cefalosporinas de primera, segunda, tercera y cuarta generación, siendo que en los últimos años se ha registrado incremento el número de casos, con este tipo de resistencia.

Por medio del análisis bibliográfico de varios artículos científicos, realizados por Norton et al., (2011), Álvarez et al., (2006) y Bermúdez et al., (2016), se determina que la enzima beta-lactamasa que posee la E. coli hidroliza a los antibióticos beta-lactámicos, que son derivados de la Penicilina a la cual pertenece la ampicilina y también antibióticos de la familia de las cefalosporinas las cuales son: Cefazolina, Cefazolina, Cefalotina, Cefotaxima, Cefoptaxime, Cefepine.

V. RECOMENDACIONES.

Al haber determinado que la E. coli posee resistencia al tratamiento antibiótico de los derivados de la penicilina y cefalosporinas, se recomienda: En

primer lugar, la prevención del contagio evitando mantener contacto con heces fecales, así como el lavado y cocido necesario en los alimentos, tanto vegetales como carnes animales. Además, si el doctor sospecha o confirma que el paciente posee infección por la E. coli, debe solicitar que se realice un antibiograma para determinar si presenta resistencia a los antibióticos antes mencionados, para así dar un tratamiento apropiado, en el cual se dispone de los antibióticos de tercera generación de las cefalosporinas.

IV. REFERENCIAS

- Alós, J. I. (2015). Resistencia bacteriana a los antibióticos: una crisis global. *Enfermedades Infecciosas Y Microbiología Clínica*, 33(10), 692–699. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2014.10.004>
- Amado, N., Fajardo, H., Ramírez, R., & González, G. (2014). Prevalencia de betalactamasas de espectro extendido en bacilos gramnegativos de una institución de salud de Tunja (Colombia)

- en el año 2013. *Salud Social UPTC*, 1(2), 54–60. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/274391108_Prevalencia_de_betalactamasas_de_espectro_extendido_en_bacilos_gramnegativos_de_una_institucion_de_salud_de_Tunja_Colombia_en_el_ano_2013
- Arce, Z., Nuñez, J. L., Clavo, R. F., & Valverde, D. F. (2013). Detección del gen CTX-M en cepas de *Escherichia coli* productoras de B-lactamasas de espectro extendido procedentes del Hospital Regional de Lambayeque; Chiclayo-Perú: Noviembre 2012-Julio 2013. *Revista Del Cuerpo Médico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo*, 6(4), 12–15. Retrieved from http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/cuerpomedicohnaa/v6n4_2013/pdf/a03v6n4.pdf
- Barcelona, L., Marin, M., Stamboulian, D., Centro, F., Infectológicos, D. E., & Aires, B. (2008). Mecanismo de acción y espectro de los inhibidores de betalactamasas. *Terapeutica Clinica*, 65–74.
- Bermúdez, D. R., Isabel, Midalys, D., Flores, L., Calixta, D., Hernández, R., ... Marrero, C. (2016). Bacterias aisladas y sus resistencias antimicrobianas en una unidad de cuidados intensivos pediátricos. *Acta Médica Del Centro*, 10(1), 1–8. Retrieved from <http://www.medigraphic.com/pdfs/medicadelcentro/mec-2016/mec161a.pdf>
- Cabrera, C. E., Gómez, R. F., & Zúñiga, A. E. (2007). La resistencia de bacterias a antibióticos, antisépticos y desinfectantes una manifestación de los mecanismos de supervivencia y adaptación. *Colombia Medica*, 38, 149–158.
- Calvo, J., Cantón, R., Fernández-Cuenca, F., Mirelis, B., & Navarro, F. (2011). *Detección fenotípica de mecanismos de resistencia en gramnegativos*. *Siemc*. Retrieved from http://coesant-seimc.org/documents/DeteccionFenotipos_R-BGN.pdf
- Chamorro Noceda, L. A. (2009). Síndrome Urémico-Hemolítico por, 36, 131–137.
- Córdoba, C. B., Blanco, A. R., Sebastián, J., & Henain, M. (2007). SINDROME UREMICO HEMOLITICO : Revisión, (5), 25–31.
- Cubana, R., & Inmunol, H. (2003). Instituto de Hematología e Inmunología Síndrome hemolítico urémico, 19.
- Fabiola Colquechagua Aliaga, *et al.* (2015). Artículo Original DE ESPECTRO EXTENDIDO EN MUESTRAS FECALES EN EL ENTEROBACTERIACEAE IN FECAL SAMPLES AT THE NATIONAL, 32(1), 26–32. Retrieved from http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-46342015000100005&script=sci_abstract
- Gaitán C, S. L., & Espinal M, P. a. (2009). Caracterización molecular de *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae* productores de β-lactamasas de espectro extendido en hospitales de la Región Caribe, Colombia. *Revista Chilena de Infectología*, 26(29), 239–246. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182009000400006>
- García, M. M. (2011). Ceftarolina Y Ceftobiprol, Nuevas Cefalosporinas. *Revista Cubana de Farmacia*, 45(3), 318–320. Retrieved from <http://scielo.sld.cu/pdf/far/v45n3/far01311.pdf>
- Kennedy, O. De, Iii, N., & Occidente, H. (2004). Prevalencia de betalactamasas de espectro extendido en *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* y *Klebsiella oxytoca* del Hospital, 2(2), 124–138.
- Keseler, I. M., Bonavides-Martínez, C., Collado-Vides, J., Gama-Castro, S., Gunsalus, R. P., Johnson, D. A., ... Karp, P. D. (2009). EcoCyc: A comprehensive view of *Escherichia coli* biology. *Nucleic Acids Research*, 37(SUPPL. 1).
- Laura, G. Q. N. (2012). CEFALOSPORINAS. *Revista de Actualización Clínica*, 24, 1281–1284. Retrieved from http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/raci/v26/v26_a08.pdf
- Lezameta, L., Gonzáles-Escalante, E., & Tamariz, J. H. (2010). Comparación de cuatro métodos fenotípicos para la detección de beta-lactamasas de espectro extendido. *Revista Peruana de Medicina Experimental Y Salud Publica*, 27(3), 345–351. <https://doi.org/10.1590/S1726-46342010000300006>
- Marín, M., & Gudíol, F. (2003). FORMACIÓN MÉDICA CONTINUADA Antibióticos betalactámicos. [https://doi.org/10.1016/S0213-005X\(03\)72873-0](https://doi.org/10.1016/S0213-005X(03)72873-0)

- Miranda, M., & Zulia, E. (2007). Rev. Cient. (Maracaibo) v. 17 n. 3 Maracaibo mayo 2007. Aislamiento de Escherichia coli O157: H7 en Muestras de Heces de Ganado Bovino Doble Propósito.
- Núñez Freile, B., & Irigoyen Salazar, F. (2013). Uso racional de antibióticos. (C. P. M. Vargas, Ed.) (Segunda Ed). Lima, Perú. Retrieved from <http://repositorio.cmp.org.pe/bitstream/CMP/24/3/UsoracionalAntibioticos.pdf>
- Organización Mundial de la Salud, (O.M.S.). (2014). O.M.S. *Primer informe mundial de la OMS sobre la resistencia a los antibioticos pone en manifiesto una grave amenaza para la salud pública en todo el mundo.O.M.S.*
- Paula, C. S., Rocha, L. D., Collares, G. B., Franco, R. T., Silva, C. P., Farias, L. M., ... Gerais, M. (2017). Antimicrobial susceptibility profile of enterotoxigenic and enteropathogenic Escherichia coli isolates obtained from fecal specimens of children with acute diarrhea. *BRIEFING COMMUNICATION*, (April), 115–118. Retrieved from <http://www.scielo.br/pdf/jbpm/v53n2/1676-2444-jbpm-53-02-0115.pdf>
- Pérez, C., Rodríguez, D., & Rulli, F. (2009). Innovación docente. Infecciones infantiles provocadas por Escherichia coli: síndrome urémico hemolítico y otras. Serie pedagógica De la Universidad a la Escuela. *Revista Iberoamericana de ...*, 50, 9. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3033459>
- Pérez, N., Pavas, N., & Rodríguez, E. I. (2011). Resistencia a los antibióticos en Escherichia coli con beta-lactamasas de espectro extendido en un hospital de la Orinoquia colombiana. *Infectio*, 15(3), 147–154. [https://doi.org/10.1016/S0123-9392\(11\)70078-9](https://doi.org/10.1016/S0123-9392(11)70078-9)
- Ramírez Santos, J., Contreras Ferrat, G., & Gómez Eichelmann, M. C. (2005). La fase estacionaria en la bacteria Escherichia coli. *Revista Latinoamericana de Microbiología*.
- Rivas KB, M. R. (2002). Cefalosporinas. De La Primera a La Cuarta Generación. *Revista de La Facultad de Medicina*. Retrieved from http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=s0798-04692002000200003&script=sci_arttext
- Rodríguez-Angeles, M. G. (2002). Principales características y diagnóstico de los grupos patógenos de Escherichia coli. *Salud Publica de Mexico*. <https://doi.org/10.1590/S0036-36342002000500011>
- Rodríguez-noriega, E., León-garnica, G., Petersen-morfín, S., Pérez-Gómez, H. R., González-Díaz, E., & Morfín-Otero, R. (2014). La evolución de la resistencia bacteriana en México, 1973-2013. *Biomédica*, 34(1), 181–190. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/843/84330489021.pdf>
- Suárez, C., & Gudiol, F. (2009). Antibióticos betalactámicos. *Enfermedades Infecciosas Y Microbiología Clínica*, 27(2), 116–129. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2008.12.001>
- Varela, E. Á. (2006). Determinación de la susceptibilidad de Escherichia coli en aislamientos del tracto urinario por el sistema DIRAMIC. Antimicrobial susceptibility of Escherichia coli urinary tract isolates by the DIRAMIC system, 8(4), 10–15. Retrieved from <http://www.revistaapi.com/wp-content/uploads/2014/02/mat-015.pdf>

Agradecimientos:

Gratitudes por el aporte de la Universidad Técnica de Machala a través de la implementación del Sistema de Reingeniería de la Investigación, impulsado por su Vicerrectorado Académico, en colaboración y asesoría con la Dra. Lenys Fernández de la Universidad Simón Bolívar Caracas-Venezuela.

Mejoramiento de la textura de un producto reconstituido de trozos de camarón empleando la enzima Transglutaminasa

Denisse Álvarez- Anchundia^{1*}; María Fernanda Carrillo²; Nibia, Novillo-Luzuriaga³; Rigoberto Peñafiel-León⁴

Resumen

La Costa Ecuatoriana alberga diferentes especies de camarones de alta calidad y gran interés comercial, entre ellos destaca el *Litopenaeus vannamei* debido a su mayor adaptación en la acuicultura. En la amplia gama de mariscos, el camarón cumple el más alto potencial de materia prima cuando se lo transforma en productos que contengan mayor valor agregado debido a sus características organolépticas y excelente calidad, además parte del camarón cosechado o extraído del mar no se exporta, puesto que existe un subproducto que incumple las exigencias de los importadores debido a que se encuentra troceado y se conoce como venta local o camarón quebrado. La enzima transglutaminasa con sus propiedades de ligar proteínas, es un ingrediente clave para reconstituir estos pedazos de bajo valor comercial. El objetivo de este estudio fue desarrollar un producto alimenticio reconstituido a base de pedazos de camarón con una mejor adherencia y compactación en la proteína de la carne del crustáceo. Se evaluó mediante análisis sensorial la aceptabilidad de esta enzima en el producto elaborado, obteniendo mayor preferencia los productos con transglutaminasa por su textura y sabor, cabe destacar que las características organolépticas y el contenido nutricional del camarón no fueron alterados de acuerdo a los análisis realizados.

Palabras Clave: Camarón; enzima; transglutaminasa; valor agregado; organoléptico.

Improvement of the texture of a reconstituted product based on shrimp pieces using the enzyme transglutaminase

Abstract

The Ecuadorian Coast hosts different species of shrimp of high quality and commercial interest, among them *Litopenaeus vannamei* stands out due to its greater adaptation in aquaculture. Shrimp fulfills the highest potential of raw material, when it is transformed into products that contain greater added value due to its organoleptic characteristics and excellent quality, in the wide range of seafood. In addition, part of the shrimp harvested or extracted from the sea is not exported, since there is a sub-product that does not meet the requirements of importers because it is cut up and is known as local sale or broken shrimp. The enzyme transglutaminase with its properties of binding protein is a key ingredient to reconstitute these pieces of low commercial value. The objective of this study was to develop a reconstituted food product based on pieces of shrimp with better adhesion and compaction in the crustacean meat protein. The acceptability of this enzyme in the processed product was evaluated by sensorial analysis, obtaining more preference the products with transglutaminase for their texture and flavor, it should be noted that the organoleptic characteristics and the nutritional content of the shrimp were not altered according to the analyzes carried out.

Keywords: Shrimp; enzyme; transglutaminase; added value; organoleptic.

Recibido: 18 de julio de 2016

Aceptado: 29 de mayo de 2017

¹ Bióloga. Jefe de producción y Logística HERBU S.A; denisse3a@hotmail.com

² Doctora en Química y Farmacia. Docente Facultad de Ciencias Químicas Universidad de Guayaquil; maria.carrillor@ug.edu.ec

³ Máster en Nutrición, Directora Carrera de Licenciatura en Nutrición, Universidad Estatal de Milagro-Ecuador. nnovillo@unemi.edu.ec

⁴ Ingeniero en Alimentos. Director Maestría en Procesamiento y Conservación de Alimentos, Facultad de Ingeniería Química Universidad de Guayaquil-Ecuador; rigoberto.penafiel@ug.edu.ec

*Autor para la correspondencia: denisse3a@hotmail.com

I. INTRODUCCIÓN

Los procesadores de alimentos constantemente tratan de crear productos exitosos al menor costo posible, para lo cual utilizan ingredientes innovadores como la enzima transglutaminasa cuyo uso está aprobado por la Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, USDA (2015) en niveles de hasta 65 ppm en carnes, pollos y frutos de mar. Su aplicación se basa en entrecruzar dos proteínas diferentes, formando enlaces covalentes entre los aminoácidos Glutamina y Lisina. Es decir, regenera las uniones de pedazos de carne para formar un solo trozo carneo, crea conexiones entre las partículas de proteínas, las cuales causan su aglutinación. (Barreiro y Seselovsky, 2003).

Un término muy utilizado en la industria del camarón, es el "valor agregado del camarón" y se menciona a cualquier tipo de modificación que se pueda realizar al crustáceo luego de la eliminación de la cabeza (o "descabezado"). El valor agregado incluye entre otras presentaciones, pelado con o sin vena, crudo o cocinado y diversos cortes como estilo mariposa, tail on o tail off, redondo (pelado y desvenado con cola) y corte western (un corte mariposa profundo que aplanan el camarón), las cuales están diseñadas con el fin de ahorrar tiempo y trabajo en restaurantes, hoteles, comercios al menudeo, o en la cocina del consumidor. Mucho de este proceso de "valor agregado" se realiza en países en los que la mano de obra es más económica y en los que la acuicultura se ha convertido en una industria en proceso de auge.

Uno de los principales subproductos de las exportaciones de camarón, son las ventas locales, las mismas que no cumplen con las exigencias para los productos de exportación, no por su calidad organoléptica, sino porque en la mayoría de los casos no cumplen con la calidad física del importador, por tratarse en su mayoría de producto troceado o mudado.

En la actualidad, el consumidor es más exigente pide cada vez más productos de conveniencia que tengan uniformidad en cuanto a peso y forma, a más de su valor nutritivo, así mismo, la industria alimentaria está constantemente innovando, creando productos exitosos al menor costo posible. Ejemplo de ello es aprovechar pedazos o trozos de carne para crear los llamados 'productos reconstituidos', que aprovecha piezas de carne más pequeñas a través del moldeado para constituir una sola pieza, que posteriormente se convierte en productos que se adaptan perfectamente a los deseos del consumidor.

Generalmente en la producción de carne reconstituida generalmente se utilizan sustancias auxiliares como, enzimas naturales y proteínas naturales, para asegurar su consistencia, ternura, jugosidad, buen sabor y color, una estructura firme, y uniformidad en peso y forma. (Barreiro, Seselovsky, 2003)

La enzima transglutaminasa es utilizada en aplicaciones de panadería, pues tiene la finalidad de crear una red proteica que suple la ausencia del gluten y ayuda a que el pan pueda elevarse durante el leudado (Vergara, 2011). También sirve de mucha utilidad en aplicaciones de cárnicos, lácteos y pescados por lo que tiene mucha eficiencia para ligar las proteínas (Aguilar-Zárate, et al., 2012). En productos cárnicos se ha utilizado en combinación con alginato sódico (0.5 – 1%) con un tiempo de amasamiento entre 15 a 30 minutos para compactarlos. (Echavarría, Restrepo, & Sepúlveda, 2013).

El uso de la Transglutaminasa en preparados cárnicos y productos pesqueros ayuda a mejorar la firmeza, elasticidad, viscosidad, termoestabilidad y capacidad de retención de líquidos. Además permite transformar recortes de Carne o Pescado sin valor comercial en porciones estandarizadas con un alto valor añadido. (Barreiro, 2003)

La transglutaminasa con la adición de caseinato de sodio induce a una buena reacción de entrecruzamiento entre los trozos de carne cruda, su aplicación comercial origina un único corte de carne. Este valor agregado al producto hace que la carne cruda o cocida pueda ser cortada en rodajas o fetas. (Márquez et al., 2006).

Existen dos tipos de transglutaminasa, las calcio dependientes, las cuales se extraían de tejidos u órganos como el hígado y plasma de mamíferos, en pescados y plantas (transglutaminasa tisular) pero en escasa cantidad y de una calidad media y su aplicación en alimentos era difícil; y las que no requieren calcio para su actividad, ni tampoco de cofactor o coenzima, y se obtiene gracias a un método de fermentación, en el que se emplea almidón y otras materias primas. Ajinomoto, uno de los proveedores de la enzima, cultiva la producción de transglutaminasa a partir del microorganismo *Streptomyces mobaraensis*, y luego purifica el producto desde el medio de cultivo. (Vergara, 2011)

La transglutaminasa se muestra activa en un rango de pH de 5 a 8, y a temperaturas que oscilan entre los 0° y 70°C. Se puede utilizar en todo tipo de carnes y pescados pero el resultado es óptimo en carnes rojas y libres de

grasa. Una vez que se ha formado la carne reconstituida no se dispersa ni siquiera con la congelación o cocimiento. (Márquez, 2006). Los productos reestructurados tienen una alta demanda debido a su conveniencia económica y fácil utilización.

Actualmente no existe legislación armonizada en el ámbito comunitario sobre el uso de enzimas utilizadas como aditivos alimentarios. En España, el uso de enzimas se regula mediante la inclusión en las listas positivas de reglamentaciones técnico sanitarias y normas de calidad específicas. En Francia, la transglutaminasa de *Streptomyces mobaraensis*, está autorizada desde 1999, pero únicamente para productos que se vendan cocidos, con un tratamiento térmico, bajo la responsabilidad del fabricante, que inactive la enzima, y con la condición de que el consumidor sea informado del tratamiento aplicado en la carne, también se la autoriza como coadyuvante tecnológico para utilizarla en productos de la carne elaborados a partir de piezas de carne y también en productos de la pesca. Esta autorización está limitada a productos precocinados, de manera que el tratamiento térmico aplicado garantice la inactivación de la enzima. (Agencia de Salud Pública de Catalunya, 2015)

En Alemania, la transglutaminasa se considera un coadyuvante tecnológico y no un aditivo alimentario. En los productos cárnicos tratados para el calor, como el jamón cocido, la transglutaminasa no existe en el producto final, porque se destruye en el proceso de tratamiento térmico, y de esta manera no tiene ya ningún efecto tecnológico. Utilizando transglutaminasa en el procesamiento de carne cruda o productos crudos de carne, la enzima tampoco tiene un efecto tecnológico en el producto final. A diferencia de los aditivos alimentarios, los coadyuvantes tecnológicos no necesitan autorización. El único requisito es que los coadyuvantes tecnológicos no presenten un riesgo para la salud humana. (Agencia de salud Pública de Catalunya, 2015)

El Codex Alimentarius, recoge la transglutaminasa de *Streptomyces mobaraensis* en el Inventario de sustancias utilizadas como coadyuvantes de elaboración. En la entrada de la transglutaminasa del Inventario, se recoge que no ha sido evaluada por el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) y no se fijan especificaciones. (Agencia de Salud Pública de Catalunya, 2015; Codex Alimentarius, 1981)

Food and Drug Administration, FDA (Estados Unidos de América) califica a la transglutaminasa de *Streptomyces mobaraensis* como segura (GRAS) en diversas ocasiones desde 1997 y para diversos usos, por ejemplo, para la carne procesada, productos de la pesca, quesos, crema de quesos, postres helados, etc., con determinadas condiciones de uso. (Agencia de Salud Pública de Catalunya, 2015)

El objetivo de este estudio ha sido desarrollar un producto reconstituido a base de trozos de camarón de poco valor comercial con una mejor adherencia y compactación en la proteína de la carne del crustáceo, sin alterar sus características organolépticas, utilizando la enzima transglutaminasa .

II. DESARROLLO

1. Materiales y métodos

En este trabajo de investigación, se desarrollaron 3 formulaciones cuya materia prima en común fue el camarón en trozos o pedazos, a las cuales se les adicióno especias para mejorar y resaltar el sabor característico del crustáceo. A la primera prueba se le adicionó la enzima transglutaminasa para ligar sus proteínas y reconstituir un producto de características organolépticas y apariencia .

En la etapa inicial se realiza el análisis organoléptico del camarón de la especie *Litopenaus vannamei* y se pesa en una balanza gramera analítica (Camry precisión 1000/001g), adicionalmente se pesan los demás ingredientes como son la enzima transglutaminasa GRANOZYME LP. (Granotec); GRANOMIX TBG (Granotec); GRANOMIX AF L. (Granotec) además de las especias y condimentos como: ajo, cebolla, pimienta, curry, cilantro, romero, almidón, conservantes como el E300 (Ácido Ascórbico) como antioxidante y el E331 (Citrato sódico) como corrector de acidez. Finalmente se pesa la apanadura.

Luego de tener los ingredientes listos y pesados por un lado, se empieza con el troceado de camarón pues se desea que los trozos sean pequeños para que haya mayor adherencia, después de este procedimiento en el primer amasado se añade el GRANOMIX AF L. y se amasa anualmente durante un tiempo aproximado de 3 a 4 minutos. Posteriormente el paso siguiente es el segundo amasado dentro del cual se procedió a dividir en tres muestras, a la primera se añadió GRANOZYME LP en dosis al 1% y se amasó durante 3 a 4

minutos más (Tabla 1), a la segunda muestra se añadió 90 gramos de huevo batido y también se amasa por el mismo tiempo que la primera muestra (Tabla 2), finalmente a la tercera muestra se mantiene como control (Tabla 3), es decir no se añade ningún material que ayude a compactar y sólo se amasa por segunda ocasión durante 3 a 4 minutos.

Las masas se separan se cubren con fundas plásticas, presionando adecuadamente para eliminar las burbujas de aire entre los trozos del camarón y se sellan herméticamente con selladora eléctrica (Selladora eléctrica Marca SIMBO 110V) y se deja reposar durante 24 horas a temperatura de refrigeración de 2 a 4 °C con la finalidad de polimerizar los diferentes trozos de proteína y obtener un aglomerado homogéneo y resistente a futuros procesos de manipulación, congelación, apanado y fritura.

Una vez que el producto está reconstituido y previo a su congelación, se procede a realizar cortes con diversas formas que se desean obtener ya sea en nuggets o hamburguesas. Para desarrollar los cortes específicos se usa una cortadora eléctrica (Marca Cutter Bone 2000) una vez que el producto está congelado. Finalmente las porciones son congeladas a temperaturas de -18 °C y se pasan a través de la mezcla de GRANOMIX TBG, cuya solución es preparada con un 55% de agua y 45% de granomix TBG. Posteriormente se sumerge el producto en esta mezcla, se espolvorea con apanadura y se vuelve a congelar.

Finalmente, se empacaron en fundas de polietileno de 70 micras como empaque primario para mantener las características organolépticas y luego fueron colocadas dentro de una caja parafinada resistente a la humedad cumpliendo con los requerimientos de etiquetados necesarios para informar al consumidor.

Las tres formulaciones fueron pasadas por un batido para adherencia de la apanadura (tabla 4)

Tabla 1. MUESTRA DE CAMARÓN, CON ADICIÓN DE ENZIMA TRANSGLUTAMINASA

INGREDIENTES	PORCENTAJE (g/100gr)
CAMARÓN TROCEADO	95,6
GRANOMIX AF L	3,4
GRANOZYME LP	1
HUEVOS	0
TOTAL	100

Tabla 2. COBERTURA PARA TODAS LAS PRUEBAS

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE (gr/100)
MASA	87
BATIDO	8
APANADURA	5
TOTAL	100

ANÁLISIS SENSORIAL

Se realizó una encuesta a un grupo de 30 personas (18 mujeres – 12 hombres), para conocer el grado de satisfacción de los productos desarrolladas entre las muestras aplicadas con enzima y la muestra que no contenía enzima, utilizando una escala hedónica donde la puntuación empieza con puntuación de 1 a la descripción me disgusta muchísimo hasta el valor de 9 me gusta muchísimo (Anzaldúa – Morales, 1982). Adicionalmente se realizó un estudio de preferencia entre la muestra que contiene enzima y la que no contiene. Las pruebas fueron desarrolladas con los empleados de la empresa HERBU S.A.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

En la recepción, se realizó análisis organoléptico del camarón, el mismo que comercialmente es denominado camarón quebrado, juvenil o ventas locales. Se pesaron los ingredientes para cada una de las pruebas realizadas. (Tabla 5)

Tabla 3. PESOS DE LOS INGREDIENTES PARA CADA FORMULACION DESARROLLADA

INGREDIENTES	PRIMERA FORMULACION	SEGUNDA FORMULACION	TERCERA FORMULACION
CAMARÓN	3 Kilos (6.6 lbs)	3 kilos (6,6 lbs)	3 kilos (6,6 lbs)
GRANOMIX AF L	102 gr	102 gr	102 gr
GRANOZYME LP	30 gr	0	0
HUEVOS	0	90 gr	0

Los porcentajes de los ingredientes utilizados, son Granomix AF L al 3.4 % del peso del camarón para todas las pruebas, Granozyme LP 1% para la primera formulación y Huevos 3% para la segunda.

Se troceó o picó el camarón, ya que es recomendable que los pedazos de la carne sean pequeños para lograr una mejor adherencia. Se los mezcló con el granomix AFL, el mismo que contiene especias y preservantes como al ácido ascórbico y se amasa manualmente por 3 a 4 minutos.

A la primera formulación se le agregó el 1% de la enzima y se amasó manualmente por 3-4 minutos más. A la segunda, se le agregó 90 gramos de huevo batido y se amasa manualmente por 3-4 minutos. Y a la tercera no se le agregó nada, y se amasó manualmente por 3 a 4 minutos.

Se colocaron las masas, separadas por formulación, en fundas plásticas presionando adecuadamente para eliminar burbujas de aire entre los pedazos del camarón y se sellaron herméticamente para evitar que entre aire a la masa. Se lo dejó reposar durante 24 horas a una temperatura de refrigeración (2-4°C) con el fin de polimerizar los diferentes pedazos de carne y obtener un aglomerado homogéneo y resistente a futuros procesos de manipulación, congelación, apanado y fritura. Se realizaron los respectivos cortes de acuerdo a la presentación del producto y posteriormente son pasadas por la mezcla de Granomix TBG y apanadura y se llevaron a congelación a -18°C.

2. Resultados

Se seleccionó a un grupo de panelistas para analizar la adherencia y compactación de las proteínas en el producto desarrollado.

Formulación 1.

Se adicionó la enzima transglutaminasa y se pudo observar como la masa tanto en crudo como cocido fue más compacta a la hora de su manipulación, su textura fue más homogénea y al momento de la masticación del producto se percibió su jugosidad, con un sabor característico del camarón, sin dejar sabor residual.

Formulación 2.

Se utilizó el huevo como aglutinante natural, las

muestras no tuvieron una forma compacta, pero no se desmenuzaron al ser manipuladas por poseer el aglutinante del huevo, que ayudó a mantener el conglomerado del camarón, la masa no estaba totalmente compacta y fue un poco difícil su manipulación al momento del sumergirla al batido y posterior apanado. Al momento de su fritura, los pedazos de carne se dispersaron, pero no en su totalidad. Su textura fue parecida a la muestra de la primera formulación y aún se sintió jugosa su carne, y se mantuvo su sabor característico pero con un ligero sabor a huevo.

Formulación 3.

Se desarrolló sin la adición de un aglutinante químico o natural, la falta de una sustancia pegante en la masa de camarón, hizo que los pedazos no se compacten como lo hicieron en las formulaciones anteriores, lo que provocó una difícil manipulación del producto al momento del apanado y posterior cocción, al momento de la fritura, los pedazos de carne se separaron de la masa original. La textura de esta muestra fue más dura que las otras dos pruebas realizadas, y desapareció la jugosidad de la carne, característica de este marisco cuando no es tratado con ningún tipo de químico.

En la figura 1, se puede apreciar más claramente la diferencia de la textura y compactación de los fragmentos de carne en el producto desarrollado, destacándose la formulación 1, por su apariencia, sabor y textura.



Figura 1. Textura de las muestras desarrolladas

Resultados Análisis Sensorial

Treinta personas participaron en el panel sensorial, de los cuales fueron 60% mujeres y 40% hombres. Se analizó el grado de preferencia de las muestras con enzima y sin enzimas y los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Para la muestra desarrollada con enzima las calificaciones fueron 10% me gusta bastante 80% me gusta mucho y 10% me gusta muchísimo, mientras que para la muestra sin enzima un 20% determinó que le gusta ligeramente la muestra, un 36,6 % gusta moderadamente , un 26,6% gusta

mucho y tan solo un 16,8% de los encuestados mostraron muchísimo gusto por la muestra. Por lo tanto se obtiene los datos obtenidos el análisis de varianza de los resultados sensoriales sobre la aceptación en términos generales que se muestran en la tabla 4 y tabla 5.

Tabla 4. Datos obtenidos de los resultados sensoriales

Calificación	N	Media	Error estandar	95% del intervalo de confianza para la media		Minimo	Maximo
				limite inferior	limite superior		
Muestra con enzima	30	7,33	,175	6,98	7,69	6	9
Muestra con enzima	30	8,00	,083	7,83	8,17	7	9
Total	60	7,67	,105	7,46	7,88	6	9

Tabla 5. Análisis de varianza ANOVA

Calificación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Dentro de grupos	32,667	58	,563		
Total	39,333	59			

A partir de los datos obtenidos, se puede indicar que existe una diferencia significativa mayor del 5% entre las muestras en términos de gustos, así mismo dentro de los resultados de la prueba de preferencia 24 evaluadores prefirieron la muestra que contenía la enzima lo que representa un 80%, al determinar el nivel de significancia para un 5% se requiere un mínimo de 21 muestras elegidas, por lo tanto la muestra que contiene enzima es significativamente preferida.

Determinación del pH del producto desarrollado utilizando transglutaminasa

Se determinó el pH, cuyo resultado ha sido de 7,5 que es ligeramente alcalino, este parámetro es importante y tiene gran influencia en el

almacenamiento, por lo que debe ser controlado, el uso de conservantes como ácido ascórbico es recomendable para evitar el ranciamiento, debido al gran contenido de lípidos o grasas que se encuentran presentes en el camarón.

Resultados microbiológicos

Se analizó el contenido microbiológico de la formulación 1 con el fin de determinar si el producto cumple con las normas de inocuidad requeridas para el consumo humano (Tabla 6).

Resultados nutricionales

En la Tabla 7, se muestra los resultados del análisis nutricional de la formulación 1, con adición de la enzima

Tabla 6. Análisis microbiológico de la formulación 1

PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDAD	RANGO DE ACEPTACIÓN
AEROBIOS TOTALES	AOAC 986,33	4.10 X 10 ⁴	UFC/g	<3x10 UFC/g
C. TOTALES	AOAC 991,14	1.1 X 10 ²	UFC/g	<2x10 UFC/g
E.COLI	AOAC 991,14	<1 X 10	UFC/g	<10 UFC/g
S. AUREUS	AOAC 2003,07	<1 X 10	UFC/g	<3x10 UFC/g
SALMONELLA	AOAC RI 960801	AUSENCIA	AUSENCIA/ PRESENCIA	AUSENCIA

Tabla 7. Resultados nutricionales de la muestra de la prueba 1

PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDAD	RANGO DE ACEPTACIÓN
Nitrógeno proteico	SM 4500-NO3-B 22ND ED.2012	24,5	g./100g. porción	27g./100g. porción
Carbohidrato	ICUMSA	2,6	g./100g. porción	1.24 g./100g. porción
Grasas	SM 5520-D 22ND ED. 2012	1.4	g./100g. porción	2.35 g./100g. porción
Sodio	SM 3500-Na-B 22ND ED.2012	175	mg./100g. porción	613 mg./100g. porción
Potasio	SM 3500-K-B 22ND ED.2012	305	mg./100g. porción	176 mg./100g. porción
Calcio	SM 3500-Ca B 22ND ED.2012	111	g./100g. porción	56 g./100g. porción
Hierro	SM 3500-Fe B 22ND ED.2012	1,9	g./100g. porción	2.7g/100g. porción

III. CONCLUSIONES

Luego de haber realizado las respectivas experimentaciones se pudo determinar la aplicación y uso de la enzima transglutaminasa para poder reconstituir trozos de camarón que inicialmente son parte de un subproducto del procesamiento del camarón *Litopenaeus vannamei* y que finalmente puede transformarse en un producto con valor agregado, que puede comercializarse como materia prima en forma de nuggets y otras formas que son utilizados en diversas aplicaciones culinarias.

Entre las muestras realizadas con el camarón para la reconstitución de los pedazos en un producto terminado, se pudo determinar que si se aplica un aglutinante natural como el huevo, o sin el uso de cualquier compactante, no se pueden obtener resultados óptimos. Mientras que el uso de la enzima transglutaminasa se demuestra que genera gran compactación, sin embargo se tiene que dejar reposar la muestra en condiciones de refrigeración entre los 2 y 40C para que las proteínas se polimericen y se obtenga un producto con grado de compactación ideal.

IV. RECOMENDACIONES

Dado que su tamaño muestral para la aplicación de los tests es tan pequeño se recomienda que se amplíe el estudio a una población mayor para solo así poder estratificar por género, edad, clase social y otros parámetros de interés en el campo de desarrollo de nuevos productos.

Finalmente, este estudio puede ser tomado como base para poder experimentar y tratar de elaborar diferentes tipos de aplicaciones con alimentos de estructuras similares como, pescado, calamar, pulpo y que con el uso de la enzima transglutaminasa puedan elaborarse productos finales con valor agregado a partir de trozos que resultan del procesamiento de la industria de pescados y mariscos.

V. REFERENCIAS

Agencia de Salut Publica de Catalunya (2015). Transglutaminasa: evaluación de la seguridad y del uso en los alimentos. Consultado en Noviembre de 2015. Disponible en <http://salutpublica.gencat.cat/es/seguretatalimentaria/infoacsa/infoacsa-118/>

- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 0456:81 (1981). Langostinos y camarones congelados (crustáceos). Consultado en Noviembre de 2015. Disponible en <http://www.normalizacion.gob.ec/normas-oficializadas/>
- Codex Alimentarius. (1981). Norma para los camarones congelados rápidamente. Consultado en Noviembre de 2015. Disponible en <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/standards/list-of-standards/es/>
- Aeschlimann D. y Paulsson M. (1994). Transglutaminase: Protein cross-linking enzyme in tissues and body fluids. *Thromb. Haemost.* 71: 402–415
- Aguilar-Zárate, P., Aguilar-Zárate, M., Inungaray, M. L. C., & Rivera, O. M. P. (2012). Importancia de la producción de transglutaminasa microbiana para su aplicación en alimentos. *Revista Científica*, 4(8).
- Anzaldúa-Morales, A. (1993). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Editorial. Acribia, S. A. Zaragoza. España.
- Ando H., Adachi M., Umeda K., Matsuura A., Nonaka M., Uchio R., Tanaka H. y Motoki M. (1989). Purification and characteristics of a novel transglutaminase derived from microorganisms. *Agric. Biol. Chem.*, 53: 2613–261
- Arthur., G., (1990). Seafood Preservation & Processing, Food Technology. Williams and Wilkins Co., Baltimore
- Barreiro F, Seselovsky R., (2003). Usos de la transglutaminasa en la industria alimentaria. Elaboración de carne reconstituida *Ingenio*, . 6 (10) pp. 157-164
- Casp A. y Abril J., (2003). , *Procesos de conservación de alimentos*. Ediciones mundiprensa.
- Cobb Bryant (1990) . Physiology of Shrimp, Effect on use as food. Department of animal science, Texas A&M University
- Echavarría, E., Sepúlveda, T., Restrepo, F., (2013) Reestructurado de carne usando enzima transglutaminasa transferasa y alginato, *Journal of Agricultural and Animal Sciences*. 2 (2): 42-51.
- Jaros D., Partschfeld C., Henle T. y Rohm H. (2006). Transglutaminase in Dairy Products: Chemistry, Physics, Applications. *Journal of Texture Studies*. 37: 113-155.
- Kämpfer, P., Kroppenstedt, R. M. & Dott, W. (1991). A numerical classification of the genera *Streptomyces* and *Streptoverticillium* using miniaturized physiological tests. *J Gen Microbiol* 137, 1831–1891..
- Kuraishi C., Sakamoto J. y Soeda T. (1996). The usefulness of Transglutaminase for food processing. *Biotechnology for improved foods and flavors Biotechnology for improved foods and flavors*. ACS symposium series 637, 29–38 pp.
- Katoh, N., A. Hashimoto, H., (1984). Effect of temperature on the rate for the setting of meat pastes from Alaska pollack, white croaker and tilapia. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 50: 2103–2108.
- Lawrie R.A., (1977). Ciencia de la carne. Editorial Acribia. Zaragoza- España, 2da Edición.
- Márquez, E.; Arévalo, E., Barboza, Y., (2006). Efecto de la concentración de transglutaminasa y tiempo de reacción en la estabilidad de productos reestructurados. *Revista Científica XVI* (6): 663.
- Márquez E., Arévalo E., Barboza Y., Benítez B., Rangel L. y Archile A. (2006). Efecto de la concentración de transglutaminasa y tiempo de reacción en la estabilidad de productos reestructurados. *Revista Científica, FCV-LUZ*, 6: 662-667.
- Vergara Olivares, P. (2011). Efecto de adición de enzima transglutaminasa en el desarrollo de pan a base de harina de quínoa (*Chenopodium quinoa Willd*). Disponible en <http://www.repositorio.uchile.cl/handle/2250/116490>

β - Glucanos en almidón nativo de fruta pan y su potencial uso en alimentos funcionales

Lady Quezada-Correa^{1*}; Edison Martínez-Mora¹; Lisbeth, Matute- Castro¹; Verónica Bravo-Bravo¹; Esther Ramírez-Moreno²

Resumen

La investigación tuvo como objetivo fundamental determinar el contenido de β - glucanos presentes en el almidón nativo de la fruta pan (*Artocarpus altilis*) cultivado en la costa sur del Ecuador y su potencial uso en alimentos funcionales. El almidón fue obtenido utilizando el método húmedo, y para la determinación del contenido de β -glucanos, se sometió la muestra a un ataque enzimático de β -glucosidasa, para posteriormente, cuantificar la glucosa por técnicas de espectrofotometría UV visible, a una longitud de onda de 510 nm. El porcentaje de almidón presente en el cultivar de fruta pan fue de 55,40 %, y el contenido en β -glucanos de 4,39 %, este valor reportado es superior a los que presentan algunos cereales como la avena, cebada, centeno, trigo, entre otros, muy utilizados en la industria de alimentos. El contenido de β -glucanos, presentes en el almidón nativo de la fruta pan, convierten a este cultivar, en una atractiva fuente amilácea a ser considerada, como matriz o insumo, en la elaboración de alimentos funcionales o nutraceuticos.

Palabras Clave: Fruta pan; β -glucanos, glucosidasa; espectrometría UV visible.

β - Glucans in native starch from breadfruit and their potential use in functional foods

Abstract

The main objective of the research was to determine β - glucans content present in native starch from breadfruit (*Artocarpus altilis*) cultivated in Ecuador southern coast and its potential use in functional foods. The starch was obtained throughout the wet method; the sample was subjected to β -glucosidase enzymatic action to determine β -glucan content; glucose content was then quantified through visible UV spectrophotometry techniques at a wavelength of 510 nm. The starch percentage present in the breadfruit cultivar was 55.40%, whereas the β -glucan content was 4.39%. This value reported is higher than those reported previously for some cereals such as oats, barley, rye, wheat, among others, widely used in the food industry. The β -glucans content, present in native starch of breadfruit, makes this cultivar an interesting source of starch to be considered, as a matrix or input, in the manufacturing of nutraceuticals or functional foods.

Keywords: Breadfruit; B-glucans, glucosidase; UV visible spectrophotometry

¹Lady Quezada, Estudiante de Ingeniería en Alimentos, miembro del grupo de investigación Química y Alimentos de la Universidad Técnica de Machala - Ecuador. 0967562882, correo electrónico: lmquezada_est@utmachala.edu.ec orcid.org/0000-0002-5798-1845

¹Edison Martínez Mora, Doctor en Ciencias de los Alimentos, Director del grupo de Investigación Química y Alimentos de la Universidad Técnica de Machala - Ecuador. 0998404064, correo electrónico: eom13@hotmail.com

¹Lisbeth Matute Castro, Máster en Alimentos, miembro del grupo de investigación Química y Alimentos de la Universidad Técnica de Machala- Ecuador. 0939240023, correo electrónico: nmatute@utmachala.edu.ec

¹Verónica Bravo Bravo, Master en Alimentos, miembro del grupo de investigación Química y Alimentos de la Universidad Técnica de Machala- Ecuador. 0990739607, correo electrónico: vbravo@utmachala.edu.ec

²Esther Ramírez Moreno, Doctora en Nutrición, Docente - Investigadora Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo - México. 0998470914, correo electrónico: rme1234@yahoo.com

*Autor para la correspondencia: lmquezada_est@utmachala.edu.ec

I. INTRODUCCIÓN

La fruta pan (*Artocarpus altilis*) es de clima tropical que, aunque no es originaria de América, llegó a las Antillas desde Tahití, para su posterior cultivo en las colonias inglesas del Caribe [1]. La fruta pan puede comerse frita, tostada o hervida, o como ingrediente en la preparación de harina, pasteles y otros. En algunos países e islas en el mundo le han dado a esta fruta un importante sitio en la mesa, al igual que el banano y el plátano; pudiéndose comer madura o inmadura [2]. La fruta de pan es de forma oblonga, ovoide, redonda,

cilíndrica o en forma de pera de 12 a 20 cm de ancho y 12 cm de longitud [3]. La cantidad de semillas en su interior pueden llegar a un número de 60 (figura 1). Debido a las condiciones climáticas de la costa ecuatoriana, se puede obtener la fruta pan casi todo el año, sin embargo, en el mes de marzo es cuando existe una mayor producción. En Sudamérica y el Caribe, los frutos secos se convierten en harina, y se han explorado métodos para utilizarlos en productos panificables, la combinación se ha encontrado más nutritiva que la harina de trigo sola [4].



Figura 1. Semilla y árbol de fruta pan (*Artocarpus altilis*)
Elaborado por: Quezada *et al.*, 2016.

Estudios han demostrado que la fruta pan posee un elevado contenido en proteínas, almidón y fibras [5]. El almidón es un importante aditivo en la elaboración de alimentos ya que proporcionan características específicas y variables en cuanto a sus propiedades funcionales [6], puede ser utilizado como agente espesante, estabilizantes y gelificante; mejorando la textura, apariencia y consistencia de los productos donde sea adicionado [7]. El almidón es un hidrato de carbono fundamental en la dieta del hombre. Desde el punto de vista químico, el almidón es una mezcla de dos polisacáridos muy similares, la amilosa y la amilopectina (figura 2); el primero es producto de la condensación de D-glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos α - (1,4), que establece largas cadenas lineales con 200-2500 unidades y pesos moleculares hasta de un millón; por su parte, la amilopectina se diferencia de la amilosa en que contiene ramificaciones que

le dan una forma molecular similar a la de un árbol; las ramas están unidas al tronco central (semejante a la amilosa) por enlaces α -D-(1,6), localizadas cada 15-25 unidades lineales de glucosa [8], asimismo, la amilopectina es parcialmente soluble en agua caliente y en presencia de yodo produce color rojizo violeta [9]. Propiedades tecnológicas - funcionales del almidón como la gelificación y pastificación son importantes determinar, cuando a este hidrato de carbono se lo requiere utilizar como estabilizante y espesante en los alimentos. Los gránulos de almidón, aunque provengan de la misma fuente botánica, tienen diferente relación amilosa/amilopectina y grado de cristalinidad, como por ejemplo los cereales y las frutas, estas condiciones provocan que unos gránulos de almidón sean más resistentes que otros, a efectos de altas temperaturas, y lleguen a presentar una diferencia de hasta 10 °C para alcanzar la gelatinización [8].

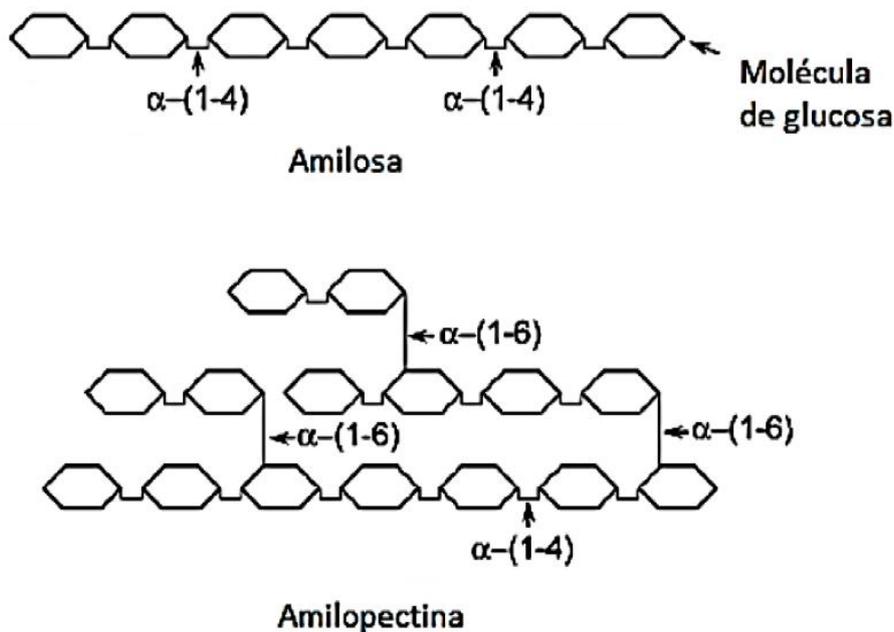


Figura 2. Representación de las estructuras de amilosa y amilopectina [7]
Elaborado por: Quezada *et al.* 2016

La fibra dietética es importante para la salud del ser humano a través de la ingesta en una dieta equilibrada. Los β – glucanos (Figura 3) son un tipo de fibra dietética soluble, tiene efectos sobre la glicemia, los niveles de insulinemia, el colesterol y la inmunidad. Cereales como la cebada y la avena son reconocidos como buenas fuentes de β – glucanos, pero también, se pueden encontrar en algas y hongos. Para efectos de su uso en alimentos procesados, es importante conocer su fuente. Los β -glucanos de avena y cebada compuestos

de cadenas no ramificadas con enlaces β (1→3) y (1→4) mientras que los β -glucanos de levaduras y hongos por enlaces β (1→3) y cadenas laterales unidas por enlaces β (1→6) (1, 9). Las diferencias en el tipo de enlace y de ramificación influyen el tamaño de la molécula y sus propiedades de solubilidad, que van a repercutir en un grado mayor a menor de asimilación [10], factor importante a tomar en cuenta en su inclusión en alimentos con connotación funcional o nutraceutica.

Tipo de β -glucano	Estructura	Descripción
Bacteria		Glucano lineal β -1,3 (ej: Curdlan)
Hongo		Glucano ramificaciones cortas β -1,6 y β -1,3 (ej: Esquizofilano)
Levadura		Glucano ramificaciones largas β -1,6 y β -1,3 (ej: β -glucano WGP, Betafectina)
Cereal		Glucano lineal β -1,3/1,4 (ej: avena, cebada, centeno)

Figura 3. Estructura de los Beta glucanos de diferentes fuentes [11]

No se conoce de investigaciones que reporten el contenido de β -glucanos en el cultivar de la fruta pan, sin embargo, en la literatura especializada se puede encontrar información sobre el contenido de β -glucanos presentes en algunos cereales de uso en la industria alimentaria, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Contenido de β -glucanos presentes en cereales

Cereales	% β -glucanos
Avena	3,37
Cebada	4,36
Centeno	1,89
Trigo	0,65

Fuente: Miñambres, de la Fuente García [12]

La investigación tuvo como objetivo fundamental determinar el contenido de β – Glucanos presentes en el almidón nativo de la fruta pan (*Artocarpus altilis*) cultivado en la costa sur del Ecuador y su potencial uso en alimentos funcionales.

II. DESARROLLO

1. Materiales y Métodos

Obtención del almidón

El almidón se obtuvo de las semillas de la fruta pan (*Artocarpus altilis*), las mismas que fueron recolectadas en la zona agrícola de la provincia de El Oro – Ecuador, zona baja, en temporada seca, a 4 msnm, humedad relativa de 75 % y temperatura promedio de 28 °C. El almidón se obtuvo a través de la adaptación del método húmedo de otra investigación [13], el mismo que consistió en pesar 5 kg del fruto al que se retiró la cáscara, se cortaron rodajas de 1 cm de grosor, las que fueron colocadas dentro de un contenedor en una solución de ácido cítrico al 3 % (v/v), en relación 7:1 (peso disolución: peso rodajas banano). Se realizó una molienda en húmedo utilizando toda la disolución, en una licuadora semi industrial marca SKYMSSEN modelo LAR - 15/25 a 3000 rpm; inmediatamente se cribó en un sistema de tamices marca HUMBOLDT de mallas de: 0,841; 0,420; 0,149 y 0,074 mm. En cada malla, el residuo se lavó hasta que el líquido de salida no presentara turbidez. Transcurrido cuatro horas de reposo, el almidón precipitado se separó por decantación del exceso de agua, posteriormente, utilizando una estufa marca MEMMERT modelo VN 6400, se deshidrató el almidón a una temperatura de 50 °C, por 48 h, se pulverizó en un molino de martillo marca

SIRCA, y finalmente, se pasó nuevamente por el sistema de tamices para homogenizar el tamaño de los gránulos.

Contenido de β -glucano

La determinación de β -glucanos presentes en el almidón nativo de fruta pan, se la realizó por el método enzimático-espectrométrico que se fundamenta en el (1-3) (1-6)- β -D-glucano, (1-3) (1-4)- β -D-glucano; y (1-3)- β -D-glucanos, con disolución/hidratado en hidróxido de potasio 2 N con agitación, para que posteriormente esta solución sea ajustada a pH 4.0 - 4.5 con buffer 7 de acetato de sodio de 1,2 M. La mezcla se incubó de 16 h a 40 °C con enzimas Glucazyme™ (β -glucanasas, β -glucosidasa y chitinase), que vienen incluidas en el Kit ©Megazyme. Después de la dilución y centrifugación, se extrajo una alícuota para la determinación de la glucosa con el reactivo de GOPOD [14], a través de un espectrofotómetro situado a 510 nm.

Kit Megazyme©

El kit está compuesto de 6 botellas. A continuación se detalla el contenido de cada una:

Botella 1: preparación de Glucazyme™ (exo-1, 3- β -glucanasa, exo-1, 3- β -glucanasa, β -glucosidasa y chitinase suspensión), 2,2 mL.

Botella 2: GOPOD reactivo tampón. Tampón (48 mL, pH 7,4), ácido p-hidroxibenzoico y azida de sodio (0,4% w/v).

Botella 3: GOPOD reactivo enzimas. Glucosa Oxidasa y Peroxidasa y 4-aminoantipirina. Congelación de polvo seco.

Botella 4: D-glucosa solución estándar (1,5 mg/mL; 5 mL) en 0,2 % w/v ácido benzoico.

Botella 5: Control de preparación de β -glucano de levadura (~ 2 g, β -glucano contenido indicado en la etiqueta de la botella).

Botella 6: Control preparación de almidón (~ 2 g, 96 % almidón dwb).

Instrumentación

La presente investigación utilizó los siguientes instrumentos: Espectrofotómetro (lectura a 510nm), Agitador vórtex, Baño maría (termostatizado a 40° C) y Centrifuga (requiere velocidad 3.000 rpm).

Reactivos y acondicionamiento

Tampón de acetato de sodio (200 mM, pH 5,0).

11,6 mL de ácido acético glacial (1,05 g/mL) se añadió a 900 mL de agua destilada y se ajustó a pH 5,0 utilizando

4 M (16 g/100 mL) solución de hidróxido de sodio. Se aforó el volumen a un litro con agua destilada.

Tampón de acetato sodio (1,2 M, pH 3.8).

69,6 mL de ácido acético glacial (1,05 g/mL) se añadió a 800 mL de agua destilada y se ajustó a pH 3,8 utilizando 4 M de hidróxido de sodio. Se aforó el volumen a un litro con agua destilada.

Hidróxido de potasio (2 M).

112 g de KOH se añadió a 800 mL de agua destilada y se disolvió por agitación. Se aforó el volumen a un litro, la solución se almacenó a temperaturas de refrigeración.

Determinación

Se añadió muestra molida de almidón nativo de fruta pan (aproximadamente 20 mg, pesado con precisión con aproximación de 0,1 mg) en un tubo de vidrio 16 x 100 mm marca Fisher y se registró el peso. Se aplicó un toque al tubo para asegurarse de que la muestra vaya a la parte inferior. Se agregó 0,4 mL de 2 M KOH y una barra de agitación de 5 x 15 milímetros. Se agitó el contenido durante 30 minutos en un baño de agua helada sobre un agitador magnético. Se adicionó 1,6 mL de tampón de acetato de sodio de 1,2 M (pH 3,8), se mezcló bien y luego se añadió 40 µL de Glucazyme™ y se taparon los tubos. Se continuó batiendo en el baño de agua helada durante 2 min y luego se transfirió los tubos a un conjunto de baño de agua a 40° C y se incubó (sin revolver) durante la noche (~ 16 h). Pasado este tiempo, se añadió 10 mL de agua a cada tubo y se mezcló bien el contenido. Se centrifugó los tubos a 3000 rpm en una centrifugadora de banco durante 10 minutos. Cuidadosamente se transfirió una alícuota de 0,1 mL de la muestra por duplicado a la parte inferior de los tubos de 16 x 100 mm. Se agregó 4 mL del reactivo GOPOD a cada uno de los tubos de reacción, los controles, las normas y espacios en blanco de reactivo y se incubó los tubos durante 20 min a 40° C. Se realizó la lectura de la absorbancia a 510 nm de cada solución contra un blanco del reactivo.

El reactivo blanco consistió en 0,1 mL de tampón de acetato de sodio (200 mM, pH 5,0) + 4,0 mL glucosa oxidasa/peroxidasa reactivo.

La norma D-glucosa consta de 0,1 mL D-glucosa estándar (1,5 mg/mL) + 4,0 mL glucosa oxidasa/peroxidasa de reactivo.

Cálculos

$$\beta - glucano \left(\% \frac{w}{w} \right) = \Delta E \times F \times \frac{12,04}{0,1} \times \frac{100}{W} \times \frac{1}{1000} \times \frac{162}{180}$$

$$\beta - glucano \left(\% \frac{w}{w} \right) = \Delta E \times \frac{F}{W} \times 10.836$$

Dónde:

- ΔE = absorbancia leer contra el blanco del reactivo.
- F = conversión de absorbancia a µg (150 µg de D-glucosa) estándar dividida por la absorbancia GOPOD de este 150 µg).
- 12,04/0,1 = corrección de volumen (0,1 mL de 12,04 mL).
- 1/1000 = conversión de µg a mg. W = peso de la muestra analizada en mg. 100/W = Factor β-glucano de presentar como un porcentaje del peso de la muestra.
- 162/180 = factor de conversión de D-glucosa libre a anhidro-D Glucosa como ocurre en β-glucanos.

2. Resultados y discusión

El rendimiento en almidón de la fruta pan (*Artocarpus altilis*) encontrado en la presente investigación fue de 55,40 %, valor que se asemeja a los publicados por otros trabajos 56,43 % [15] y 58 % [16], empero, estuvo algo por debajo de 69,2 % [17] reportado por otros autores. Estos trabajos, a diferencia del presente, no detallan el método de extracción de este hidrato de carbono, así como tampoco, las condiciones ambientales y de terraza climática del cultivar de fruta pan.

El contenido en β-glucanos, presentes en el almidón nativo de fruta pan, fue de 4,39 %, superior a los que contienen algunos cereales como la avena (3,37 %), cebada (4,36 %), centeno (1,89 %), trigo (0,65%) [12], quinua (3,74 %) [18], triticale (0,33 %) [19] y arroz (0,13 %) [20].

III. CONCLUSIONES

No se han publicado investigaciones acerca del contenido de β-glucanos en el almidón nativo de fruta pan. De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, el contenido en β-glucanos presenta valores muy cercanos a los que poseen los cereales, en particular, como la avena. El haber podido cuantificar esta fibra soluble, convierte a este cultivar, en una atractiva fuente amilácea a ser considerada, como matriz o insumo, en la elaboración de alimentos con características funcionales o nutracéuticas.

IV. REFERENCIAS

- [1] Quiñonez, M., & Arias, T. (2013). Proceso de producción y distribución de harina de fruta de pan para el consumo familiar en la Ciudad de Milagro (tesis de pregrado), Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Guayaquil - Ecuador.
- [2] Eréz, A. (2013) Temperate Fruit Crops in Warm Climates, Israel: *SpringerScience & Business Media*.
- [3] Casanova, R., Morocho, K., Gallegos, S., y Toasa, H. (2013) Producción y distribución de muffins de fruta de pan como complemento alimenticio para los niños de la fundación "Acción Solidaria", Escuela Superior Politécnica Nacional, ESPOL, Guayaquil – Ecuador.
- [4] Volman, J., Mensink, R., Ramakers, J., Winther, M., Carlsen, H., Blomhoff, R., ... Plat, J. (2010) Dietary (1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 4)- β -D-glucans from oat activate nuclear factor- κ B in intestinal leukocytes and enterocytes from mice, *Nutrition Research*, 30 (1), 40-48.
- [5] Hsu, C., Shyu, M., Lin, J., Yeng, G., y Fangs, S. (2010) cytotoxic effects of geranyl flavonoid derivatives from the fruit of *Artocarpus communis* in SK-Hep-1 human hepatocellular carcinoma cells, » *Food Chemistry*, 127 (1), 127-134.
- [6] Miranda, A., Montañez, J., y García, I. (2008) Parcial caracterización de nuevos almidones obtenidos del tubérculo de camote del cerro (*Dioscorea* spp), *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 9 (1), 81-88.
- [7] Martínez, O., Lapo, B., Pérez, J., Zambrano, C., y Maza, F. (2015) Mecanismo de gelatinización del almidón nativo de banano exportable del Ecuador, *Revista Colombiana de Química*, 44 (2), 16-21.
- [8] Badui, S., (2012), Química de los Alimentos, México: Pearson Educación.
- [9] Guan, J. & Hanna, A. (2004) Extruding foams from corn starch acetate and native corn starch., vol. 5
- [10] Volman JJ, Mensink RP, Ramakers JD, de Winther MP, Carlsen H, Blomhoff R, et al (2010). Dietary (1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 4)- β -D-glucans from oat activate nuclear factor- κ B in intestinal leukocytes and enterocytes from mice. *Nutrition Research*, 30(1):40-8.
- [11] S, Volman J, Ramakers J, Plat J (2008). Dietary modulation of immune function by β glucans. *Physiol Behav*, 94(2):276-84.
- [12] Flores, Miñambres Antonio; Fuente García José Manuel; Pérez de Ayala Esquivias Pedro; Villamide Díaz María Jesús. *Mundo Ganadero*. 12/94; 22-33, (1994).
- [13] Flores Gorosquera E; García Suarez J; Flores Huicochea; Nuñez Santiago M; Gonzalez Soto Rosalía; Bello Pérez, Luis. (2004). Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*). Estudio en planta piloto. *Acta Científica Venezolana*, 55: 86-90.
- [14] Megazyme (2013). Beta - Glucano K - Ebjlg, 03/13 (50 Ensayos por Kit) © Megazyme International Irlanda.
- [15] Coralia Leyva, A. Ortiz, O. Martí y M. Valdivié (2013). Inclusión de la harina del fruto de *Artocarpus altilis* en dietas para cerdos en preceba. *Pastos y Forrajes* vol.36 no.4 ,471p.
- [16] Valdivié, M; Alvarez R (2003). Nota sobre la utilización del árbol de la fruta del pan (*Artocarpus communis*) en pollos de engorde. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37(2), 171p.
- [17] Oladeji, Babatunde Stephen, Akanbi, Charles Taiwo and Gbadamosi, Saka Olasunkanmi (2013). Comparative studies of physico-chemical properties of yam (*Dioscorea rotundata*), cocoyam (*Collocasia taro*), breadfruit (*Artocarpus altilis*) and plantain (*Musa parasidiaca*) instant flours. 7(8) pp. 210-215
- [18] Moreano, F. (2011) Determinación del contenido de Beta- Glucanos en líneas avanzadas y en variedades de cebada, procesada y no procesada, por medio de un método enzimático (tesis de pregrado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato – Ecuador.
- [19] Tachibana, L., Pinto, L., Goncalves, G., Pezzato, L. (2010) Xilanase e-glucanase nadigestibilidad aparente de nutrientes do triticales pela Tilápia-domilo. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*, 62 (2), 445 – 452.
- [20] Pizarro, S., Ronco, A., Gotteland, M. (2014). β -glucanos: ¿qué tipos existen y cuáles son sus beneficios en la salud?. *Revista Chilena de Nutrición*, 41 (4).

Eliminación del Efecto Larsen en ambientes ruidosos para mejorar comunicación en personas con discapacidad auditiva

Fabián Sáenz-Enderica^{1*}; Carlos Romero-Gallardo²; Luis Oña-Jacho³; Carlos, Bernal-Oñate⁴

Resumen

En este trabajo se describe una solución para la industria, mediante la implementación de un sistema para mejorar la calidad de la señal de audio, para las personas expuestas a los sistemas ruidosos que utilizan la tarjeta FPGA, que presenta un esquema de diseño y pruebas de rendimiento de un prototipo a ser implementadas.

Palabras Clave: tarjeta FPGA; Larsen; ruido; filtro.

Larsen Effect elimination in noisy environments to improve communication in people with hearing disabilities

Abstract

This paper describes a solution for the industry through the implementation of a system to improve the quality of audio signal, for people exposed to noisy systems that use FPGA card, which presents a design scheme and performance testing of a prototype to be implemented.

Keywords: FPGA card; Larsen; noise; filter.

¹Docente de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Máster en Ciencias, Máster en Ingeniería Electrónica y Doctorando en Ciencias de la Universidad Nacional de la Plata UNLP, Argentina. fgsaenz@espe.edu.ec orcid.org/0000-0002-7586-5266

²Docente de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Especialista en Proyectos y Doctorando en Ciencias de la Universidad Nacional de la Plata UNLP, Argentina. cgromero@espe.edu.ec

³Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Consultor independiente. luisig.ona@gmail.com

⁴Docente de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Máster en Ciencias, Máster en Ingeniería Eléctrica y Doctorando en Ciencias del Instituto Militar de Engenharia IME, Brasil. cpbernal@espe.edu.ec

*Autor para la correspondencia: fgsaenz@espe.edu.ec

I. INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES

El hombre ha aprendido a hablar escuchando e imitando las voces de los demás, ha aprendido la mayoría de lo que sabe escuchando a sus padres y profesores. La música, sonidos de la naturaleza y las voces de los seres queridos le pueden brindar placer y seguridad.

En la actualidad existe un problema fruto de la industrialización la cual ha traído consigo maquinaria mucho más ruidosa y por ende el número de trabajadores expuestos es mayor que en años anteriores. Por lo que es muy común en personas que trabajan en industrias con maquinarias con altos niveles de emisión de ruido y que además no han sido debidamente protegidas, sufran la pérdida auditiva que se expresa como dificultad para entender conversaciones en ambientes ruidosos, escuchar la radio, TV y responder el teléfono.

Hay distintas soluciones para prevenir este tipo de enfermedad auditiva para ello hay en el mercado distintos productos con tecnología eficiente los cuales por su precio no son de fácil accesibilidad, mediante una previa investigación de campo y laboratorio se determinó el tipo de análisis ideal para poder integrar la tecnología apropiada, reducir los costos y tener una mayor eficiencia en su aplicación (Centro del Audífono, 2011).

Este análisis plantea la posibilidad de disminuir el ruido en ambientes laborales en donde se hace imposible la comunicación entre personas, y donde es de suma importancia que el trabajador detecte ruidos sumamente fuertes como medida de alarma, de este mecanismo la persona obtendrá beneficios no solo a nivel de eficiencia laboral, si no que a largo plazo no se presentaran daños en la salud del individuo.

Hoy en día la tecnología que se emplea en la elaboración de los audífonos es muy eficaz además de discreta, dependiendo del paciente se deberá escoger la prótesis que mejor se adapte a sus necesidades. Por medio de nuevos mecanismos para identificar los problemas relacionados a la pérdida de audición en distintos ambientes de trabajo, se establecen nuevos modelos matemáticos para implementar mediante tecnología de última generación nuevos dispositivos e integrar funciones adicionales (Coclear, 2009) (LabcUsb, 2012).

2. ESTUDIOS DE PRUEBA Y MEJORAMIENTO DEL FILTRO

2.1. Funcionamiento del Filtro Prediseñado

Se determinó que el tipo de filtro a utilizar por las

prestaciones que este presta en el análisis de señales analógicas, y por su rendimiento, es el filtro de Butterworth, en el cual se debe considerar la banda de paso y la banda de atenuación de la banda suprimida. De igual manera en este punto se ubica la banda de paso y las frecuencias de banda de rechazo donde 1 corresponde a π rad/muestra, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Parámetros en la Etapa de Filtrado

Parámetro	Frecuencia(Hz)	Amplitud(dB)
Fs:	8000	
Fpass:	1600	
Fstop:	2000	
Apass:		3
Astop:		70

2.1. Pruebas con el Filtro Prediseñado

Al analizar el rendimiento del filtro se estableció que el rango de frecuencias audibles (Tabla 2), que dejó pasar el Filtro Prediseñado fue

Tabla 2: Rangos de Frecuencias Audibles Obtenidos por el Filtro Prediseñado.

Nivel de Ruido (dB)	Rango de Frecuencia Filtrado (Hz)
10	230 - 900
85	210 - 1100
91	208 - 970
97	205 - 990
103	210 - 1000

3. ADAPTACIÓN DE LA SEÑAL A LA TARJETA FPGA, DESARROLLANDO LA PROGRAMACIÓN EN LENGUAJE VHDL

3.1. Definición de la Tarjeta FPGA a ser utilizada

Las prestaciones que integra la tarjeta Spartan 3A/3AN FPGA Starter Kit (Xilinx Co, june 2009), son muchas, pero las más importantes son las siguientes: contienen 500K compuertas que son equivalentes a 10476 celdas lógicas, Memoria Flash 16 MByte (128 Mbit) para aplicaciones, DDR (double data rate) SDRAM de 64 MByte (512 Mbit), CLPD XC2C64A, familia CoolRunner, Memoria Flash de 4 Mbit, para configuración. Además cuenta con Memoria Flash 16 Mbits acceso serial, vía SPI (serial peripheral interface), una interface de capa física Lan Ethernet 10/100 y un oscilador de 50 Mhz, integra un convertidor Digital a Analógico SPI de cuatro salidas (DAC), con resolución de 12 bits y un convertidor

Analógico al Digital SPI de dos entradas (ADC) con resolución de 14 bits y pre - amplificador con ganancias programables, todas manufacturadas por Linear Technology.

3.2. Diseño del Sistema de Mejoramiento de Calidad Auditiva

Distintos criterios intervienen en una investigación de campo ya que se consideran muchos factores para poder integrar un nuevo diseño de investigación al ámbito industrial, estableciendo las necesidades por donde se guía el proyecto se determina con fundamentos de ingeniería la mejor solución para llegar a establecer una solución viable. Los criterios de diseño establecidos para la implementación del Filtro Prediseñado son los siguientes:

- El Tipo de Tecnología Establecida en la Investigación.
- Mejoramiento del Filtro Prediseñado mediante DSP.

El circuito para captura de señales analógicas consiste del LTC6912-1. Este esquema realiza la conversión de la señal analógica las cuales son adquiridas por los puertos VINA o VINB a ser representado el dato en 14-bits, este tipo de conversión se la realiza:

$$D[13:0] = GAIN * \frac{V_{IN} - 1.65V}{1.25V} * 8192 \quad (1)$$

LTC6912-1 provee de dos canales independientes, realizando amplificaciones con ganancia programable, el propósito del pre-amplificado es determinar el rango de adquisición de la señal analógica de entrada para poder realizar la conversión A/D. Cada canal analógico tiene asociado una amplificación de ganancia programable comprendida en el rango de -1 hasta -100, por cada valor de ganancia se tiene un nivel de voltaje amplificado.

Cuando el AD_CONV está en alto, el ADC simultáneamente adquiere las señales analógicas de los canales. El resultado de esta conversión no es presentado hasta el siguiente tiempo AD_CONV se ponga en bajo, por medio de una latencia de una muestra, la máxima tasa de muestra es aproximadamente 1.5MHz.

3.3. Programación de lenguaje VHDL

Con ayuda de la herramienta de Matlab Filtre Design & Análisis Tool, se configuró el filtro digital pasa-banda, se integraron las mismas características del filtro prediseñado como se muestra en la Figura 1, porque permite identificar, por las pruebas realizadas, la discriminación del ruido producido por maquinaria industrial.

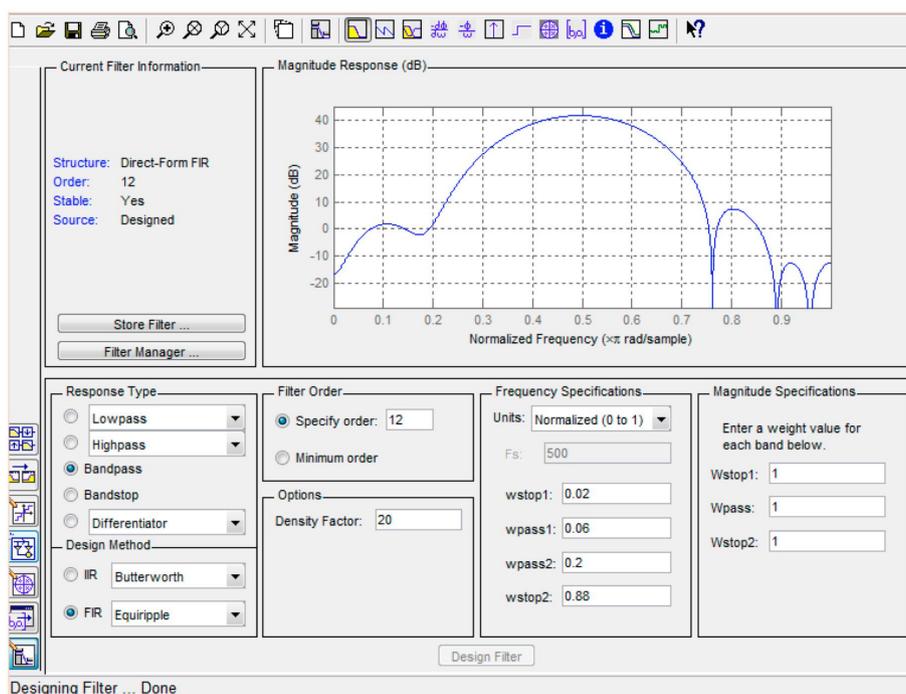


Figura 1. Configuración del Filtro FIR

3.4. Procesamiento de la Señal Recibida

El conversor análogo digital es el encargado de la adquisición de datos hacia el FPGA. Esta etapa del receptor es desarrollada en lenguaje de descripción de Hardware Verilog. Por medio de la simulación se verifica el comportamiento del rendimiento del ADC.

La segunda etapa es adquirir el dato por los puertos los cuales con adquiridos mediante el Bus SPI, por medio

de la línea SPI_MOSI se realiza la adquisición del dato y la respectiva conversión del dato a digital como se muestra en la Figura 2.

También se debe realizar la configuración previa para el funcionamiento del ADC, para ello solo se necesita que la línea AD_CONV realice un flanco de reloj como se muestra en la Figura 3.

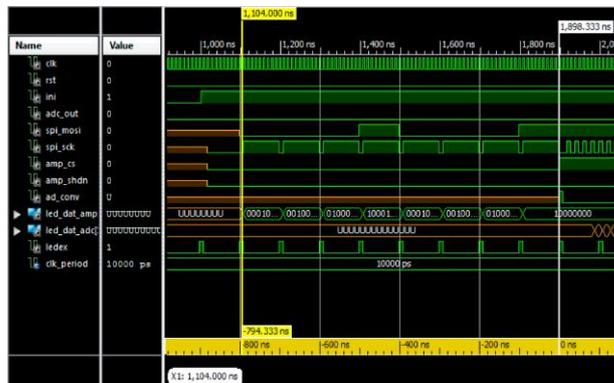


Figura 2. Configuración de palabra de control para pre-amplificador y Adquisición del dato y conversión del mismo con el ADC

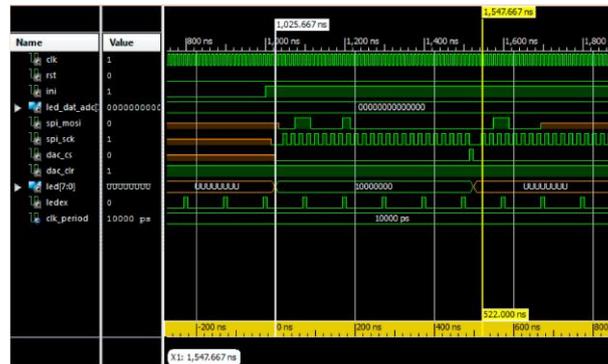


Figura 2. Configuración de palabra de control para pre-amplificador y Adquisición del dato y conversión del mismo con el ADC



Figura 3. Configuración de palabra de control para pre-amplificador y Adquisición del dato y conversión del mismo con el ADC



Figura 4. Configuración y Reconstrucción de la señal con el DACseñal con el DAC

Para recuperar la información y obtener una percepción del audio, grata para el oído humano, se debe configurar y construir la señal como se muestra en la Figura 4.

4. PRUEBAS DEL SISTEMA DE MEJORAMIENTO DE CALIDAD AUDITIVA

La implementación integra todos los fundamentos teóricos establecidos por los criterios de procesamiento digital de señales y la implementación del mismo, como se muestra en la Figura 5. El sistema brinda al personal técnico y laboral de instituciones de producción a nivel regional, reducir las altas emisiones de ruido llegando a establecer un buen estilo de vida laboral. Es demostrado que la contaminación acústica genera pérdida auditiva (Salazar Bugueño; pág. 311).



Figura 5. Implementación del sistema.

4.1. Elementos que Intervienen en el Sistema Periférico de entrada para la adquisición de señales

El periférico del que dispone la tarjeta, tiene como función principal, facilitar al usuario el conectar un dispositivo de adquisición de señales de audio como un micrófono o

MIC electronic, por medio de su plug de 3.3 mm hacia el Jack que integra el periférico. La segunda función del periférico es realizar el acondicionamiento de la señal de entrada hacia el prototipo implementado en la FPGA, este proceso lo realiza por medio del integrado AN7126.

Módulo para el Procesamiento Digital de Señales

Este módulo lo integra completamente la tarjeta de desarrollo Spartan 3A/AN por medio de sus elementos internos como es el Amplificador de señales de audio, Conversor Analógico Digital (CAD) y el Conversor Digital Analógico DCA, internamente el integrado de Xilinx XSC300 realiza el control de los elementos, por medio de múltiples configuraciones, comprendiendo la conexión de los mismos y el tipo de comportamiento para el CAD y DCA.

Periférico de Salida para la Emisión de Señales

Este diseño integra un acondicionador de señales porque la tarjeta envía señales con niveles de voltaje muy bajas y son propensas a ser distorsionadas por agentes externos en el cual se esté manipulando la señal de audio, para ello se integró el integrado AN7126, que cumple la función de acondicionar la señal del conversor digital análogo.

4.2. Obtención de Resultados

Las pruebas que se realizaron para identificar el tipo de filtrado de audio que realiza la tarjeta FPGA y el rendimiento del mismo fueron hechas con un osciloscopio, que permite visualizar gráficamente las

señales eléctricas variables en el tiempo, a partir de estas señales se puede determinar parámetros de la misma como frecuencia, periodo, amplitud,... etc.

Resultados para un nivel de ruido de 70 dB

En la Figura 6 se visualiza las señales de audio obtenidas tanto en el ingreso y salida del sistema de

mejoramiento de calidad auditiva, las señales están con un nivel de ruido de 70 Db. Este parámetro es el de menos perjuicio para el personal de operación, pero causa molestias al momento de establecer una comunicación fiable, se presentan síntomas de Hipoacusia moderada o media.xx<



Figura 6. Medición del Sistema de mejoramiento de calidad auditiva para 70 dB.



Figura 7. Medición del Sistema de mejoramiento de calidad auditiva para 80 dB.

Resultados para un nivel de ruido de 80 dB

En la Figura 7 se visualiza las señales analógicas obtenidas tanto en el ingreso y salida del sistema de mejoramiento de calidad auditiva con un nivel de ruido en los 80 dB, este parámetro es de nivel medio para el perjuicio del personal de operación, en este nivel de ruido se presentan síntomas de Hipoacusia severa.

Resultados para un nivel de ruido de 90 dB

En la Figura 8 se visualiza las señales analógicas obtenidas, tanto en el ingreso como salida del sistema de mejoramiento de calidad auditiva con un nivel de ruido en los 90 dB, este parámetro es el de más perjuicio para el personal de operación, causando molestias al momento de establecer una comunicación fiable y llegando a futuras enfermedades que causan un daño al rendimiento laboral y familiar.



Figura 8. Medición del Sistema de mejoramiento de calidad auditiva para 90 dB.

4.3. Análisis de Resultados

Las recomendaciones establecidas por la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (OSHA), establece que las medidas a adoptar para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores debe ponerse énfasis en “la eliminación de las fuentes de ruido; control del ruido en su origen; medidas colectivas de control a través de la organización del trabajo y la distribución del lugar de trabajo; equipos de protección individual”.

Obtención de una medida de calidad de audio objetiva MBSD

El desarrollo de una medida de la calidad de voz objetiva, que se correlaciona correctamente con la medida de la calidad de voz subjetiva, es importante porque las pruebas subjetivas son costosas y

consumen mucho tiempo.

La medida BSD se basa en la suposición de que la calidad de voz está directamente relacionada al dimensionamiento de la voz, que es un término psicoacústico, definido como la magnitud de la sensación auditiva. La medida BSD es el promedio cuadrado de la distancia euclidiana de la dimensión estimada de la voz original y codificada.

Medición del MBSD

En la Figura 9 se muestra el diagrama de bloques del método MBSD. El umbral de estimación de enmascaramiento de ruido se añade al BSD convencional.

La estimación del umbral de enmascaramiento de ruido considera el ruido de tono-enmascarado y el tono del ruido-enmascarado. La intensidad del

umbral de enmascaramiento de ruido se compara con la diferencia de intensidad de la voz original y codificada que determina si la distorsión es perceptible.

El indicador de distorsión perceptible se denota por $M(i)$, donde i es i -enésima banda crítica. Cuando la distorsión es perceptible, $M(i)$ es 1, de lo contrario $M(i)$ es 0. El cálculo de MBSD está dado por la siguiente formula.

$$MBSD = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left[\sum_{i=1}^K M(i) \left| L_x^{(j)}(i) - L_y^{(j)}(i) \right| \right] \quad (2)$$

N =número de tramas procesadas

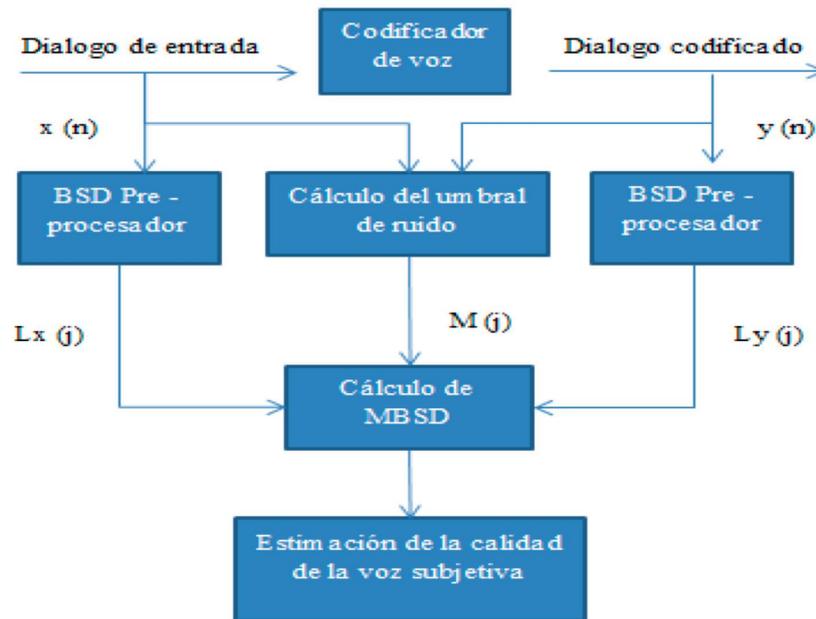
K =número de bandas críticas

$L_x^{(j)}(i)$ = Espectro de Bark de la i -enésima trama del dialogo original

$L_y^{(j)}(i)$ = Espectro de Bark de la i -enésima trama del dialogo codificado

$M(i)$ = Indicador de distorsión en i -enésima banda crítica

La distorsión imperceptible es excluida en el cálculo MBSD multiplicando $M(i)$, ya que $M(i)$ es cero cuando la distorsión no es perceptible. Así, el valor de MBSD puede ser definido como la diferencia media de la intensidad estimada que sólo es perceptible (W. Yang, 1997)



Análisis de las señales de audio utilizando el método MBSD

Para la obtención de un valor de dimensionamiento objetivo, que ofrezca la correlación de la ganancia de la señal filtrada y señal con ruido, se ha implementado en la herramienta de cálculo matemático Matlab, debe ser utilizado para manejar una muestra de 20m de cada una de las señales con ruido y filtrada respectivamente. Para el ajuste de las señales se tomaron los picos máximos de ambas señales como se muestra en la Figura 10 y de acuerdo a su posición se ha calculado el número de muestras recorridas por las que se

ha desfasado la señal filtrada, para lo cual se ha utilizado la fórmula.

$$\#muestra = Fr(Nyquist) * Tiempo de la señal \quad (3)$$

$$Fr(Nyquist) = 8Khz$$

Tiempo de la señal = Tiempo en el eje x de la señal pico a ser comparada.

Una vez que se ha conseguido ajustar ambas señales, señal con ruido y señal filtrada respectivamente, se procede a coger 20m o 160 muestras de cada una de las señales como se lo muestra en la Figura 11.

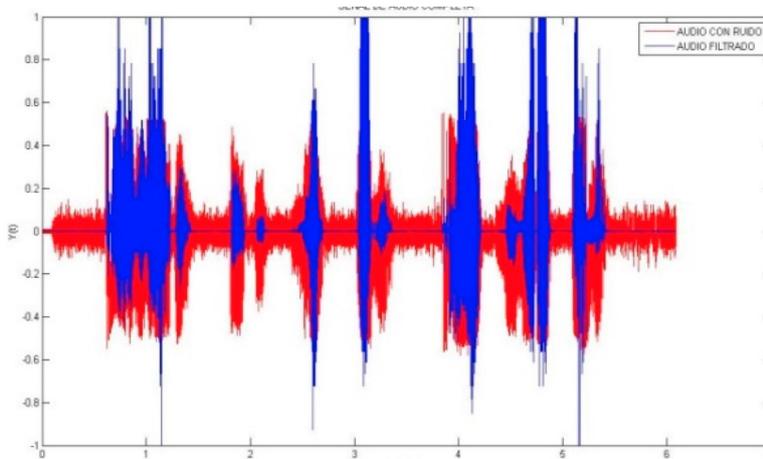


Figura 10. Gráfico de las señales originales y Gráfico de las muestras de las señales.

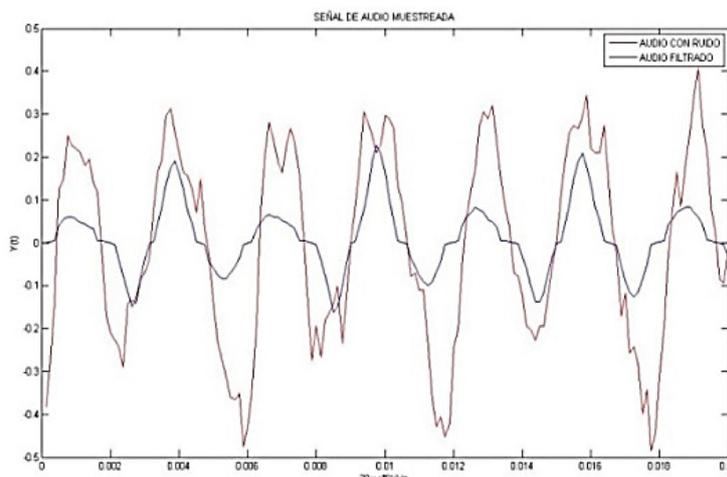


Figura 11. Gráfico de las señales originales y Gráfico de las muestras de las señales.

Es importante tomar muestras de señal con amplia información (picos altos de información). Luego de tomar varias muestras, y por ende realizar varios cálculos, se determinó que el valor promedio del dimensionamiento objetivo, que dé la correlación de la ganancia de la señal filtrada y señal con ruido, es de 8,77dBs como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados de la ejecución del programa MBSB.

Prueba	Ganancia dBs	Tiempo de Muestra
1	10,67	1,1
2	7,26	2,1
3	7,08	3,15
4	9,088	4,15
5	9,78	5,15
Ganancia Promedio	8,7756	

II. CONCLUSIONES

Se llegó a determinar que los filtros FIR son los más idóneos para la implementación en sistemas embebidos, permitiendo manipular señales de audio en tiempo real, manipulando altas tasas de muestreo, esta característica es ideal ya que la tarjeta de desarrollo FPGA Spartan 3A presenta algoritmos dedicados a optimizar sistemas de audio.

Se establece un sistema para el mejoramiento de calidad auditiva capaz de ofrecer las mismas ventajas y rendimientos, que otros dispositivos establecidos en el mercado por empresas dedicadas a facilitar un ambiente de trabajo sin ruido.

Para aplicaciones comerciales debe considerarse la aplicación bajo sistemas embebidos con mayor capacidad de procesamiento, puesto que la utilizada en estas pruebas tenía cierta limitación, lo cual en pruebas

de laboratorio saturaban la capacidad y por consiguiente la pérdida de información.

El umbral de enmascaramiento de ruido es utilizado para mejorar la calidad de la voz; por lo que se analizó la ganancia de codificación para demostrar que la misma podría ser obtenida sin perder la calidad de la voz. Debe considerarse como factor fundamental la transmisión de muestras espectrales por debajo del umbral de enmascaramiento del ruido.

La distorsión imperceptible es excluida, si se realiza el análisis de la obtención de una medida de calidad de audio objetiva MBSD, ya que el Indicador de distorsión en *i*-ésima banda crítica, es cero cuando la distorsión no es perceptible.

IV. REFERENCIAS

- Aplicaciones de la Reflexión del Sonido. (12 diciembre 2011). Retrieved from http://www.lpi.tel.uva.es/nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_04_05/i09/public_html/propagacion.html
- Audífonos de última generación (10 febrero 2012). Retrieved from <http://www.vivir.mejor.com/audifonos-y-dispositivos-tecnologicos-para-garantizar-la-inteligibilidad->
- Centro del audífono. (2011, Enero). Centro del audífono. Retrieved from http://www.centrodelaudifono.es/causa_pa.html
- CEPAL. (2011). Las personas con discapacidad en América Latina. Santiago de Chile: UNFPA.
- Francisco Pérez Olivares, Mara Francisco, Mercedes Rodríguez, Carolina Abdala. (2014). Nuestra experiencia en tres años con pacientes implantados por sordera unilateral. V Congreso Iberoamericano de Implantes Cocleares y Ciencias Afines.
- Corozo Alvarez, G. (20 diciembre 2011). Efectos de la salud por exposición a ruido industrial. Retrieved from http://www.espaciologopedico.com/articulos/articulos2.php?Id_articulo=320.
- Distribución de las personas con discapacidad por tipo de deficiencia. (26 octubre 2011). Retrieved from <http://www.conadis.gob.ec/estadisticas.htm>.
- Corzo Alvarez, G. (25 noviembre 2011). Ruido Industrial y efectos a la Salud. Retrieved from <http://www.medspain.com/colaboraciones/ruidoindustrial.htm>
- Ecología y Vida. (Junio de 2013). <http://www.ecologia-vida.com.ar/>. Retrieved from http://www.ecologiavida.com.ar/index.php?option=com_content&task=view&id=101&Itemid=42
- Efectos del ruido en la Salud (15 noviembre 2011). Retrieved from <http://www.botanical-nline.com/ruidosalud.htm>
- Efectos del ruido prolongado sobre el organismo (3 diciembre 2011). Retrieved from http://www.franmass.com/2011_08_01_archive.html
- European Agency for Safety and Health at Work. (2012). Data to describe the link between OSH and employability. Bilbao: Monitoring.
- Family Doctor. (2008, Agosto). Family Doctor. Retrieved from <http://familydoctor.org/familydoctor/es/prevention-wellness/staying-healthy/occupationalhealth/hearing-noise-induced-hearing-loss.html>
- Federico Miyara (12 diciembre 2011). Filtros activos. Retrieved from <http://fceia.unr.edu.ar/enica3/filtros-t.pdf>
- Fundación Científica y Tecnológica. (24 octubre 2011). Retrieved from www.cienciaytrabajo.cl
- GAES. (2012, Octubre). <http://www.viviendoelsonido.com/>. Retrieved from <http://www.viviendoelsonido.com/pages/index/ruido-y-trabajo>
- Walt Whitman (12 enero 2012) Laboratorio de Electrónica de la Universidad Simón Bolívar, Venezuela (LabcUsb).. La cóclea como analizador en frecuencia. Retrieved from http://www.labc.usb.ve/paginas/EC4514/AUDIO/Sistema%20Auditivo/LA_COCLEA.html
- Las cualidades del sonido (25 noviembre 2011). Retrieved from <http://oscrove.wordpress.com/teoría-musical-el-sonido/las-cualidades-del-sonido>
- Maxinez, D. G., & Alcalá, J. (2002). VHDL El arte de programar sistemas digitales. México D.F.: Compañía editorial Continental.
- Medlab. (2005, Noviembre). Retrieved from <http://www.medlab.com.ni/>. Retrieved from http://www.medlab.com.ni/medio_amb.php
- Ministerio del Ambiente Colombia. (2006, Febrero). Retrieved from <http://www.minambiente.gov.co/>. Retrieved http://www.minambiente.gov.co/documentos/3126_1727_Documento_soporte_ruido_mayo_25.pdf
- David Allie (4 - Safety.com) (OSHA, 2005). Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo Reducción y Control del ruido. Retrieved from http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Rev_INSHT/2005/36/FactS_58.pdf

- Ruido y exposición laboral (noviembre 2011). Retrieved from <http://www.jmcprl.net/glosario/ruido.htm>
- Sánchez, J. J., & Ruiz, A. B. (2011). Cambios educativos y formativos para el desarrollo humano y sostenible. Murcia: Ediciones de la Universidad de Murcia
- Sense Internacional. (2010, Septiembre). Retrieved from <http://www.sordoceguera.org/>. Retrieved from http://www.sordoceguera.org/vc3/sub/mapa_sitio.php
- Salazar Bugueño, A. M. (2012). Pérdida auditiva por contaminación acústica en Santiago de Chile. Tesis doctoral del Programa “Geografía, Planificación Territorial y Gestión Ambiental”, Universidad de Barcelona. www.tesisenred.net/handle/10803/98298
- Sonido y oído (12 enero 2012). <http://labandadel17.blogspot.com>
- Universidad de Córdoba Escuela Politécnica Superior. (2001, Septiembre). <http://rabfis15.uco.es/>. Retrieved from [http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/\(4\)%20efectos%20del%20ruido/efectos%20del%20ruido%20en%20la%20audicion.htm](http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/(4)%20efectos%20del%20ruido/efectos%20del%20ruido%20en%20la%20audicion.htm)
- Vida y Salud en Línea de la Dra. Aliza. (2008, Agosto). Retrieved from <http://www.vidaysalud.com/>. Retrieved from <http://www.vidaysalud.com/su-salud-de-a-a-z/sintomas/perdida-de-la-audicion-en-adultos/>
- W. Yang, M. D. (1997). A modified bark. IEEE Speech Coding Workshop. <https://scholar.google.com.ec/>

Diagnóstico del agua utilizada en las procesadoras de café del Municipio Caripe - Estado Monagas, Venezuela

Auristela Malavé^{1*}; Ramón Silva-Acuña¹; Miguel Ángel-Martínez²; Jesús Rafael Méndez-Natera³; Renny Barrios-Maestre⁴.

Resumen

Latinoamérica es la región de mayor producción de café del mundo y en Venezuela Monagas conforma uno de los estados productores en la zona del Municipio Caripe, el cual se surte de cuenca hidrográfica siendo el río Caripe su principal recurso hídrico. La finalidad del presente trabajo consistió en realizar un primer diagnóstico para la calidad del agua utilizada durante el proceso de beneficiado húmedo del café en las pocas procesadoras que aún operan en el Municipio Caripe, considerando específicamente las ubicadas en las Fincas: "Agropecuaria Cantarrana", "Gualberto", "Cocollar", "Lisieux" y "Las Acacias"; a manera de determinar si los parámetros evaluados cumplen con los valores permitidos para la Legislación Venezolana vigente. En base a los resultados obtenidos, en general se observó que todos los parámetros evaluados cumplen con los límites permitidos en cuanto a su calidad, a excepción del análisis microbiológico relacionado con los niveles de coliformes totales cumplido sólo para la beneficiadora "Cantarrana"; mientras que las demás productoras incumplen con este parámetro de calidad siendo bastante evidente en el caso de la procesadora "Cocollar", cuya agua presentó los más altos niveles para estos patógenos (240 para el índice de Número Más Probable/100 mL), que son indicativos de contaminación microbiológica.

Palabras Clave: Recurso hídrico, calidad de agua, beneficiado del café, Municipio Caripe.

Diagnosis of the water used in coffee processors of the Caripe Municipality - Monagas State, Venezuela

Abstract

Latin America is the region with the highest coffee production in the world, and Monagas is one of the producing states in the area of the Caripe Municipality, Venezuela, which is supplied with a hydrographic basin, being the Caripe River its main water resource. The purpose of this study was to conduct a preliminary assessment to the quality of water used during the wet coffee processing in the few processors that still operating in the Caripe Municipality. It was considered specifically those located in "Agropecuaria Cantarrana", "Gualberto", "Cocollar", "Lisieux", and "Las Acacias" farms, in order to determine whether the evaluated parameters meet the allowed values for the current Venezuelan Legislation. Based on the results obtained, in general it was observed that all parameters evaluated comply with the permitted limits in terms of quality, except for microbiological analysis related to the levels of total coliforms fulfilled only for "Cantarrana" processor. While other producers fail to comply with this quality parameter, being quite evident in the case of the "Cocollar" processor whose water had the highest levels for these pathogens (240 for the Most Probable Number/100 mL index), which are indicative of microbiological contamination.

Keywords: Water resource; water quality; coffee processors; Caripe Municipality.

Recibido: 16 de septiembre de 2016

Aceptado: 9 de mayo de 2017

¹Auristela Malavé, Ph.D. Docente/Investigador, Postgrado en Agricultura Tropical, Núcleo de Monagas - Universidad de Oriente. Juanico, Maturín - Estado Monagas, Venezuela. E-mail: aumalave@udo.edu.ve Telf-Fax: +58-291-6417749, Móvil: +58-414-8538662.

² Ramón Silva-Acuña, Ph.D. Docente/Investigador, Postgrado en Agricultura Tropical, Núcleo de Monagas - Universidad de Oriente. Juanico, Maturín - Estado Monagas, Venezuela. E-mail: drramonsilvaa@gmail.com Telf-Fax: +58-291-6417749, Móvil: +58-424-9569029.

³ Miguel Ángel Martínez, M.Sc. Empleado Profesional, Petróleos de Venezuela S. A., Gas Anaco. Anaco - Estado Anzoátegui, Venezuela. E-mail: martinezmtc@pdvsa.com Móvil: +58-416-9932149.

⁴ Jesús Rafael Méndez-Natera, M.Sc. Docente/Investigador, Escuela de Agronomía, Núcleo de Monagas - Universidad de Oriente. Campus Los Guaritos, Maturín - Estado Monagas, Venezuela. E-mail: mendeznatera@gmail.com Móvil: +58-416-5888557.

⁵ Renny Barrios-Maestre, M.Sc. Docente/Investigador, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, San Agustín de La Pica, Maturín - Estado Monagas, Venezuela. E-mail: rennybarrios@gmail.com

*Autor para la correspondencia: aumalave@udo.edu.ve

I. INTRODUCCIÓN

Hasta alrededor de los últimos años del siglo pasado, el agua había sido considerada un recurso natural inagotable. Sin embargo, el actual milenio trajo consigo el entendimiento mundial de que la misma puede ser inagotable, siendo su progresiva y marcada dirección hacia la escasez uno de los principales retos geopolíticos planetarios a encarar con respecto a un manejo más integral de los recursos hídricos, conceptualizados en una gestión mucho más eficiente, donde se contemple la no contaminación, su ahorro y reutilización (Valencia *et al.*, 2012; Douterelo *et al.*, 2014; Petrie *et al.*, 2015; Hu *et al.*, 2016). En este aspecto, es común que en muchas partes del mundo se empleen sistemas de recuperación como una manera efectiva de suplir los reservorios de agua potable (Gerrity *et al.*, 2013; Rice y Westerhoff, 2014). No obstante, hoy en día es necesario tener en cuenta que el marcado crecimiento poblacional, a lo largo de las últimas décadas, consecuentemente también incrementó las actividades antropogénicas a través de un mayor uso de productos para el cuidado diario, además de fármacos y drogas ilícitas junto con sus metabolitos, entre otros (Michael-Kordatou *et al.*, 2015; Wilkinson *et al.*, 2016); los cuales constituyen especies tóxicas que en su mayoría son transportadas desde los sistemas de drenaje hacia cuerpos hídricos receptores originando su contaminación (Petrie *et al.*, 2015).

El agua es esencial para todas las formas de vida y en relación con el planeta, América Latina dispone de abundantes recursos naturales incluyendo grandes reservorios hídricos que sustentan en gran medida las amplias expectativas para el desarrollo bioeconómico de la región destacada por su gran producción de productos agrícolas para el mundo, donde el café representa el rubro más comercializado, luego del petróleo, con Brasil al frente como el mayor productor/exportador a nivel mundial (Malavé y Maza, 2015); donde el agua conforma el recurso fundamental en la agroindustria cafetalera, la cual es crucial para la economía de muchos países Latinoamericanos al proporcionar empleo a millones de personas que participan en su cultivo, procesamiento, comercialización y mercadeo (Hughes *et al.*, 2014).

Una vez que los frutos maduros del café (café cereza) se cosechan, los mismos se convierten en un material altamente perecedero que rápidamente debe

ser transformado a café pergamino seco (café verde), con el fin de preservar su alta calidad intrínseca como producto de mercado, a través de una serie de operaciones técnicas denominadas “beneficio” (Puerta, 2006), que involucran las etapas inherentes al desprendimiento y retiro de los envoltorios externos (pulpa, mucílago, pergamino y película plateado) que cubren los granos o semillas mediante dos procesos: seco y húmedo (USAID, 2003); siendo este último el utilizado tradicionalmente en la gran mayoría de los países productores del rubro que al emplear agua, como medio facilitador y de transporte, denomina al proceso beneficiado húmedo (Rodríguez, 2009).

El beneficio húmedo del café se puede realizar por métodos convencionales a través de tanques de fermentación natural, para remoción del mucílago por degradación (Peñuela, 2010), donde posteriormente el café se lava con agua limpia empleando volúmenes que varían de 4 a 20 L por cada Kg de café pergamino seco (Roa *et al.*, 1999). La fermentación constituye una de las etapas más críticas del proceso de beneficiado, por lo que un descontrol del tiempo conlleva a una mala calidad en los granos; los cuales, por ende, dan lugar a una bebida con sabor y aroma a vinagre, fermento, vino, piña, cebolla y rancia en función del tiempo que los granos permanezcan sin lavar, junto con pérdidas económicas significativas (Peñuela, 2010).

Además del proceso anterior, existe un proceso de beneficiado húmedo más nuevo (ecológico) que utiliza un desmucilagador para la remoción mecánica del mucílago con grandes reducciones del agua utilizada en el proceso global, cercanas a 1 L por Kg de café pergamino seco (Oliveros-Tascón *et al.*, 2013), y constituye el proceso amigable con el ambiente que permite obtener los cafés de alta calidad física y de taza, definido como el conjunto de operaciones realizadas para transformar el café cereza en café pergamino seco (café verde), conservando la calidad exigida por las normas de comercialización, evitando pérdidas del producto y eliminando procesos innecesarios; aunado al aprovechamiento de los subproductos, lo cual representa el mayor ingreso económico para el caficultor y la mínima alteración del agua estrictamente necesaria en el beneficio (Roa *et al.*, 1999), integrada con un manejo eficiente a manera de garantizar la sostenibilidad de este recurso hídrico tan vital (Cárdenas, 2014).

Varios reportes coinciden en destacar que la remoción del mucílago, bien sea mecánicamente o por fermentación, no tiene efecto en la calidad de la bebida en taza; siempre y cuando sea removido totalmente al lavar con agua cuya calidad en higiene y limpieza sean las adecuadas para la elaboración de alimentos (Roa *et al.*, 1999; Oliveros-Tascón *et al.*, 2011a; 2011b).

Por tradición Venezuela era un país exportador de productos agrícolas, donde el café constituyó uno de sus principales rubros (Malavé *et al.*, 2009; Malavé y Maza, 2015). Sin embargo, ya para inicios de la década pasada esta actividad comenzó a mermar y a los pocos años cesaron estas exportaciones para cubrir la demanda nacional (ICO, 2016); siendo Monagas uno de los principales estados que se ha mantenido como productor del rubro, destacándose el Municipio Caripe como el área que ubica a la mayoría de las procesadoras que se han mantenido operativas en la producción de café en toda la zona, con un aproximado de 13.000 ha (Silva-Acuña *et al.*, 2010). Estas procesadoras benefician el café con agua surtida principalmente del río Caripe, cuya naciente se encuentra en un conjunto de microcuencas que conforman el Sistema Hidráulico del Macizo Montañoso del Turimiquire; donde, además, se originan otros ríos de gran importancia como el Neverí, Manzanares, Amana y Guarapiche, entre otros; los cuales abastecen a la región nororiental del país, incluyendo a la Isla de Margarita y el resto de la zona Insular (Marchetti, 2016).

Dada la importancia del Turimiquire como fuente hídrica de la zona caficultora del estado Monagas, el presente trabajo tuvo como propósito realizar, por primera vez, un diagnóstico de la calidad del agua empleada durante el proceso de beneficiado húmedo del café en el Municipio Caripe, en base a la determinación de los distintos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, a manera de obtener valores de referencia y determinar si los mismos cumplen con la Normativa Venezolana Vigente.

II. DESARROLLO

1. Materiales y Métodos

La presente investigación se realizó en el Municipio Caripe, al norte del estado Monagas de la República Bolivariana de Venezuela (Fig. 1), el cual se surte de cuenca hidrográfica siendo el río Caripe su principal

recurso hídrico. Este municipio se encuentra ubicado geográficamente en LN: 10° 04'- 10° 19'; y LO: 63° 11'- 63° 37', con temperaturas entre 12 y 24° C, precipitación promedio anual de 1.124 mm, altitud alrededor de 1.050 msnm, con presencia de valles y depresiones importantes, cuyas pendientes son superiores a 12%, donde predomina la vegetación de bosque húmedo premontano, en suelos mayormente del orden inceptisol (Malavé *et al.*; 2009); siendo todo el municipio uno de los centros turísticos más importantes del país dentro del Macizo Montañoso del Turimiquire (Marchetti, 2016).

Dentro de las pocas procesadoras de café que aún operan en el Municipio Caripe, se encuentran las ubicadas en las Fincas: "Agropecuaria Cantarrana", "Gualberto", "Cocollar", "Lisieux" y "Las Acacias"; las cuales conforman las beneficiadoras en funcionamiento objeto del presente estudio, sometidas por primera vez a un diagnóstico físico-químico y microbiológico del agua potable, proporcionada a través de la red de tuberías de distribución, utilizada durante el proceso de beneficiado húmedo secuencial mediante remoción mecánica del mucílago y cuyo tiempo es bastante corto en comparación con el proceso convencional.

Metodología

De acuerdo con las acepciones más ampliamente difundidas por distintos autores, el método comprende la noción de la ruta direccionada hacia el alcance de ciertos objetivos a través de un escenario dimensionado en fundamentos ya no sólo prácticos sino también teóricos (Pérez, 2003; Fontaines, 2012). En tal sentido, el presente trabajo se corresponde con un estudio de tipo descriptivo, observacional y documental condicionado a un diseño no tradicional, cuyos alcances se caracterizan como una investigación realizada mayormente a nivel exploratorio considerando la determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en las aguas utilizadas en el proceso de beneficiado húmedo del café como algo que hasta el momento no se ha realizado en el contexto local evaluado y cuyos resultados sirven como referencia para ajustar alternativas conducentes hacia el control del grado de calidad del producto elaborado en las procesadoras de café comprometidas con la ejecución del presente trabajo.

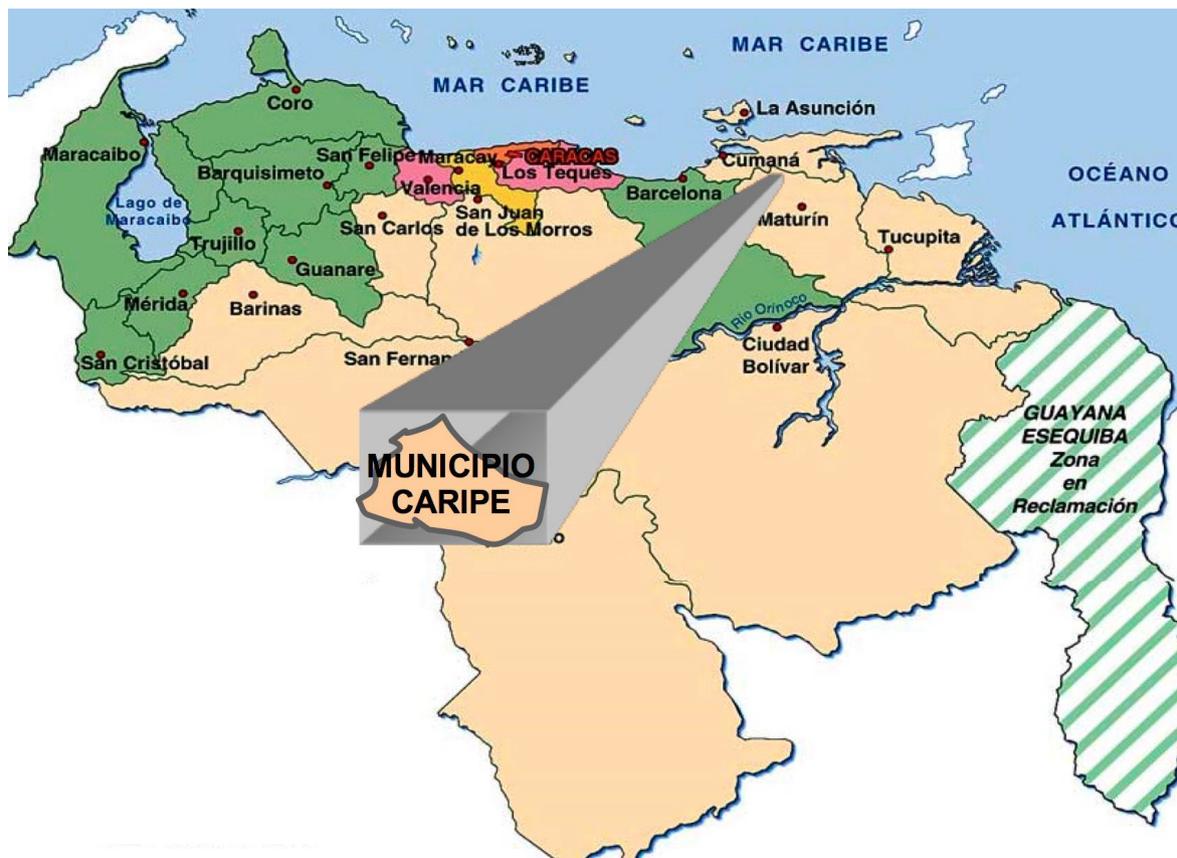


Figura 1. Ubicación geográfica de la zona productora de café en Venezuela.
Fuente: Mapas-Venezuela (2016) □ imagen modificada por autores □.

alcances se caracterizan como una investigación realizada mayormente a nivel exploratorio considerando la determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en las aguas utilizadas en el proceso de beneficiado húmedo del café como algo que hasta el momento no se ha realizado en el contexto local evaluado y cuyos resultados sirven como referencia para ajustar alternativas conducentes hacia el control del grado de calidad del producto elaborado en las procesadoras de café comprometidas con la ejecución del presente trabajo.

Toma y Conservación de Muestras

Considerando la época de cosecha y procesamiento de los frutos de café, el muestreo de las aguas en las distintas fincas se realizó entre octubre y diciembre de 2015, programados en uno/mes para un total de tres muestreos en cada procesadora. Para la toma de muestras se procedió de acuerdo con la normativa venezolana COVENIN 2709 (2002) aplicable al muestreo de aguas

naturales, industriales y residuales. En este aspecto, en cada una de las procesadoras se tomaron muestras en botellas plásticas de 750 mL de capacidad, provenientes siempre de la misma tubería de suministro del agua empleada en el proceso global de beneficiado, realizada en cada caso mediante la obtención de una muestra compuesta, colectada a partir de tres submuestras de 250 mL antes, durante y al final del proceso a manera de lograr valores de referencia para la calidad de estas aguas. En cada uno de los diferentes muestreos programados, las muestras etiquetadas se mantuvieron refrigeradas en cavas con hielo hasta su traslado al laboratorio para los análisis correspondientes.

Procedimiento Analítico

Todas las muestras de agua provenientes de las distintas beneficiadoras se analizaron en el laboratorio EUROLAB SERVICES, ubicado en Anaco, Estado Anzoátegui de la República Bolivariana de Venezuela; donde se determinaron las variables fisicoquímicas que incluyeron pH, turbiedad, sólidos (totales, suspendidos

y sedimentables), nitrógeno total, fósforo total, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, conductividad eléctrica, color real, aceites y grasas; junto con las microbiológicas: coliformes totales y fecales, de acuerdo a las metodologías estándares para análisis de aguas (Rice *et al.*, 2012).

Análisis Físico-Químico

La determinación de pH se realizó por la norma COVENIN 2462 (2002); el color real mediante el método de comparación visual (COVENIN 3024, 1993). La determinación de: conductividad eléctrica, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), y la demanda química de oxígeno (DQO), por la metodología de Rice *et al.* (2012). El fósforo total (PT), se determinó por la norma COVENIN 3051 (1993), el nitrógeno total (NT), los sólidos totales (ST) y sólidos suspendidos (SS) presentes en las muestras se determinaron por análisis gravimétrico y de manera similar los sólidos sedimentables (Rice *et al.*, 2012). La turbiedad que presentaron las diferentes muestras, se determinó empleando un turbidímetro (nefelómetro) (Rice *et al.*, 2012) y el contenido de aceites y grasas presente en las diferentes muestras, por la norma COVENIN 2831 (2002).

Análisis microbiológico

Los coliformes totales y fecales presentes en cada muestra, se estimaron mediante la técnica de fermentación en tubos múltiples expresados en términos de número más probable (NMP) en 100 mL, de acuerdo al método estándar para análisis de aguas y efluentes residuales (Rice *et al.*, 2012).

2. Resultados y Discusión

El agua es esencial para la vida y todos en el planeta deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible) para los distintos usos domésticos habituales como la higiene personal. No obstante, puede necesitarse agua de mayor calidad para algunos fines muy particulares que incluyen la producción de alimentos (OMS, 2006). En base a esto, a manera de dar cumplimiento a la normativa vigente para la Legislación de la República Bolivariana de Venezuela en las procesadoras de café que operan en el Municipio Caripe, en cada una de éstas se evaluó la calidad de las aguas utilizadas durante el beneficiado húmedo a través de la determinación de los parámetros de calidad del agua procedente de la red de acueducto, la cual está

clasificada como agua Tipo 1: “Aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera de agua potable siempre que ésta forme parte de un producto o sub-producto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él”, tal como lo establece el artículo 3 del Decreto N° 883 (GORV, 1995). En tal sentido, es obligatorio constatar que las mismas cumplen con las Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable establecidas por el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social en Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 36.395 (GORV, 1998); cuyos resultados promedio, para los distintos parámetros estudiados en el agua utilizada en cada beneficiadora, se ilustran en la Tabla 1.

Al observar la Tabla 1, se puede apreciar que para algunos de los parámetros analizados no existe directriz en relación a un valor límite específico para conductividad, sólidos solubles, sólidos sedimentables y fosforo total; lo cual podría estar conectado a la falta de suficientes estudios relativos a los efectos de esta sustancia en los humanos o debido a la imposibilidad de que esa sustancia alcance una concentración peligrosa en el agua, bien sea porque es insoluble o por su escasez, haciendo imposible que exista directriz para definir un valor límite (Lenntech, 2014).

En base a la legislación venezolana vigente (GORV, 1998), al detallar los resultados correspondientes al análisis del agua suministrada por la red de acueducto utilizada en el beneficiado húmedo del café en cada una de las procesadoras (Tabla 1), se observa que todos los parámetros evaluados cumplen con los límites permitidos en cuanto a su calidad

En base a la legislación venezolana vigente (GORV, 1998), al detallar los resultados correspondientes al análisis del agua suministrada por la red de acueducto utilizada en el beneficiado húmedo del café en cada una de las procesadoras (Tabla 1), se observa que todos los parámetros evaluados cumplen con los límites permitidos en cuanto a su calidad, a excepción del análisis microbiológico relacionado con los niveles de coliformes totales cumplido sólo para la beneficiadora “Cantarrana”; mientras que las demás productoras incumplen con este parámetro de calidad siendo bastante evidente en el caso de la procesadora “Cocollar”, cuya agua presentó los más altos niveles para estos patógenos (240 para el índice de Número Más Probable/100 mL), como parámetro indicativo de contaminación (Besner *et al.*, 2011; Hayes y Forsythe, 2012; Stauber *et al.*, 2016).

Tabla 1. Caracterización del agua de la red de acueducto utilizada en el proceso de beneficiado húmedo para cada procesadora sometida al diagnóstico en el Municipio Caripe – Estado Monagas, Venezuela.

Parámetro	Cantarrana	Lisieux	Acacias	Cocollar	Gualberto	L.P. (LV)
pH	7,9	8,3	8,2	7,7	8,2	6-9
Turbiedad (UNT)	1	1	1	4	5	5
Color real (U Pt-Co)	6	12	16	26	26	15
Conductividad (mS/cm)	0,45	0,32	0,31	0,32	0,26	N.E
Sólidos [ST] (mg/L)	304	204	192	212	202	1.000
Sólidos [SS] (mg/L)	N.D	36	4	12	24	N.E
Sólidos [SSed] (mg/L)	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.E
Fosforo total (mg/L)	0,10	N.D	0,13	N.D	N.D	N.E
Nitrógeno total (mg/L)	1,64	0,55	0,55	1,09	1,09	10
Aceites y grasas (mg/L)	2	N.D	2	N.D	2	A
DBO (mg/L)	N.D	6	11	N.D	1	A
DQO (mg/L)	15	3	8	3	21	A
Coliformes totales (NMP/100 mL)	1	66	9	240	13	2
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	N.D	1	N.D	2	N.D	0

L.P. (LV): Límite Permitido (Legislación Venezolana). N.D: No Detectado. A: Ausente. N.E: No Especificado.

Las bacterias fecales constituyen el principal indicador de riesgo patógeno dentro de los estándares microbiológicos para calidad de agua en la gran mayoría de los países (Sammon *et al.*, 2010; Boubetra *et al.*, 2011). Sin embargo, debido a que la presencia de *Pseudomonas* en el agua potable es un hecho bastante común (Nawrocki *et al.*, 2010; Douterelo *et al.*, 2013), muy recientemente se han sugerido como buenos indicadores de riesgo humano (Douterelo *et al.*, 2016); siendo, además, una actualidad bien real que los nuevos enfoques y avances en procedimientos metodológicos han logrado evidenciar la proliferación de microorganismos, estructurados en comunidades bacterianas y fúngicas, cuya presencia han deteriorado la seguridad del vital líquido tanto en sus reservorios como en las redes de distribución que surten a los usuarios (Douterelo *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2016; Stauber *et al.*, 2016).

En general, la calidad del agua utilizada en la elaboración de productos de consumo debe reunir una serie de características y cualidades acordes con el agua potable que aseguren la prevención de enfermedades y, consecuentemente, los riesgos y peligros asociados a la salud humana en función de un suministro libre de patógenos (Stanfield, 2003; Iriarte y Gómez, 2008). Sin embargo, puede suceder que algún desagüe de alcantarilla de aguas negras pueda estar en las proximidades de las redes de distribución, las cuales

también podrían presentar problemas de corrosión originados por el desarrollo de biopelículas microbianas, dentro de las superficies internas de las tuberías, que favorecen situaciones como la multiplicación de una diversidad de microorganismos patógenos oportunistas (Lehtola *et al.*, 2007), que pueden sobrevivir dentro de las mismas originando cambios que deterioran la seguridad del agua potabilizada en cuanto a coloración (Husband *et al.*, 2008), olor y sabor (Szewzyk *et al.*, 2000; Hallan *et al.*, 2001) y producción de toxinas (Hageskal *et al.*, 2007; Siqueira *et al.*, 2013), debido principalmente a la falta de desinfección o a fallas para proveer los niveles apropiados de cloro (Lee y Schwab, 2005); donde la normativa venezolana recomienda una concentración de 0,5 mg/L (GORV, 1998), lo cual es bastante difícil de manejar en las aguas de las redes de distribución poblacional (Munavalli y Mohan-Kumar, 2005).

Actualmente el conocimiento sobre la ecología de los distintos microorganismos que habitan dentro de la infraestructura de las redes de distribución de agua potable constituye un desafío, debido a las grandes dificultades de acceso a las biopelículas formadas por la asociación de las distintas especies de hongos y bacterias en las superficies internas de las tuberías; donde, en general, lo poco que se sabe proviene de ensayos de laboratorio con pocos microorganismos seleccionados y bajo condiciones controladas que no representan la verdadera dinámica real “in situ” (Douterelo *et al.*,

2014). Más recientemente Douterelo *et al.* (2016), reportaron que las fuentes de agua potable constituyen el “semillero” de los microorganismos formadores de biopelículas por sus capacidades de incrementar resistencia a la desinfección (Soniago *et al.*, 2011; Pereira *et al.*, 2013). De esta manera, muchos patógenos logran sobrevivir durante los tratamientos de desinfección de los reservorios de agua desde donde, dependiendo de las condiciones hidráulicas establecidas para el caudal, viajan a través de los sistemas de acueducto y gran parte de ellos pueden llegar hasta los usuarios en niveles que son directamente proporcionales a la velocidad del flujo (Douterelo *et al.*, 2013; Holinger *et al.*, 2014). En tal sentido, se podría indicar que mientras más rápido son transportados los distintos microorganismos dentro de las tuberías de suministro, se acorta su tiempo de estadía dentro de las mismas y, en consecuencia, también su posibilidad de formar biopelículas. No obstante, son necesarios muchos estudios para comprender la complejidad de la ecología microbiológica existente en las redes de los acueductos reales que permitan establecer enfoques metodológicos efectivos para el monitoreo de estos sistemas de distribución en función de garantizar una mayor seguridad en la calidad del agua que reciben los usuarios. En este aspecto, a nivel de Latinoamérica Brasil se encuentra al frente de los avances con algunos estudios ya desarrollados sobre este tópico (Siqueira *et al.*, 2011; 2013; Pereira *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2013; 2016).

En Venezuela, la Ley Orgánica para la prestación de los servicios de agua potable y de saneamiento (GORBV, 2001), regula el suministro de agua captada a partir de cursos superficiales, embalses, lagos o acuíferos; los cuales pueden sufrir contaminación por efecto de lluvias torrenciales o inundaciones, requiriéndose elevar las precauciones en los controles de potabilidad previo a su distribución a los usuarios (Iriarte y Gómez, 2008).

En términos generales, los resultados de diagnóstico obtenidos en el presente estudio sugieren que los mayores riesgos microbianos derivan muy probablemente del uso de agua contaminada con excrementos humano o animal (incluidos los de aves), donde los patógenos fecales son los que más preocupan a la hora de fijar metas de protección que garanticen la inocuidad microbiana del abastecimiento de agua de consumo basadas en la aplicación de barreras múltiples, desde su origen o cuenca de captación hasta las fincas que ubican a las procesadoras de café, a fin de

evitar o reducir su contaminación a niveles que no sean perjudiciales mediante estrategias seguras para la salud pública (OMS, 2006).

En complemento a lo anterior, es apropiado tener en cuenta las características del relieve conformado por las depresiones y pendientes propias de la zona que ubica a las diferentes fincas procesadoras debido a que en la época de lluvias, éstas constituyen la principal vía de transporte de gran cantidad de residuos que pueden incluir contaminantes de naturaleza patógena; lo cual, podría ser un indicativo para sugerir que la contaminación microbiológica presentada por la procesadora “Cocollar” muy probablemente se debe a que es la única ubicada dentro de un área poblada que carece de sistemas de redes de aguas negras, mientras que las demás funcionan en sitios prácticamente aislados y, por ende, con más bajo riesgo de contaminación humana.

III. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo es perentorio que las beneficiadoras, exceptuando “Cantarrana”, evalúen en conjunto sus redes de tubería en el sistema de acueducto de distribución y las fuentes de origen proveedoras de agua para determinar los posibles focos de patógenos contaminantes en función de establecer las medidas de control necesarias para reducir o eliminar estos peligros, junto con un subsecuente monitoreo operativo que garanticen la inocuidad microbiana en el agua utilizada en el proceso de beneficiado húmedo del café, que en el caso de la finca “Cocollar” constituyen medidas urgentes.

IV. REFERENCIAS

- Besner, M.C.; Prévost, M.; Regli, S. (2011). Assessing the public health risk of microbial intrusion events in distribution systems: conceptual model, available data, and challenges. *Water Res.*, 45(3): 961-979.
- Boubetra, A.; Le Nestour, F.; Allaert, C.; Feinberg, M. (2011). Validation of alternative methods for the control of drinking water: application to *Escherichia coli*. *Appl. Environ. Microb.*, 70(10): 3360-3367.
- Cárdenas, R. (2014). Manejo integrado del recurso agua, en el proceso de beneficio húmedo del café, para la asociación de productores de café especial “Acafeto” en el Municipio del Fresno, Departamento del Tolima. Tesis de Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Contables,

- Económicas y Administrativas. Universidad de Manizales, Colombia. 164 p. Disponible en: http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/1265/1/Cardenas_Garzon_Rodrigo_Cristobal_2014.pdf
- COVENIN 3024. (1993). Aguas naturales, industriales y residuales. Determinación del color. Editorial FONDONORMA Caracas. Venezuela. Disponible en: <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/3024-93.pdf>
- COVENIN 3051. (1993). Aguas naturales, industriales y residuales. Determinación de fosforo. Editorial FONDONORMA Caracas. Venezuela. Disponible en: <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/3051-93.pdf>
- COVENIN 2462. (2002). Aguas naturales, industriales y residuales. Determinación del pH. 1ra Revisión, Editorial FONDONORMA Caracas. Venezuela. Disponible en: <http://www.aqc.com.ve/Catalogo/CatalogoCSaludAmbienteSeguridad.htm>
- COVENIN 2709. (2002). Aguas naturales, industriales y residuales. Guía para las técnicas de muestreo. 1ra Revisión, Editorial FONDONORMA Caracas Venezuela. Disponible en: <http://www.aqc.com.ve/Catalogo/CatalogoCSaludAmbienteSeguridad.htm>
- COVENIN 2831. (2002). Aguas naturales, industriales y residuales. Determinación del contenido de aceites y grasas e hidrocarburos extraíbles con n-hexano. 1ra Revisión, Editorial FONDONORMA Caracas. Venezuela. Disponible en: <http://www.aqc.com.ve/Catalogo/CatalogoCSaludAmbienteSeguridad.htm>
- Douterelo, I.; Sharpe, R.; Boxall, J. (2013). Influence of hydraulic regimes on bacterial community structure and composition in an experimental drinking water distribution system. *Water Res.*, 47(2): 503-516
- Douterelo, I.; Boxall, J.; Deines, P.; Sekar, R.; Fish, K.; Biggs, C. (2014). Methodological approaches for studying the microbial ecology of drinking water distribution systems. *Water Res.*, 65(1): 134-156.
- Douterelo, I.; Jackson, M.; Solomon, C.; Boxall, J. (2016). Microbial analysis of in situ biofilm formation in drinking water distribution systems: implications for monitoring and control of drinking water quality. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 100(7): 3301-3311.
- Fontaines, T. (2012). Metodología de la investigación: Pasos para realizar el proyecto de Investigación. Júpiter Editores C.A. Caracas, Venezuela. 182 p.
- Gerrity, D.; Pecson, B.; Trussell, R.S.; Trussell, R.R. (2013). Potable reuse treatment trains throughout the world. *J. Water Supply Res. T.*, 62(6): 321-338.
- GORBV. (2001). Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5.568. Ley orgánica para la prestación de los servicios de agua potable y de saneamiento (LOPSAPS). Disponible en: http://www.derechos.org.ve/pw/wp-content/uploads/ley_agua.pdf
- GORV. (1995). Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5.021. Decreto N° 883 Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. Venezuela. Disponible en: https://docs.google.com/file/d/oB2JFuo8D9_ZXN2YxMzcoMjQtZjliNSooMWU4LWJmJmMtNzIyYTI3MjhlNzdi/edit?hl=es&pli=1
- GORV. (1998). Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 36.395. Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable, Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Venezuela. Disponible en: <http://www.safeintl.com/descargas/NORMAS-SANITARIAS-DE-CALIDAD-DEL-AGUA-POTABLE.pdf>
- Hageskal, G.; Gaustad, P.; Heier, B.; Skaar, I. (2007). Occurrence of moulds in drinking water. *J. Appl. Microbiol.*, 102(3): 774-780.
- Hayes, P.; Forsythe, S. (2012). Higiene de los alimentos, microbiología y HACCP. Editorial Acribia, S.A. Segunda edición, Zaragoza, España. 511 p.
- Holinger, E.; Ross, K.; Robertson, C.; Stevens, M.; Harris, J.; Pace, N. (2014). Molecular analysis of point-of-use municipal drinking water microbiology. *Water Res.*, 49(1): 225-235.
- Hu, H-Y; Dua, Y.; Qian-YuanWu, Q-Y.; Zhao, X.; Tang, X.; Chen, Z. (2016). Differences in dissolved organic matter between reclaimed water source and drinking water source. *Sci. Total Environ.*, 551-552(1): 133-142.
- Hughes, S.; López-Núñez, J.; Jones, M.; Moser, B.; Cox, E.; Lindquist, M. (2014). Sustainable conversion of coffee and other crop wastes to biofuels and bioproducts using coupled biochemical and thermochemical processes in a multi-stage biorefinery concept. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 98(20): 8413-8431.
- Husband, P.; Boxall, J.; Saul, A. (2008). Laboratory studies investigating the processes leading to discolouration in water distribution networks. *Water Res.*, 42(16): 4309-4318.

- ICO. (2016). Exportable production by all exporting countries. Historical data on the global coffee trade. International Coffee Organization. Documento en línea disponible en: <http://www.ico.org/historical/1990%20onwards/PDF/1c-exportable-production.pdf>
- Iriarte, M.; Gómez, A. (2008). Potabilidad del agua de uso doméstico en el estado Nueva Esparta, Venezuela. *Rev. Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*, 39(2): 23-34. Disponible en: <http://www.scielo.org.ve/pdf/inhrr/v39n2/art05.pdf>
- Lee, E.; Schwab, K. (2005). Deficiencies in drinking water distribution systems in developing countries. *J. Water Health*, 3(2): 109-127.
- Lehtola, M.; Torvinen, E.; Kusnetsov, J.; Pitkanen, T.; Maunula, L.; Von Bonsdorff, C.; Martikainen, P.; Wilks, S.; Keevil, C.; Miettinen, I. (2007). Survival of *Mycobacterium avium*, *Legionella pneumophila*, *Escherichia coli*, and caliciviruses in drinking water associated biofilms grown under high-shear turbulent flow. *Appl. Environ. Microbiol.*, 73(9): 2854-2859.
- Lenntech. (2014). Estándares de calidad del agua potable. Regulaciones concernientes a la calidad del agua para consumo humano. Disponible en: <http://www.lenntech.es/estandares-de-calidad-del-agua.htm>
- Malavé, A; Carrero, P; Lemus, M; García, M. (2009). Contenido de boro en plantaciones de café (*Coffea arabica L.*) en dos localidades cafetaleras de Venezuela. *Idesia*, 27(1): 7-12.
- Malavé, A.; Maza, F. (2015). América Latina ¿Epicentro de la Bioeconomía Mundial?: Caso Agroindustria del Café. Primera Edición, Ediciones UTMACH (Universidad Técnica de Machala), ISBN: 978-9942-24-028-6. Machala – Ecuador.
- Mapas-Venezuela. 2016. Densidad poblacional de Venezuela. Disponible en: <http://www.a-venezuela.com/mapas/map/html/densidadpoblacional.html>
- Marchetti. (2016). Conoce el gran Turimiquire. El Blog de Marchetti. Disponible en: <http://elblogdemarchetti.blogspot.com/2010/08/conoce-el-gran-turimiquire.html>
- Michael-Kordatou, I.; Michael, C.; Duan, X.; He, X.; Dionysiou, D.; Mills, M.; Fatta-Kassinos, D. (2015). Dissolved effluent organic matter: Characteristics and potential implications in wastewater treatment and reuse applications. *Water Res.* 77(1): 213-248.
- Munavalli, G.; Mohan-Kumar, M. (2005). Water quality parameter estimation in a distribution system under dynamic state. *Water Res.*, 39(18): 4287-4298.
- Nawrocki, J.; Raczyk-Stanislawiak, U.; Świetlik, J.; Olejnik, A.; Sroka, M. (2010). Corrosion in a distribution system: steady water and its composition. *Water Res.*, 44(6): 1863-1872.
- Oliveira, B.; Barreto-Crespo, M.; San Romão, M.; Benoliel, M.; Samson, R.; Pereira, V. (2013). New insights concerning the occurrence of fungi in water sources and their potential pathogenicity. *Water Res.*, 47(16): 6338-6347.
- Oliveira, H.; Santos, C.; Paterson, R.R.; Gusmão, N.; Lima, N. (2016). Fungi from a groundwater-fed drinking water supply system in Brazil. *Int. J. Environ. Res Public Health*, 13(3): 304.
- Oliveros-Tascón, C.; Sanz-Urbe, J.; Montoya-Restrepo, E.; Ramírez-Gómez, C. (2011a). Equipo para el lavado ecológico del café con mucílago degradado con fermentación natural. *Rev. Ing. (Colombia)*, N° 33: 61-67. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n33/n33a8.pdf>
- Oliveros-Tascón, C.; Sanz-Urbe, J. (2011b). Ingeniería y café en Colombia. *Rev. Ing. (Colombia)*, N° 33: 99-114. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n33/n33a11.pdf>
- Oliveros-Tascón, C.; Sanz-Urbe, J.; Ramírez-Gómez, C.; Tibaduiza, C. (2013). Ecomill tecnología de bajo impacto para el lavado del café. *Avances Técnicos N° 432, Cenicafe*. 8 p. Disponible en: <http://www.cenicafe.org/es/publications/avto432.pdf>
- OMS. (2006). Guías para la calidad del agua potable. Recomendaciones, Organización Mundial de la Salud. Vol. 1. Tercera Edición. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
- Peñuela, A. (2010). Estudio de la remoción de mucílago de café a través de fermentación natural. Tesis de Maestría – Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Universidad de Manizales, Colombia. 84 p. Disponible en: http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/1072/1/Pe%C3%B1uela_Martinez_Aida_Esther_2010.pdf
- Pereira, V.; Marques, R.; Marques, M.; Benoliel, M.; Barreto-Crespo, M. (2013). Free chlorine inactivation of fungi in drinking water sources. *Water Res.*, 47(2): 517-523.
- Pérez, R. (2003). ¿Existe el método científico?.

- México: Ciencia para todos. Disponible en: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/161/html/metodo.html>
- Petrie, B.; Barden, R.; Kasprzyk-Hordern, B. (2015). A review on emerging contaminants in wastewaters and the environment: Current knowledge, understudied areas and recommendations for future monitoring. *Water Res.*, 72(1): 3-27.
- Puerta, G. 2006. Buenas prácticas agrícolas para el café. *Avances Técnicos* 349. CENICAFÉ, Colombia. 12 p. Disponible en: <http://www.cenicafe.org/es/publications/avto349.pdf>
- Rice, E.; Baird, R.; Eaton, A.; Clesceri, L. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22nd Edition. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), and Water Environment Federation (WEF).
- Rice, J.; Westerhoff, P. (2014). Spatial and temporal variation in de facto wastewater reuse in drinking water systems across the U.S.A. *Environ. Sci. Technol.*, 49(2): 982-989.
- Roa, G.; Oliveros, C.E.; Álvarez, J.; Ramírez, C.A.; Sanz, J.R.; Dávila, M.T.; Álvarez, J.R.; Zambrano, D.A.; Puerta, G.I.; Rodríguez, N. (1999). Beneficio Ecológico del café. Chinchiná (Colombia), Cenicafé. 300 p.
- Rodríguez, N. (2009). Estudio de un biosistema integrado para el postratamiento de las aguas residuales del café utilizando macrófitas acuáticas. Tesis Doctoral, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Valencia, España. Disponible en: <http://riunet.upv.es/handle/10251/4342>
- Sammon, N.; Harrower, K.; Fabbro, L.; Reed, R. (2010). Incidence and distribution of microfungi in a treated municipal water supply system in sub-tropical Australia. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 7(4): 1597-1611.
- Silva-Acuña, R.; Velásquez, L. y Barrios, R. (2010). El status quo de la caficultura en Caripe – Monagas. Disponible en: <http://es.calameo.com/books/00281388194c01508b3aa>
- Siqueira, V.; Oliveira, H.; Santos, C.; Paterson, R.; Gusmão, N.; Lima, N. (2011). Filamentous fungi in drinking water, particularly in relation to biofilm formation. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 8(2): 456-469.
- Siqueira, V.; Oliveira, H.M.; Santos, C.; Paterson, R.R.; Gusmão, N. Lima, N. (2013). Biofilms from a Brazilian water distribution system include filamentous fungi. *Can. J. Microbiol.*, 59(3): 183-188.
- Sonigo, P.; De Toni, A.; Reilly, K. (2011). A review of fungi in drinking water and the implications for human health. Report Bio Intelligent Service, France. Disponible en: <http://dwi.defra.gov.uk/research/completed-research/reports/dwi70-2-255.pdf>
- Stanfield, G.; LeChevallier, M.; Snozzi, M. (2003). Treatment efficiency. In: *Assesing microbial safety of drinking water: Improving approaches and methods*. London, U.K.: IWA Publishing. pp. 159-178.
- Stauber, C.; Wedgworth, J.; Johnson, P.; Olson, J.; Ayers, T.; Elliott, M.; Brown, J. (2016). Associations between Self-Reported Gastrointestinal Illness and Water System Characteristics in Community Water Supplies in Rural Alabama: A Cross-Sectional Study. *PLoS ONE* 11(1): e0148102. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4731071/pdf/pone.0148102.pdf>
- Szewzyk, U.; Szewzyk, R.; Manz, W.; Schleifer, K. (2000). Microbiological safety of drinking water. *Annu. Rev. Microbiol.*, 54(1): 81-127.
- USAID. (2003). Guía de prevención de la contaminación para el beneficiado de café en El Salvador. Disponible en: http://cdam.minam.gob.pe/multimedia/contaminacion_industrial/PDF%20files/Original_CD_PDF/alimento/a0001.pdf
- Valencia, E.; Aragón, R.A.; Romero, J. (2012). Potencial de reutilización del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales Nátaga en cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L). *Rev. Act. Div. Cient.*, 15(1): 77-86.
- Wilkinson, J.; Swinden, J.; Hooda, P.; Barker, J.; Barton, S. (2016). Markers of anthropogenic contamination: A validated method for quantification of pharmaceuticals, illicit drug metabolites, perfluorinated compounds, and plasticisers in sewage treatment effluent and rain runoff. *Chemosphere*, 159(1): 638-646.

Composición florística de las plantas suculentas del Parque Histórico Guayaquil

Martha Molina-Moreira^{1*}

Resumen

Se determinó la composición florística de la colección de plantas suculentas del Parque Histórico Guayaquil, a través de un estudio exploratorio y descriptivo, se realizó un inventario, mediciones dasométricas, estimaciones de densidad y cobertura relativa, se elaboró un catálogo y se propusieron lineamientos para retomar la idea inicial de recrear un ecosistema de espinar litoral. Se identificaron 34 especies, 24 géneros, 12 familias y nueve órdenes. La densidad absoluta fue de 401 individuos, con 24% de la población dominado por la familia Cactaceae, y *Armatocereus cartwrightianus* como la especie más abundante, con 32.7% de cobertura relativa. Se identificaron 25 plantas de valor ornamental, 12 plantas medicinales, siete comestibles, una especie endémica del Ecuador, de categoría En Peligro (EN) de extinción: *Jatropha nudicaulis*; ocho especies de la familia Cactaceae de comercio controlado, y ocho plantas nocivas o irritantes. No todas las especies identificadas forman parte del ecosistema de espinar litoral, por lo cual se propuso reubicarlas, respondiendo a sus características botánicas.

Palabras Clave: catálogo; Cactaceae; xerofítica; diversidad; lineamientos; especies.

Floristic composition of the succulent plants of the Guayaquil Historical Park

Abstract

The floristic composition of the succulent plants collection of the Guayaquil Historical Park was determined, through an exploratory and descriptive study. Also, an inventory, dasometric measurements, density and relative coverage estimations were made, a catalog was elaborated and guidelines were proposed to resume the initial idea of recreating a coastal ecosystem. Thirty four species, 24 genders, 12 families and nine orders were identified. The absolute density was 401 individuals, with 24% of the population dominated by the Cactaceae family, and *Armatocereus cartwrightianus* as the most abundant species, with 32.7% in relative coverage. Twenty five plants of ornamental value were identified, 12 medicinal plants, seven edible species, one endemic specie of Ecuador with Endangered (EN) category (*Jatropha nudicaulis*), eight species of the Cactaceae family with controlled trade, and eight harmful or irritating plants. Not all identified species were part of the coastal ecosystem, so it was proposed to relocated them, responding to their botanical characteristics.

Keywords: Catalogue, Cactaceae; xerophytic; diversity; guidelines; species

Recibido: 06 de febrero de 2017

Aceptado: 8 de agosto de 2017

¹ Docente investigador, Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad del Espíritu, Ecuador. Bióloga, Magister en Ciencias en Agricultura Tropical Sostenible. natimolina4@gmail.com

*Autor para la correspondencia: natimolina4@gmail.com vv

I. INTRODUCCIÓN

El Parque Histórico Guayaquil (Parque Histórico) cuenta con una colección de plantas suculentas, que se creó entre 2008 y 2009 (Pérez, 2016) para representar los bosques de espinar litoral, dominados por cactáceas; sin embargo, esta colección no dispone de información para el público, por lo que es poco apreciada, además de su ubicación que no se encuentra dentro de un recorrido continuo.

De acuerdo con Loaiza (2011), existe poco interés investigativo respecto a Cactáceas en herbarios a nivel nacional; pese a ello, la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas (SLCCS) ha aportado con información al respecto, desde el 2010. Además, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) implementó un taller en 2011 para establecer una Lista Roja oficial de Cactáceas en Ecuador. Internacionalmente, de acuerdo con Barrera y Sánchez (2002), existe poca información respecto a estudios comparativos de ciclos de vida en cactáceas y suculentas, basándose en su información demográfica.

La utilidad de generar bases de conocimiento para el levantamiento de información es esencial para el Parque Histórico, considerando también la relevancia cultural y científica para la protección de estas especies en Ecuador. En cada informe del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD) se cita este primer paso, previo a la conservación o restauración de especies vegetales (Ministerio del Ambiente Ecuador, 2015); por lo cual, el papel fundamental de examinar la colección de plantas suculentas del Parque Histórico, es proveer de suficiente información para el futuro desarrollo de actividades taxonómicas. Esto se lleva a cabo mediante la correcta clasificación e identificación de la diversidad de plantas de esta colección.

El presente estudio da a conocer la diversidad de plantas suculentas localizadas en el Parque Histórico, y permite analizar la ecología vegetal de las mismas. Además, se logra disponer de un catálogo en formato digital de la colección, e incluye lineamientos para su manejo y conservación. Se espera que esta publicación permita generar bases de conocimiento en estas especies, para el interés científico, cultural y del público en general.

II. DESARROLLO

1. Metodología

El presente trabajo aplica el esquema de cebolla de Saunders, Lewis y Thornhill (2009), para establecer el paradigma positivista, con un enfoque cuantitativo debido a que los resultados se expresaron por medios estadísticos (Ricoy, 2006 en Ramos, 2015); y un paradigma constructivista, donde el saber no se considera como absoluto y acumulado, con un enfoque cualitativo (Gergen, 2007 en Ramos, 2015). Bajo este esquema; se basa en un estudio de tipo exploratorio y descriptivo, en el cual se conserva un diseño no experimental y seccional. La muestra fue seleccionada mediante un muestreo no probabilístico discrecional, cuya delimitación en el Parque Histórico se representó a través de una colección de plantas suculentas. Se utilizó la metodología de Gentry (1982), que consistió en registrar el total de las muestras en la zona de estudio. Para determinar el estado de conservación, se empleó la Lista Roja de especies amenazadas de la IUCN, versión 2016. Para la tabulación de datos estadísticos, se recurrió al programa informático Microsoft Excel versión 14.2.0.

Delimitación de la zona de estudio

El Parque Histórico Guayaquil está localizado en en la Av. Río Esmeraldas, a la altura del Km 1.5 de la vía La Puntilla Samborondón. La extensión del área de estudio fue de 288.26 m², aplicada en el análisis en densidad y cobertura relativa (Fig.1).

Bajo la metodología de evaluación de Mostacedo y Fredericksen (2000), el presente trabajo se dividió en tres fases:

- Identificación de especies en el sitio de estudio con la participación del Director técnico del Jardín Botánico de Guayaquil, Biól. Jame Pérez y se confirmaron los nombres actuales en la página de Tropicos.org del jardín Botánico de Missouri. Se realizaron registros fotográficos para el catálogo. Revisión bibliográfica de la taxonomía a nivel de orden, familia, género y especie. Se utilizó la clasificación del Grupo Filogenético de Angiospermas (APG III, por sus siglas en inglés.
- Se hizo un análisis de ecología vegetal, con las siguientes medidas dasométricas: Densidad

(D): determina la abundancia de una especie, que es igual al Número de individuos (N) en un Área determinada (A), por lo tanto se calcula N/A . Medición de altura: debido a la poca altura de las especies, se realizó con un flexómetro. CAP: Circunferencia a la Altura del Pecho, para determinar el crecimiento de las plantas; se mide a una altura de 1.3 metros a nivel del suelo, empleando una cinta métrica (solo para especies leñosas). Con la medida del CAP se estima el DAP dividiéndolo para π (pi): 3.1416. Cobertura relativa de cada especie: provee información respecto a la dominancia de especies. Cobertura relativa (Cr) = $(N_i/N_t) \cdot 100$. Donde, (N_i) corresponde al número de individuos de una misma especie y (N_t)

es el número total de individuos de todas las especies en un área determinada.

- Para determinar la densidad de especies como *Huernia schneideriana*, *Stapelia grandiflora* y *Kalanchoe pinnata* se empleó un cuadrante (20 * 20 cm) y se realizaron tres réplicas en cada zona respectiva para obtener un promedio por especie.
- Elaboración del catálogo de plantas suculentas del Parque Histórico, mediante la ilustración fotográfica, descripción botánica, usos y mantenimiento de las especies.
- Propuesta de lineamientos de manejo para mejorar la representación del bosque espinar litoral de la costa, con las especies características de este ecosistema.

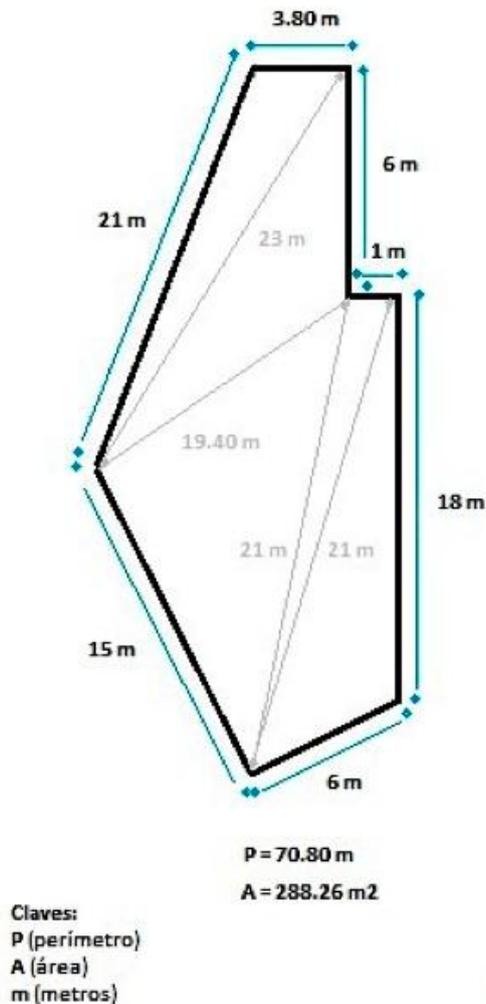


Figura 1. Superficie en m² ocupada por la colección de plantas suculentas del Parque Histórico Guayaquil.

2. Resultados y Análisis

Composición florística

La colección de plantas suculentas está conformada por 34 especies, agrupadas en 24 géneros, 12 familias y nueve órdenes. El orden Asparagales presentó tres familias: Xanthorrhoeaceae con una especie; Agavaceae con tres especies y Asparagaceae

con cinco especies; el orden Malpighiales presentó dos familias: Euphorbiaceae con cuatro especies y Passifloraceae con una especie. Los demás órdenes contaron con una sola familia, siendo Cactaceae del orden Caryophyllales, la que presentó nueve especies, que representan el 24% del total (Fig. 2, Tab.1)

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la colección de plantas suculentas del Parque Histórico Guayaquil.

#	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	
			Nombre Científico	Nombre Común
1	Pandanales	Pandanaaceae	<i>Pandanus baptistii</i> Misorne	Pandano amarillo
2			<i>Pandanus tectorius</i> Parkinson ex Du Roi	Pandano
3	Asparagales	Xanthorrhoeaceae	<i>Aloe vera</i> (L.) Bum.f.	Sábila
4		Agavaceae	<i>Agave attenuata</i> Salm-Dyck	Penco verde
5			<i>Agave angustifolia</i> Haw.	agave del caribe
6	<i>Agave sisalana</i> Perrine		Cabuya verde	
7	Asparagales	Asparagaceae	<i>Sansevieria cylindrica</i> Bojer ex Hook.	Sansevieria
8			<i>Sansevieria trifasciata</i> var. <i>Laurentii</i>	Lengua de suegra
9			<i>Sansevieria trifasciata</i> Prain	Oreja de perro
10			<i>Yucca guatemalensis</i> Baker	Bouquet de novia
11			<i>Furcraea selloa</i> K. Koch	Cabuya
12	Poales	Bromeliaceae	<i>Bromelia pinguin</i> L.	Piñuela
13			<i>Ananas ananassoides</i> (Baker) L.B.Sm.	Piña enana
14	Saxifragales	Crassulaceae	<i>Kalanchoe blossfeldiana</i> Poeln.	Kalonchoe
15			<i>Kalanchoe pinnata</i> (Lam.) Pers.	Hoja del aire
16	Malpighiales	Euphorbiaceae	<i>Jatropha nudicaulis</i> Benth.	Jatrofa
17			<i>Jatropha podagrica</i> Hook.	Mata de gota
18			<i>Euphorbia lactea</i> Haw.	Candelabra
19			<i>Euphorbia cristata</i> B. Heyne ex Roth	Planta crestada
20		Passifloraceae	<i>Turnera subulata</i> Smith	Taporita
21	Fabales	Fabaceae	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Algarrobo
22			<i>Albizia guachapele</i> (Kunth) Dugand	Guachapeli
23			<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth	Cascol
24	Caryophyllales	Cactaceae	<i>Opuntia dillenii</i> (Ker Gawl.) Haw	Tuna (espinas blancas)
25			<i>Opuntia microdasys</i> (Lehm.) Pfeiff.	Orejas de conejo
26			<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill	Sururungo
27			<i>Hylocereus polyrhizus</i> (F.A.C. Weber) Britton y Rose.	Pitahaya
28			<i>Armatocereus cartwrightianus</i> (Britton y Rose) Backeb.	Cactus candelabro
29			<i>Pilosocereus tweedyanus</i> (Britton y Rose) Byles y G.D. Rowley	Pilosus
30			<i>Cereus hexagonus</i> (L.) Mill.	Cactus columnar
31			<i>Mammillaria blossfeldiana</i> Boed.	Biznaga
32	Ericales	Theophrastaceae	<i>Jacquinia sprucei</i> Mez.	Barbasco
33	Gentianales	Apocynaceae	<i>Huemia schneideriana</i> A. Berger	Huemia
34			<i>Stapelia grandiflora</i> Masson	Estapelia

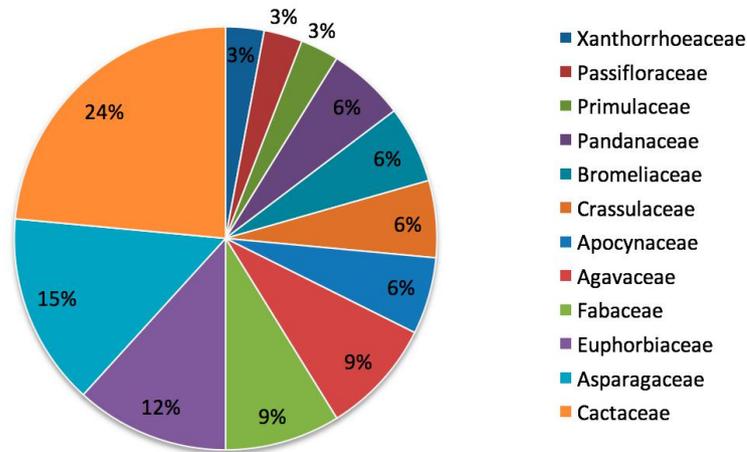


Figura 2. Porcentaje del número de especies por familias de la colección de plantas suculentas del Parque Histórico Guayaquil.

Medidas dasométricas de las especies

De las 34 especies identificadas, se determinó un total (Nt) de 401 individuos, que representan la densidad absoluta. Siendo *Armatocereus cartwrightianus* la especie de mayor densidad con 131 individuos, que representó una cobertura relativa de 32.7%, seguida de *Sansevieria cylindrica* con 31 individuos y cobertura relativa de 7.7%; *S. trifasciata* con 27 individuos y 6.7% en cobertura relativa; *S. trifasciata* var. *Laurentii* con 15 individuos y 3.7% en cobertura relativa; *Opuntia dillenii* con 24 individuos y 6.0% en cobertura relativa; *Stapelia*

grandiflora con 23 individuos y 5.7% en cobertura relativa; *Aloe Vera* con 21 individuos y cobertura relativa de 5.2%; *Euphorbia lactea* con 18 individuos y cobertura relativa de 4.5%. Las demás especies presentaron entre uno y 12 individuos, cada una con una cobertura relativa de 0.2% a 3%. Las especies de mayor DAP y altura fueron: *Albizia guachapele* con 37.2 cm y seis metros de altura, *Caesalpinia glabrata* con 13.7 cm y cuatro metros de altura, *Furcraea selloa* con 18.5 cm y 2.6 metros de altura y *Opuntia ficus-indica* con 4.2 cm y 3,8 metros de altura (Fig. 3, Tab. 2).

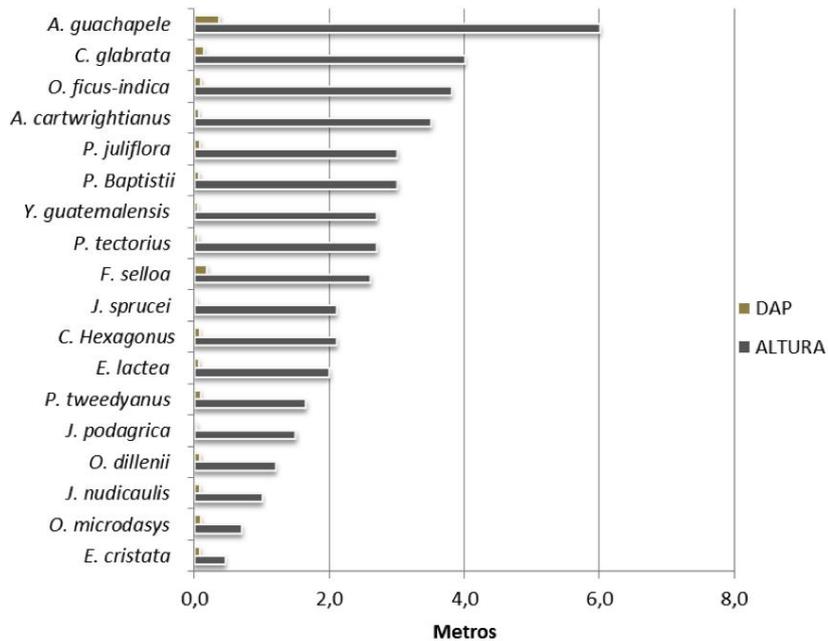


Figura 3. Relación de altura y DAP de las especies leñosas de la colección de plantas suculentas del Parque Histórico Guayaquil (para fines de relación, se presenta el DAP en metros).

Tabla 2. Medidas dasométricas: densidad, altura, CAP, DAP y cobertura relativa, de la colección de plantas suculentas del Parque Histórico Guayaquil.

#	ESPECIES	DENSIDAD (N/A)	ALTURA (m)	CAP (cm)	DAP (cm)	COBERTURA RELATIVA (%)
1	<i>Pandanus baptistii</i> Misonne	1	3	21	6.7	0.2
2	<i>Pandanus tectorius</i> Parkinson ex Du Roi	2	2.7	15	4.8	0.5
3	<i>Aloe vera</i> (L.) Burm.f.	21	0.8	(-)	(-)	5.2
4	<i>Agave attenuata</i> Salm-Dyck	8	0.85	(-)	(-)	2.0
5	<i>Agave angustifolia</i> Haw.	3	1.20	(-)	(-)	0.7
6	<i>Agave sisalana</i> Perrine	2	0.04	(-)	(-)	0.5
7	<i>Sansevieria cylindrica</i> Bojer ex Hook.	31	1.1	(-)	(-)	7.7
8	<i>Sansevieria trifasciata</i> var. <i>Laurentii</i>	15	0.50	(-)	(-)	3.7
9	<i>Sansevieria trifasciata</i> Prain	27	0.15	(-)	(-)	6.7
10	<i>Yucca guatemalensis</i> Baker	1	2.70	13	4.1	0.2
11	<i>Furcraea selloa</i> K. Koch	4	2.60	58	18.5	1.0
12	<i>Bromelia pinguin</i> L.	7	1	(-)	(-)	1.7
13	<i>Ananas ananassoides</i> (Baker) L.B.Sm.	7	0.27	(-)	(-)	1.7
14	<i>Kalanchoe blossfeldiana</i> Poelln.	6	0.30	(-)	(-)	1.5
15	<i>Kalanchoe pinnata</i> (Lam.) Pers.	4	0.15	(-)	(-)	1.0
16	<i>Jatropha nudicaulis</i> Benth.	2	1	24	7.6	0.5
17	<i>Jatropha podagrica</i> Hook.	7	1.5	10	3.2	1.7
18	<i>Euphorbia lactea</i> Haw.	18	2	20	6.4	4.5
19	<i>Euphorbia cristata</i> B. Heyne ex Roth	2	0.45	25	8.0	0.5
20	<i>Turnera subulata</i> Smith	2	1.3	(-)	(-)	0.5
21	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	1	3	25	8.0	0.2
22	<i>Albizia guachapele</i> (Kunth) Dugand	2	6	117	37.2	0.5
23	<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth	1	4	43	13.7	0.2
24	<i>Opuntia dillenii</i> (Ker Gawl.) Haw	24	1.2	26	8.3	6.0
25	<i>Opuntia microdasys</i> (Lehm.) Pfeiff.	2	0.7	28	8.9	0.5
26	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill	17	3.80	30	9.5	4.2
27	<i>Hylocereus polyrhizus</i> (F.A.C. Weber) Britton y Rose.	2	3	(-)	(-)	0.5
28	<i>Armatocereus cartwrightianus</i> (Britton y Rose) Backeb.	131	3.5	19	6.0	32.7
29	<i>Pilosocereus tweedyanus</i> (Britton y Rose) Byles y G.D. Rowley	5	1.65	28	8.9	1.2
30	<i>Cereus hexagonus</i> (L.) Mill	8	2.10	23	7.3	2.0
31	<i>Mammillaria blossfeldiana</i> Boed.	1	0.09	(-)	(-)	0.2
32	<i>Jacquinia sprucei</i> Mez.	2	2.10	10	3.2	0.5
33	<i>Huernia schneideriana</i> A. Berger	12	0.12	(-)	(-)	3.0
34	<i>Stapelia grandiflora</i> Masson	23	0.15	(-)	(-)	5.7
		Nt=	401			

Catálogo de especies

El catálogo de especies estuvo conformado por la descripción botánica, en los Anexos 1 y 2 se presenta la información incluida en cada ficha que consta de la taxonomía de la especie, descripción morfológica, origen, distribución, usos, mantenimiento, hábitat, modo de vida, estatus en la lista roja y datos interesantes. A continuación se resume la información más relevante. La especie *Jatropha nudicaulis* se encuentra en la categoría En Peligro (EN); la especie *Mammillaria blossfeldiana* se encuentra Casi Amenazada (NT); seis especies (18%) están en categoría Preocupación Menor (LC), y la especie *Opuntia ficus-indica* posee Datos Insuficientes (DD). 25 especies, que corresponden al 73%, no constan en la Lista Roja de la IUCN.

Se determinó que las especies identificadas pertenecen a un ambiente xerofítico, en el cual; respecto

a su modo de vida, 24 especies (71%) son suculentas, y 10 especies (29.4%) son xerofíticas: cinco especies fanerófitas, dos especies con modo de vida variable, una especie *chamerophyta*, una especie *camefita* y una especie *heliófita* (Anexo 1).

Respecto a los usos y características de las especies observadas, se determinó que: 25 especies poseen interés ornamental, siete especies son comestibles, 12 especies poseen valor medicinal. Una especie es endémica del Ecuador: *Jatropha nudicaulis*, 11 especies son nativas, ocho especies pertenecientes a la familia *Cactaceae* son de comercio controlado, y ocho especies poseen propiedades nocivas o irritantes (Anexo 2).

Respecto a la forma de crecimiento, se identificaron 15 especies herbáceas, que representan el 44%; 10 árboles con el 29%, y 9 arbustos con el 26% (Anexo 1). La figura 4 muestra el estatus en la lista roja de la IUCN.

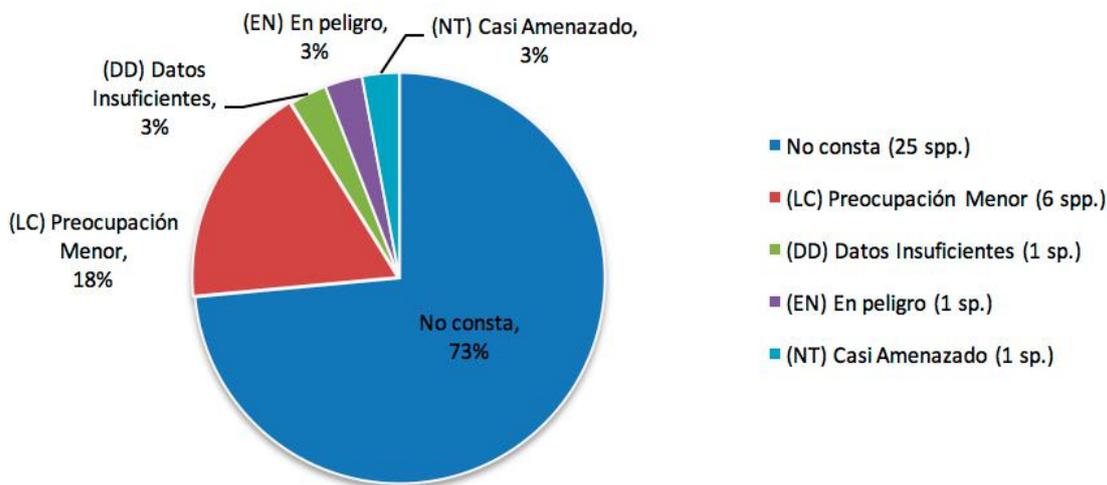


Figura 4. Estado de conservación de las especies observadas según la Lista Roja de la IUCN versión 2016.

Propuesta de lineamientos para el manejo de plantas suculentas

El área se encuentra dentro de la Zona de vida silvestre, para complementar los bosques característicos de la antigua provincia de Guayaquil. Por lo que es necesario fortalecer esta iniciativa con los siguientes lineamientos:

- Identificar las especies nativas y endémicas del espinar litoral dentro del Parque Histórico, para conformar poblaciones representativas y crear una comunidad estable de plantas con características similares, ya que la colección posee plantas con diferentes requerimientos de luz, agua y nutrientes. La lista de las especies que se deben incluir para

recrear el ecosistema de espinar litoral, mencionadas por Cerón et al (1999), son: *Armathocereus cartwrightianus*, *Hylocereus polirhizus*, *Malpighia puniceifolia*, *Pythecelobium excelsum*, *Achatocarpus pubescens*, *Erytroxylum glaucum*, *Maytenus octogona*, *Scutia pauciflora* y *Monvillea diffusa*.

- Se debe seleccionar y reubicar a las especies suculentas pequeñas de morfología llamativa que no forman parte de esta recreación, para que puedan tener un mejor mantenimiento y ser apreciadas por el público, ya que son desapercibidas en el lugar en que se encuentran (Fig. 5).
- Especies grandes que son difíciles de trasplantar,

deben ser reubicadas, mediante el control de su propagación, en otro sector del Parque Histórico donde se pueda conformar una colección para este tipo de plantas.

- Llevar a cabo un mantenimiento que involucre control de riego, nutrición, cantidad de luz, sombra y propagación, de acuerdo a la recopilación de información bibliográfica de cada especie realizada en este estudio.
- Identificar dentro del Parque Histórico, la presencia

de *Jatropha nudicaulis* (endémica del Ecuador) para establecer una población representativa de esta especie, y junto con las 11 especies nativas identificadas en este estudio; deben ser rotuladas con información destacada para informar al público.

- Establecer un control de plagas para mantener el buen estado de la colección.
- Capacitación y actualización de información sobre la colección de especies suculentas y xerofíticas para el personal de mantenimiento.

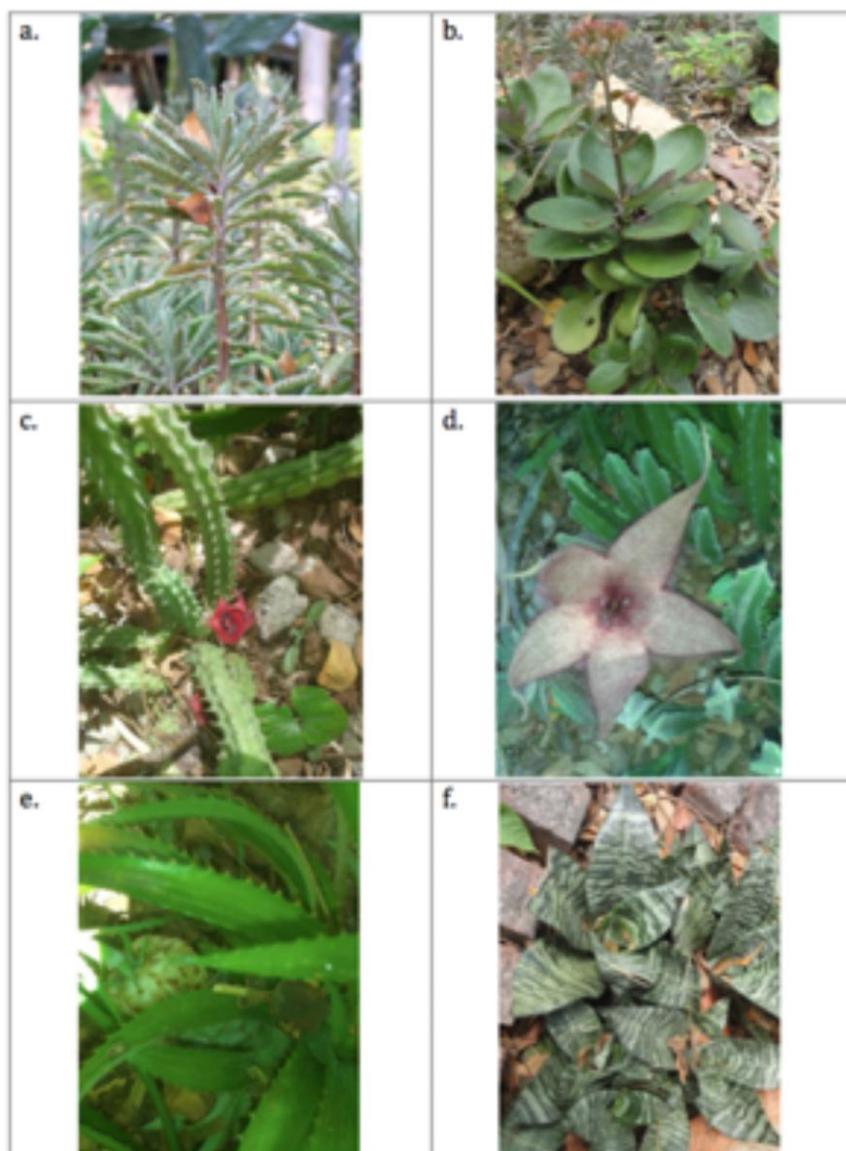


Figura 5. Especies suculentas pequeñas de morfología llamativa, para reubicación dentro del Parque Histórico Guayaquil: a. *Kalanchoe pinnata*, b. *Kalanchoe blossfeldiana*, c. *Huernia schneideriana*, d. *Stapelia grandiflora*, e. *Ananas ananassoides*, f. *Sansevieria trifasciata*.

3. Discusión

La zona delimitada de estudio posee especies propias del espinar litoral, mencionadas por Cerón et al (1999); sin embargo, no todas pertenecen a este tipo de ecosistema. Se destacan las familias Euphorbiaceae y Cactaceae, que de acuerdo con Lozano (2002), son características de este ecosistema; este autor describe al espinar litoral como un tipo de bosque del sur de Ecuador, de estructura boscosa y poco densa, de vegetación xerofítica y aislada, entre 0 a 1 000 msnm; cuyas familias indicadoras son: Euphorbiaceae, Convolvulaceae, Boraginaceae, Cactaceae, Mimosaseae, Achatocarpaceae, Erythroxylaceae y Celastraceae.

Jatropha nudicaulis pertenece a la familia Euphorbiaceae y es endémica del Ecuador, la IUCN (2016) menciona que su rango altitudinal se encuentra entre 1 000 a 1 500 de altitud, y no se registraron ejemplares botánicos en planicies costeras; por lo cual, no ha sido confirmada como una especie característica de espinar litoral. Cabe mencionar que *Jacquinia sprucei*, de la familia Theophrastaceae, podría llegar a considerarse representativa de este ecosistema, debido a características reflejadas en su descripción botánica, tales como: elevación entre 0 a 1 000 msnm, presencia en regiones áridas y semiáridas (incluyendo la provincia de El Oro en la costa sur, Ecuador), ambiente xerofítico y hojas serosas, además de ser una especie nativa y de distribución exclusiva de Ecuador y Perú.

De acuerdo al estado de conservación de las plantas suculentas identificadas en este estudio, se encontraron solo tres especies de valor ornamental: *Mammillaria blossfeldiana*, en categoría Casi Amenazada (NT); *Opuntia dillenii* y *Opuntia microdasys*, en categoría Preocupación Menor (LC). Mientras que la mayoría de especies suculentas si poseen valor ornamental, pero no un peligro en su estado de conservación, debido a que no constan en la Lista Roja de la IUCN. Loaiza (2011), menciona la auténtica amenaza de extinción en especies carismáticas o de interés ornamental, mientras que aquellas que no representan valor de interés comercial, no son protegidas.

Pese a que las ocho especies de Cactáceas identificadas en este estudio, mantienen estado de conservación CITES para el control de su comercio como medida de protección de su supervivencia; ninguna mantiene categoría En Peligro (EN) según la Lista Roja de la IUCN; pero tampoco son consideradas

malezas. Para Loaiza (2011), existe discordancia respecto a la inclusión de toda la familia Cactaceae en CITES, debido a que recientes estudios sobre dinámica de poblaciones sitúan a varias especies de esta familia como malezas, por lo cual se debería realizar una discriminación consistente para determinar aquellas que se encuentran verdaderamente amenazadas.

III. CONCLUSIÓN

La composición florística de esta colección de plantas suculentas, única dentro del Parque Histórico, permitió identificar una variedad taxonómica de especies que en su mayoría fueron suculentas; sin embargo, no todas pertenecen al ecosistema de espinar litoral que se buscó recrear en el Parque Histórico. Pese a ello, ninguna especie debe ser rechazada; sino que, mediante un correcto lineamiento de manejo, se aprovechen sus beneficios individuales y estado de conservación.

Siendo herbácea, la forma de crecimiento dominante con el 44%, es posible promover la reubicación de varias especies suculentas de morfología llamativa, hacia un sitio donde puedan ser apreciadas.

Las especies grandes pueden ser reubicadas mediante el control de su propagación; y en el espacio que estas dejan, incrementar especies endémicas representativas del espinar litoral, como *Maytenus octogona*, *Capparis avicennifolia*, *Melocactus peruvianus*, entre otras; para dar lugar a una correcta recreación de este ecosistema.

Las especies arbóreas, tal como, *Albizia guachapele* y la familia Cactaceae, con especies dominantes como *Armatocereus cartwrightianus*; contribuyen a recrear el ambiente xerofítico de esta zona por ser características de este ecosistema.

Finalmente, en este estudio se elaboró un catálogo digital de esta colección, con la descripción botánica, usos de valor medicinal en su mayoría, mantenimiento y datos relevantes de cada especie, que aportará significativamente a una mejor recreación del espinar litoral y fortalecerá el interés científico, cultural y del público en general de este grupo de plantas.

La especie endémica *Jatropha nudicaulis* no se incluye como parte del ecosistema de espinar litoral.

La información generada en este estudio servirá como base para nuevos estudios botánicos respecto a especies suculentas, xerofíticas y de espinar litoral en el Parque Histórico Guayaquil.

IV. REFERENCIAS

- Aguirre, Z. (2012). *Especies forestales de los bosques secos del Ecuador*. Guía dendrológica para su identificación y caracterización. Proyecto Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático. MAE/FAO – Finlandia. Quito, Ecuador. 140 p.
- Ahmad, P., Azooz, M., y Prasad, M. (Eds.). (2013). *Salt stress in plants: signalling, omics and adaptations*. Springer Science y Business Media.
- Al-Turki, T., Masrahi, Y., y Sayed, O. (2014). Photosynthetic adaptation of *Euphorbia fractiflexa* (Euphorbiaceae) and survival in arid regions of the Arabian Peninsula. *Journal of Plant Interactions*, 9:1, 107-111, DOI: 10.1080/17429145.2013.774442
- Allsopp, P., Possemiers, S., Campbell, D., Oyarzábal, I., Gill, C., y Rowland, I. (2013). *An exploratory study into the putative prebiotic activity of fructans isolated from Agave angustifolia and the associated anticancer activity*. *Anaerobe*, 22, 38-44.
- Anjum, N., Suresha, B., Prasad, S., y Rajini, N. (2014). *Effect of Fiber Length and Loading of Sansevieria Fiber on dry sliding wear behavior of polyester composites*. *Technology Letters*, 1(4), 14-18.
- Barrera, M., & Sánchez, M. (2002). La diversidad de historias de vida de Cactáceas, aproximación por el triángulo demográfico. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 47, 33-41. BirdLife International. (2016). *Important Bird and Biodiversity Area factsheet: Represa Velasco Ibarra*. Recuperado de: <http://www.birdlife.org>
- Boza, H., Mojena, R., y Schwesinger, L. (2013). Anatomía foliar de especies de Bromelioideae (Bromeliaceae) presentes en Cuba/Leaf anatomy of species of Bromelioideae (Bromeliaceae) growing in Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 75-82.
- Cabi. (2014). *Agave sisalana (sisal hemp)*. Recuperado de: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/3855>
- Cano, A., Roque, J., Luebert, F., Dostert, N., La Torre, M., y Weigend, M. (2012). *Hoja botánica: Algarrobo*. Recuperado de: http://www.botconsult.com/downloads/Hoja_Botanica_Algarrobo_2012.pdf
- Cerón C., Palacios W., Valencia R., Sierra R. (1999). *Las Formaciones Naturales de la Costa del Ecuador. En Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental*. Ed. Sierra R. pp. 29-75. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia, Quito.
- Chahdoura, H., João, C., Barros, L., Santos, C., Ferreira, I., y Achour, L. (2014). Phytochemical characterization and antioxidant activity of *Opuntia microdasys* (Lehm.) Pfeiff flowers in different stages of maturity. *Journal of Functional Foods*, 9, 27-37.
- Crayn, D., Winter, K., Schulte, K., y Smith, J. (2015). Photosynthetic pathways in Bromeliaceae: phylogenetic and ecological significance of CAM and C3 based on carbon isotope ratios for 1893 species. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 178(2), 169-221.
- De La Barrera, E., y Smith, W. (2009). *Perspectives in Biophysical Plant Ecophysiology: A Tribute to Park S. Nobel*. UNAM.
- DeChaine, E., y Martin, A. (2005). Marked genetic divergence among sky island populations of *Sedum lanceolatum* (Crassulaceae) in the Rocky Mountains. *American Journal of Botany*, 92(3), 477-486.
- Dehbi, F., Hasib, A., Tilaoui, M., El Batal, H., Zaki, N., Ouattmane, A., ... y Ziyad, A. (2013). Bioactive constituents, antioxidant activity and in vitro cancer cell cytotoxicity of moroccan prickly pear (*Opuntia ficus indica* L.) juices. *Journal of Natural Sciences Research*, 3(14), 12-20.
- Delgado, O. (2011). *Opuntia dillenii (Ker-Gawl.) Haw. Tunera india Prickly pear*. Recuperado de: <http://www.interreg-bionatura.com/especies/pdf/Opuntia%20dillenii.pdf>
- EIA. (2014). *Catálogo Virtual de Flora del Valle de Alburra: Albizia guachapele (Kunth) Dugand*. Recuperado de: <http://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/familias/55/especies/221>
- Ekpendu, E., Saliu, J., y Otitoloju, A. (2014). A Checklist of Botanical Piscicides Available in Nigeria. *Open Journal of Ecology*, 2014.
- El-Ghani, M., Soliman, A., y El-Fattah, R. (2014). Spatial distribution and soil characteristics of the vegetation associated with common succulent plants in Egypt. *Turkish Journal of Botany*, 38(3), 550-565.
- Elicriso. (2016). *Stapelia*. Recuperado de: http://www.elicriso.it/es/como_cultivar/stapelia/
- FAO. (2016). *Depósito de documentos de la FAO: El género Prosopis "Algarrobos" en América Latina*

- y *El Caribe*. Distribución, bioecología, usos y manejo. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/006/AD314S/AD314S06.htm#ch1.20>
- Gallaher, T., Callmander, M., Buerki, S., y Keeley, S. (2015). A long distance dispersal hypothesis for the Pandanaceae and the origins of *Pandanus tectorius* complex. *Molecular phylogenetics and evolution*, 83, 20-32.
- Gallego, E. (2012). *Agave Attenuatta*. Recuperado de: http://www.jardinerosenaccion.es/planta.php?id_pla=450
- García, H., Enríquez-del Valle, J., Velasco, V., Luna, J., Ángeles, G., y García, D. (2013). Nutrientes y carbohidratos en plantas de *Agave angustifolia* Haw. y *Agave karwinskii* Zucc. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1161-1173.
- Garrido, M., y Katiuschka, M. (2015). *Biogeografía Histórica del Subgénero Acanthadesmia Burkart (Adesmia, Fabaceae)*. Recuperado de: http://dspace2.conicyt.cl/bitstream/handle/10533/91778/MIHOC_MARITZA_2594D.pdf?sequence=1
- GBIF Secretariat. (2016). *GBIF Backbone Taxonomy*. DOI:10.15468/39omei
- Gentry, A. (1982). *Patterns of Neotropical plant diversity*. *Evolutionary Biology* 15: 1-84.
- Givnish, T., Barfuss, M., Van Ee, B., Riina, R., Schulte, K., Horres, R., ... y Winter, K. (2014). *Adaptive radiation, correlated and contingent evolution, and net species diversification in Bromeliaceae*. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 71, 55-78.
- Goettsch, B., Hilton, C., Cruz, G., Duffy, J., Frances, A., Hernández, H., ... y Taylor, N. (2015). *High proportion of cactus species threatened with extinction*. *Nature Plants*, 1, 15142.
- Grace, O., Buerki, S., Symonds, M., Forest, F., van Wyk, A., Smith, G., ... y Simmonds, M. (2015). *Evolutionary history and leaf succulence as explanations for medicinal use in aloes and the global popularity of Aloe vera*. *BMC evolutionary biology*, 15(1), 29.
- Grandtner, M., y Chevrette, J. (2013). *Dictionary of Trees, Volume 2: South America: Nomenclature, Taxonomy and Ecology*. *Academic Press*.
- Groom, A. (2012). *Libidibia glabrata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2012: e.T19891907A20031656. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2012.RLTS.T19891907A20031656.en>
- Guevara, D. (2015). *Inventario y caracterización agronómica de especies y ecotipos de frutales nativos de la provincia de Loja*. Recuperado de: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/11293>
- Gullón, E. (2013). Flora alóctona ornamental naturalizada en la provincia de Huelva (Andalucía Occidental, España). II. *Revista científica internacional dedicada al estudio de la flora ornamental*, 45.
- Gutiérrez, P., Hechevarría, J., Bermúdez, O., y Montero, Y. (2015). Flora de la Reserva Florística Manejada cabo Lucrecia-punta de Mulas, Banes, Holguín/Flora of the Managed Floristic Reserve cabo Lucrecia-punta de Mulas, Banes, Holguín. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 36, 65-77.
- Hearn, D. (2009). Developmental patterns in anatomy are shared among separate evolutionary origins of stem succulent and storage root-bearing growth habits in *Adenia* (Passifloraceae). *American Journal of Botany*, 96(11), 1941-1956.
- Henri, J., y Saint-Hilare, J. (2012). *Crassulaceae*. *Exposition des Familles Naturelles 2: 123. 1805*
- Herbario CICY. (2015). *La Suculencia en el Bosque Húmedo*. Desde el Herbario CICY 7: 117-120 (13/agosto/2015) Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Recuperado en: http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/ ISSN: 2395-8790
- Heyduk, K., Burrell, N., Lalani, F., y Leebens, J. (2015). Gas exchange and leaf anatomy of a C3-CAM hybrid, *Yucca gloriosa* (Asparagaceae). *Journal of Experimental Botany*, *erv536*.
- Hodgkiss, R. (2016). *The Bromeliad Page*. Recuperado de: <http://succulent-plant.com/families/bromeliaceae.html>
- ICE. (2012). *Environmental Technical Report Expansion Las Pailas GP*. Recuperado de: <http://www.eib.org/infocentre/register/all/53221796.pdf>
- Infojardín. (2015). *Fichas de plantas*. Recuperado de: <http://articulos.infojardin.com/plantas/plantas.htm>
- IUCN. (2016). *Red List of Threatened Species*. Version 2015-4. Recuperado de: www.iucnredlist.org
- Keeley, J. (2014). Aquatic CAM photosynthesis: a brief history of its discovery. *Aquatic Botany*, 118, 38-44.
- Khan Academy. (2016). *Photorespiration: C3, C4 and CAM Plants [Video]*. Recuperado de:

- <https://www.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/photorespiration--c3-c4-cam-plants/v/cam-plants?v=xp6Zj24h8uA>
- Lanchi, R., Silvia, P. (2015). *Diseño del circuito turístico para la parroquia de San Pedro de Vilcabamba* (tesis de pregrado). Universidad Técnica Particular de Loja, Loja. Recuperado de: <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/12657/1/Lanchi%20Ramon%20Silvia%20Paulina.pdf>
- Liede, S., Khanum, R., Mumtaz, A., Gherghel, I., y Pahlevani, A. (2015). Going west—A subtropical lineage (Vincetoxicum, Apocynaceae Asclepiadoideae) expanding into Europe. *Molecular phylogenetics and evolution*, 94, 436-446.
- Lim, T. (2012). *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: Pandanus Tectorius*. Doi: 10.1007/978-94-007-4053-2
- LLIFLE. (2005). *Mammillaria blossfeldiana* Boed. Recuperado de: http://www.llifle.com/Encyclopedia/CACTI/Family/Cactaceae/5369/Mammillaria_blossfeldiana
- Loaiza, C. (2011). Logros de la SLCCS en Ecuador. *Boletín de la Sociedad Latinoamericana y del Caribe de Cactáceas y otras Suculentas*, 5.
- Loaiza, C. (2013). *Opuntia Quitensis*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T151698A551173*. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T151698A551173.en>.
- Loaiza, C., y Gamarra, J. (2016). Revalidación taxonómica y distribución potencial de *Armatocereus brevispinus* Madsen (Cactaceae). *Revista Peruana de Biología*, 23(1), 35-41.
- Looby, C., y Eaton, W. (2014). *Effects of Bromelia pinguin (Bromeliaceae) on soil ecosystem function and fungal diversity in the lowland forests of Costa Rica*. *BMC ecology*, 14(1), 1.
- Lozano, P. (2002). Los tipos de bosque en el sur de Ecuador. *Botanica Austroecuatorialiana. Estudios sobre los recursos vegetales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora-Chinchipe*. *Abya-Yala, Quito*, 29-49.
- McVaugh, R. (1945). The Genus *Jatropha* in America: Principal Intrageneric Groups. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 72(3), 271-294. doi:1. Recuperado de: <http://www.jstor.org/stable/2481288> doi:1
- Min, L., Gongsheng, L., y Qiang, C. (2014). Comparative research on physiological resistance of nine kinds of shade tolerant ornamental plant to indoor formaldehyde pollution. *Journal of Shandong Jianzhu University*, 2, 002.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). *Quinto Informe Nacional para el Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Quito, Ecuador.
- Molina-Moreira, N. (2016, Agosto 23). *Especies vegetales presentes en el espinar litoral de la Reserva Arenillas*. [Comunicación personal]. Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Guayaquil.
- Montesinos, J., Rodríguez, L., Ortiz, R., Fonseca, M., Ruíz, G., y Guevara, F. (2015). *Pitahaya (Hylocereus spp.) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano*. *Cultivos Tropicales*, 36, 67-76.
- Morales, B., y Macgayver, M. (2014). *Biogeografía y morfología de las Passifloraceae (Subg. Tacsonia, Rathea y Manicata) del trópico andino como estrategia de conservación* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).
- Mostacedo, B., y Fredericksen, T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR).
- Nassar, J., Velásquez, G., Romero, J., y Medina, E. (2013). *Las cactáceas como elementos de caracterización de ambientes áridos y semiáridos en Venezuela*. *Recorriendo el paisaje vegetal de Venezuela*, 97.
- National Gardening Association. (2016). *The Garden.org Plants Database*. Recuperado de: <http://garden.org/plants/>
- Noboa, M. (2016). *Comparación del efecto del riego con aguas residuales provenientes de las lagunas de oxidación de santa Elena, sobre 4 especies forestales (loxopterygium huasango, tabebuia sp, pseudosamanea guachapele, caesalpinia glabrata) en etapa de vivero* (tesis de grado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil. Recuperado de: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31564>
- Norup, M., Petersen, G., Burrows, S., Bouchenak-

- Khelladi, Y., Leebens-Mack, J., Pires, J., ... y Seberg, O. (2015). *Evolution of Asparagus L.(Asparagaceae): Out-of-South-Africa and multiple origins of sexual dimorphism*. *Molecular phylogenetics and evolution*, 92, 25-44.
- Novara, L. (2013). *Euphorbiaceae*. *Aportes Botánicos de Salta-Serie Flora*, 11(18), 1-188.
- Ordoñez, J. (2012). Prestar los servicios profesionales para el manejo, el mantenimiento y el enriquecimiento de las colecciones CEPAC. 3311402170864.
- Parque Histórico Guayaquil. (2014). *Historia*. Samborondón, Ecuador. Recuperado de: <http://www.parquehistorico.gob.ec/web/index.php>
- Parques y Espacios. (2012). *Parque Histórico Guayaquil*. Recuperado de: <http://www.parquesyespacios.gob.ec/nuestros-parques/parque-historico/>
- Pérez, J. (2016, Septiembre 30). Año de creación del ecosistema de espinar litoral en el Parque Histórico Guayaquil. [Comunicación personal]. Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Guayaquil.
- Pérez, R., Der Wal, V., y Ishihara, H. (2012). *Plantas en recipientes en los huertos familiares de Tabasco* (No. EE/333.72097263 C6/12).
- Planchuelo A. Xerojardinería. (2013). *Asesoramiento para cultivar plantas resistentes a las sequías*. Recuperado de: http://www.coopi.com.ar/6_doc/plantas.pdf.
- Purohit, R., Patel, B., y Harsh, L. (2013). *Potential of Prosopis pallida and Prosopis juliflora for Bioethanol production*. *Current Botany*, 4(2), 18-20.
- Queensland Government. (2016). *Turnera ulmifolia*. Recuperado de: http://keyserver.lucidcentral.org/weeds/data/media/Html/turnera_ulmifolia.htm
- Ramos, C. (2015). Los Paradigmas de la Investigación Científica. *Av Psicol*, 23(1), 9-17.
- Rahman, A. y Akter, M. (2013). *Taxonomy and Medicinal Uses of Euphorbiaceae (Spurge) Family of Rajshahi, Bangladesh*. *Research in Plant Sciences*, 1(3), 74-80. Recuperado de: <http://www.gbif.org/species/3729> on 2016-06-03
- Ren, G., Conti, E., y Salamin, N. (2015). *Phylogeny and biogeography of Primula sect. Armerina: implications for plant evolution under climate change and the uplift of the Qinghai-Tibet Plateau*. *BMC evolutionary biology*, 15(1), 161.
- Romero, J., Velásquez, G., y Antonio, J. (2014). Algunas notas sobre la naturalización de *Euphorbia lactea* haw. 1812 (Euphorbiaceae, Euphorbioideae) en el Monumento Natural Cerro Santa Ana, Península de Paraguana, Venezuela. *Boletín de la Red Latinoamericana para el Estudio de Especies Invasoras Volumen 4, número 1 Octubre 2014*, 4(1).
- Root Simple. (2014). *Getting Started with Succulents*. Recuperado de: <http://www.rootsimple.com/wp-content/uploads/2014/07/Succulent-Handout.pdf>.
- Sánchez, J., y Reyes, J. (2014). *Diseño de un prototipo de videojuego en modalidad cooperativa, orientado a la formación de conciencia ecológica dentro de un entorno de bosque andino, para niños entre 8 y 10 años de la ciudad de Cali*. Recuperado de: <http://red.uao.edu.co:8080/handle/10614/5688>
- Sánchez, M. (2015). *Origen, evolución y cuidados de los cactus*. Recuperado de: <http://www.jardineriaon.com/origen-evolucion-y-cuidados-de-los-cactus.html>
- Saunders, M., Lewis, P., y Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students*, 5/e. Pearson Education India.
- Señoret, F., y Acosta, J. (2013). *Cactáceas endémicas de Chile*, Guía de Campo. Ed. Corporación Chilena de la Madera, Concepción, Chile, 250 p.
- Sheltami, R., Abdullah, I., Ahmad, I., Dufresne, A., y Kargarzadeh, H. (2012). *Extraction of cellulose nanocrystals from mengkuang leaves (Pandanus tectorius)*. *Carbohydrate Polymers*, 88(2), 772-779.
- Sindhuja, R., Rajendran, A., y Jayanthi, P. (2012). Herbaceous life forms of Maruthamalai Hills, Southern Western Ghats, India. *International Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 2 (4), 625-631.
- Sistemática de Plantas Vasculares. (2013). *Laboratorio de Sistemática de Plantas vasculares*. Recuperado de: www.thecompositaehut.com
- Souza, E., Souza, F., Carvalho, M., Costa, D., Santos-Serejo, J., Amorim, E., y Silva, C. (2012). *Genetic variation of the Ananas genus with ornamental potential*. *Genetic resources and crop evolution*, 59(7), 1357-1376.
- Suberi, I., Noor, N., Darnis, D., Mukai, Y., y Usup, G. (2014). The Potential of Ornamental Plant,

- Sansevieria trifasciata* to Inhibit the Growth of Harmful Algal Bloom Species. ISALS PUBLISHING, 42.
- The Catalogue of Life. (2016). Species 2000 y ITIS Catalogue of Life, 2016 Annual Checklist. Species 2000: Naturalis, Leiden, the Netherlands. ISSN 2405-884X. Recuperado de: www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2016
- Tribe, G., y Marais, A. (2015) *Strenuous conditions in the Succulent Karoo: honeybees nest in aardvark holes and an alternative pollination system exists for some flowering plants*. Recuperado de: <http://ujubee.com/?p=566>
- Tropicos.org. (2016). *Missouri Botanical Garden*. Recuperado de: <http://www.tropicos.org>
- Velásquez, G. (2014). Algunas notas sobre la naturalización de *Sansevieria trifasciata* Prain 1903 (Equisetopsida: Asparagaceae) en un matorral xerófilo espinoso de la cordillera de los Andes, Venezuela. *Boletín de la Red Latinoamericana para el Estudio de Especies Invasoras Volumen 4, número 1 Octubre 2014, 4(1)*.
- WCSP. (2016). *World Checklist of Selected Plant Families*. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Recuperado de: <http://apps.kew.org/wcsp/> Retrieved **.'
- Zhang, Y., Yang, C., y Zhang, Y. J. (2013). *New Steroidal Saponins from the Leaves of Yucca elephantipes*. *Helvetica Chimica Acta*, 96(9), 1807-1813.

Presencia de metales pesados Cadmio y Plomo en el estuario del río Chone - Manabí, Ecuador

Francisco Pozo-Miranda^{1*}

Resumen

El presente estudio busca determinar la presencia de metales pesados, Cadmio y Plomo, en el estuario del Río Chone, Ecuador, durante Junio a Septiembre de 2014; se obtuvieron seis muestras de agua y cinco de suelo en seis sitios, con dos réplicas por sitios, dando el total de 66 muestras. El análisis se realizó según el protocolo del Kit para Cadmio y Plomo de Merck-Millipore. En el agua las concentraciones de Cadmio fueron mayores en el sitio P4 (0,129 mg/L). En el sedimento, el nivel de Cadmio en el sitio P2 presentó mayor acumulación (0,0033 mg/g), para Plomo, los sitios con mayor nivel fueron P5 y P6 (0,18 – 0,21 mg/L respectivamente), lugares con mayor flujo de agua del estuario del Río Chone (8 UPS: Unidades Prácticas de Salinidad) y menor influencia con las corrientes del agua del Mar (30 UPS). Los resultados comparados con la legislación Ecuatoriana evidencian concentraciones altas de Cadmio en el ecosistema del estuario en estudio, que podría afectar la salud de organismos que viven a nivel de la columna de agua, tales como peces, al igual que actividades de recreación de los bañistas locales, de los cantones Sucre y San Vicente Manabí.

Palabras Clave: Polución; Río Chone; Metales Pesados; Cadmio; Plomo.

Presence of cadmium and lead heavy metals in the estuary of Chone River - Manabí, Ecuador

Abstract

The present study aims to determine the presence of cadmium and lead heavy metals in the Chone River estuary; Ecuador, during June to September 2014, six water samples and five soil samples were obtained at six sites, with two replications per site giving a total of 66 samples. The analysis was performed according to the protocol of Merck-Millipore Kit for cadmium and lead. Cadmium concentrations in the water were higher at the P4 site (0.129 mg/L). The level of cadmium in the sediment showed greater accumulation (0.0033 mg/g) in the P2 site. The sites with higher level of lead were P5 and P6 (0.18 y 0.21 mg/L respectively), these were places with greater flow of water of the Chone River estuary (8 UPS: Practical Units of Salinity) and less influence of the sea water currents (30 UPS).

The results compared with Ecuadorian legislation show high concentrations of cadmium in the ecosystem of Chone River estuary, which could affect the health of organisms living at the water column level, such as fish, as well as recreational activities for local bathers from Sucre and San Vicente cantons from Manabí province.

Keywords: Pollution; Chone River; Heavy Metals; cadmium, lead.

Recibido: 19 de octubre de 2016.

Aceptado: 31 de agosto de 2017

¹ Master en Auditoria y Gestión Ambiental. Doctorando en Bio ciencias. Docente Investigador Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Sede Bahía de Caráquez Manabí-Ecuador. km. 8 vía a Tosagua. fpozo@pucem.edu.ec; francpozmi@hotmail.com

*Autor para la correspondencia: fpozo@pucem.edu.ec; francpozmi@hotmail.com

I. INTRODUCCIÓN

Los metales pesados, por encima de los valores naturales son un grupo de contaminantes que en zona estuarinas y marinas en general perturban el equilibrio existente (Ponce-Velez & Botelo, 1992). La mayoría de los metales pesados en condiciones naturales se encuentra en concentraciones bajas (plomo 10 y 253 ug/l y cadmio 2 a 6.9 ug/l), aunque en lugares donde existe presencia de producción agrícola y acuícola se reporta una tendencia creciente en las concentraciones de metales pesados, debido a la reutilización de aguas de producción agrícola, estudios ambiental y ecológicos en la evaluación de diferentes suelos sometidos a riegos con agua y lodo residual se observa la influencia en la biodisponibilidad de níquel, cadmio y plomo en sobre los organismos en el sistema ecológico (Mancilla-Villa *et al.*, 2012).

La elevada concentración de metales pesados es un problema por su difícil degradación de forma natural o biológica, resultando peligroso por la toxicidad que ejercen sobre el suelo, agua y su combinación con compuestos orgánicos creando bio-acumulación y magnificación en la cadena trófica. El incremento de metales como cadmio (Cd) y plomo (Pb), genera un riesgo en la salud del ambiente generalmente por convergencia de aguas lluvias, desagües urbanos y descargas de aguas servidas. El problema radica en que los metales pesados no se degradan fácilmente de forma natural ya que no tienen funciones metabólicas específicas para los seres vivos (Mancilla-Villa *et al.*, 2012), resultando ser peligroso por la toxicidad que ejercen sobre el suelo, agua y su combinación con compuestos orgánicos.

El cadmio es considerado como un elemento tipo nutriente a niveles máximo de 0,05 mg/l, siendo involucrado con los ciclos biológicos internos derivados de la materia orgánica particulada, cuyas concentraciones (Cd) disminuyen en aguas superficiales por acción directa del fitoplancton y adsorción sobre partículas biogénicas mediante procesos redox, aunque su incremento genera un riesgo en la salud del ecosistema (Herrera Moreno & Betancourt Fernandez, 2002; Romero Bañuelos, 2003). Estudios en estuarios similares al área de estudios, bajo incidencia de asentamientos humanos, se observa niveles de 0,02 ug/l en el

periodos de sequía y 0,028 ug/l en el periodos de lluvia, durante el mes de agosto (Marquez, Senior, & Martinez, 2000) los cuales no afectan al ecosistema.

En cuanto a la presencia de plomo, este metal se encuentra en forma natural en todas las rocas y en los suelos, en una proporción que normalmente varía entre 2 y 200 ppm. Algunos suelos presentan una concentración de plomo relativamente elevada debido a que las rocas subyacentes son ricas en dicho metal. El contenido de plomo en el agua es en general bajo, varía entre 20 µg/g y 22 µg/g (Martinez & Senior, 2001). En la Laguna de Castellero, ubicado al sureste de la población de Caicara del Orinoc, han sido reportados niveles entre 16 µg/l y 27 µg/l, observándose que las concentraciones máximas se alcanzan entre los meses de octubre y diciembre, Mientras que para áreas contaminadas existe muchas discrepancias sobre los niveles indicadores de polución, donde valores de 4-12 µg/g y 5 µg/g han sido señalados para sedimentos contaminados (Martinez & Senior, 2001).

El presente estudio tiene el objetivo de determinar la presencia de metales pesados (cadmio y plomo) en el agua y sedimento en el estuario del Río Chone, en vista de la importancia como sitio recreativo y de extracción de recurso alimenticios (peces moluscos y crustáceos) para la comunidad de San Vicente y Sucre Manabí, Ecuador.

II. DESARROLLO

1. Materiales y métodos

Durante los meses de junio a septiembre de 2014 se realizaron muestreos, obteniendo seis muestras de agua y cinco de suelo en seis sitios P1...5 y 6, con dos replicas por sitios, total de 66 muestras en el estuario del Río Chone, Manabí, Ecuador como se muestra en la tabla 1 y figura 1. Las horas de monitoreo se establecieron acorde a la tabla de marea del Instituto Oceanográfico de la Armada INOCAR 2014, se consideró trabajar en momentos cuando la marea estaba bajando para poder determinar la distribución acorde al flujo de descarga (38 m³/segundo) del estuario del Río Chone Manabí Ecuador.

Tabla N°1. Coordenadas de los sitios de monitoreos en el estuario del Río Chone.

Table No. 1. Coordinates of monitoring sites in the estuary of Río Chone.

Localidad	Latitud (°S)	Longitud (°W)
Punto 1 (P1)	0°36'10.49"S	80°24'57.47"O
Punto 2 (P2)	0°37'3.54"S	80°24'59.40"O
Punto 3 (P3)	0°38'28.38"S	80°24'12.62"O
Punto 4 (P4)	0°39'19.87"S	80°22'4.35"O
Punto 5 (P5)	0°38'25.45"S	80°21'26.61"O
Punto 6 (P6)	0°38'30.14"S	80°20'25.52"O



Fig. 1. Puntos de Monitoreo de cadmio y plomo en el estuario del Río Chone.
Fig. 1. Monitoring Points of cadmium and lead in the Chone River estuary.

Parámetros

Los parámetros ambientales fueron: Temperatura y pH se tomó mediante el uso del YSI (pH meter 507) introduciendo el electrodo del equipo a 50 cm de profundidad del agua en el estuario durante 5 min, mientras que la salinidad fue medida mediante el uso del refractómetro (Boeco) a partir de una muestra de un litro de agua obtenida a una profundidad de 50 cm en el estuario.

Muestras de Agua

Se tomaron muestras de agua (500 ml) a unos 50 cm de profundidad en cada localidad de muestreo y se colocó en recipientes plásticos estériles lavados previamente con ácido nítrico (65%).

Se clarificaron las muestras con filtros Millipore (0,45 μ m), eliminando la turbidez para realizar el análisis según el protocolo del Kit para cadmio (Cd. 101745001) y plomo (Cd. 1097170001) de Merck-Millipore.

Muestras de sedimento

Las muestras de sedimento se tomaron usando una draga metálica de 20x40 cm, se recolectó 500 gr de sedimento que corresponden al centro de la draga, evitando contacto directo del sedimento con las paredes de la draga, posteriormente se colocó en recipientes plásticos estériles, lavados previamente con ácido nítrico (65%). A continuación el sedimento (10 gramos) fue secado

a 60°C durante 24 horas, posteriormente fue molido y tamizado a 0,5 mm. Cuando las muestras contenían concentraciones elevadas de metal pesado (>2mg/L), se procedió a realizar diluciones 1/10 para poder leer en un fotómetro (Spectroquant nova 60).

Análisis de metales pesados

Se realizó el análisis según el protocolo del Kit para cadmio (Código 101745001) y plomo (Código 1097170001) de Merck-Millipore.

Preparación de la muestra

Una vez tomada la muestra se fijó en ácido nítrico al 65% (1 ml de ácido nítrico para 1 L de solución de la muestra) hasta su análisis en La Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí. El cadmio plomo no disuelto o unido en forma de complejo se determinó después de la preparación de la muestra con uno de los Crack Sets Spectroquant (Kit de análisis). Las muestras turbias se filtraron con papel Wallmant.

Procedimiento Cadmio (Cd)

Se prepararon las muestras a una temperatura de 20 °C, se tomó 5 ml de la muestra y se colocó en la cubeta de reacción, se procedió a adicionar 0,200 ml de Cd-1K y se agitó, luego se añadió una microcucharada de reactivo Cd-2k y se agitó fuerte la cubeta hasta que el reactivo se disolvió completamente. Se dejó en reposo por 2 minutos (tiempo de reacción) y posteriormente se midió en un fotómetro Spectroquant nova 60 (método 14834).

Aseguramiento analítico de la calidad Cd

Para comprobar la calidad de lectura del fotómetro (abs 0,010), se evaluó mediante la lectura de una solución patrón con 0,500 mg/L de Cd. obteniendo Desviación estándar (mg/L Cd) \pm 0,0070, Coeficiente de variación \pm 1,3 e Intervalo de confianza \pm 0,016.

Procedimiento Plomo (Pb)

Se preparó la muestra a temperatura de 20 °C, se tomó 5 ml de la muestra y se colocó en la cubeta de reacción, se procedió a adicionar 5 gotas de Pb-1K y se homogenizó. A continuación se realizó la

lectura en fotómetro - método 14833, el resultado fue considerado como Lectura A.

Se tomó la reacción anteriormente descrita, y se adicionó una microcucharada de reactivo Pb-2k y se agitó la cubeta, hasta que el reactivo se disolvió completamente. Se procedió a realizar la lectura en fotómetro - método 14833, el resultado fue considerado como Lectura B.

La concentración de plomo (Pb) se definió como:

$$\text{mg/L} = \text{lectura A} - \text{lectura B}$$

Aseguramiento analítico de la calidad Pb

Para comprobar la calidad de lectura del fotómetro (abs 0,010), se evaluó mediante la lectura de una solución patrón con 2,00 mg/L de Pb. Obteniendo Desviación estándar (mg/L Pb) \pm 0,016, Coeficiente de variación \pm 0,62 e Intervalo de confianza \pm 0,04.

Análisis estadístico

Los datos de concentraciones de metal pesado (cadmio y plomo) fueron evaluados mediante pruebas de normalidad y homoestabilidad, en el caso de falta de normalidad los datos se transformaron a logaritmo natural (Ln) para posteriormente aplicar análisis de Varianza ANDEVA ($p < 0.05$) y la prueba de Contraste de LSD Fisher ($p < 0.05$) para determinar diferencias significativas entre concentraciones observadas. Se usó el software libre INFOSTAT.

2. Resultados

Para determinar la presencia de metales cadmio y plomo en el estuario del Río Chone, cuantificamos las concentraciones de cada sitio, tanto en agua como en suelo, a fin de establecer la salud del ecosistema estuarino.

Parámetros

En el área de estudio la temperatura promedio del ambiente (aire) fue de 30,2°C. y del agua de 28,4°C. La salinidad en el estuario presenta gradientes de salinidad de 30 UPS: Unidades Practicas de Salinidad (exterior del estuario) a 8 UPS (interior del estuario) esto debido a permanente descargas de agua dulce proveniente de la presa La Esperanza hacia el río Carrizal y a su vez hacia el Río Chone y esteros salobres, evidenciado la disminución de

salinidad al interior del estuario (García Bazurto, Mera Paz, & Vega Zambrano, 2010).

Metales pesados en Agua

Se determinó la concentración de metales pesados cadmio y plomo, para definir su distribución dentro del estuario del Río Chone.

Cadmio

Se evaluó la concentración de cadmio promedio de cada punto de monitoreo durante el periodo de muestreo, mediante análisis de varianza ($p < 0,05$) y test de LSD Fisher, existiendo diferencias significativas en los niveles de cadmio presente entre los puntos P1, P2, P4 y P6, mientras que entre

P2 y P5 no se encontraron diferencias estadísticas. Los valores más altos registrados durante el estudio se observaron en P4, principalmente en el mes de agosto. Se puede observar una leve interacción de las concentraciones entre P1 y P3 aunque los niveles se muestran bajos y relativamente homogéneos (fig. 2). Los niveles de cadmio relativamente más bajos se pueden notar en los sitios de monitoreo cercanos a la desembocadura del estuario, aunque no se observó una distribución geográfica definida (acumulación de cadmio en un solo sitio de monitoreo) entre los niveles a lo largo de los sitios de monitoreo. El sitio con mayor nivel de cadmio fue el P4 (129 mg/L), éste es un sitio con un flujo de agua lento y de gran sedimentación.

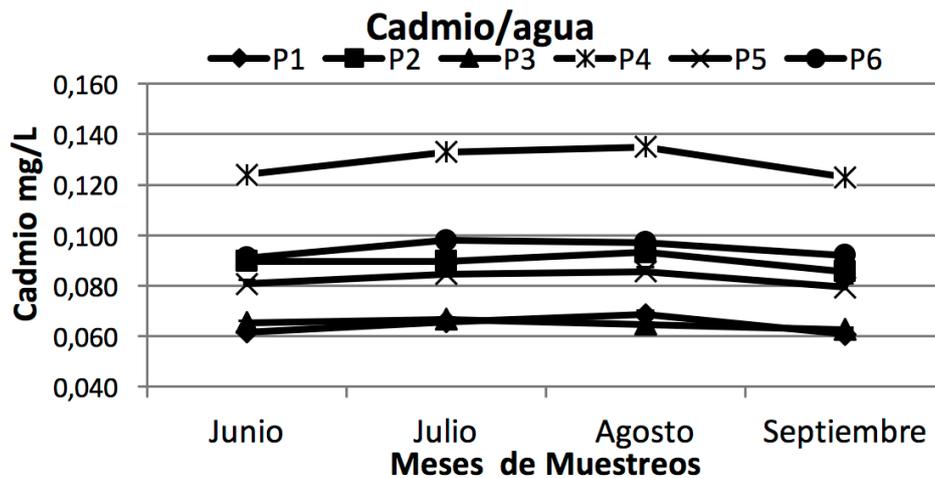


Fig. 2. Análisis de concentración de Cadmio en agua.

Plomo

Al evaluar las concentraciones promedio de Plomo, se muestran diferentes significativas estadísticamente (ANDEVA $p < 0,05$; LSD Fisher $p < 0,05$) en los niveles de plomo presente entre los puntos cuatro (P4), P5 y P6, mientras que entre P1, P2 y P3 los niveles fueron bajos y homogéneos (sin diferencias significativas), los valores más altos registrados se observaron en el mes de julio en P5 y P6 (0,18 – 0,21 mg/L respectivamente), ambos puntos mostraron la misma tendencia (niveles de plomo) a través del tiempo (fig.3), siendo lugares con mayor flujo de agua del estuario del Río Chone y menor influencia con las corrientes del agua del Mar.

Metales pesados en Suelo.

Cadmio

Los niveles promedios de cadmio evaluados mediante análisis test de LSD Fisher, muestran diferencias significativas ($p < 0,05$) entre todos los puntos. Los valores más bajos fueron P1 (0,84 ug/g suelo) y P3 (1,15 ug/g suelo), mientras que el P2 presentó la mayor acumulación de cadmio en el sedimento (promedio 3,35 ug/g suelo) en principalmente en el mes de agosto. Los puntos P5 y P4 muestran una marcada interacción en el transcurso del tiempo (meses) fig. 4. Al igual que en el análisis del cadmio en agua, en el suelo los niveles de cadmio no muestran un patrón geográfico definida.

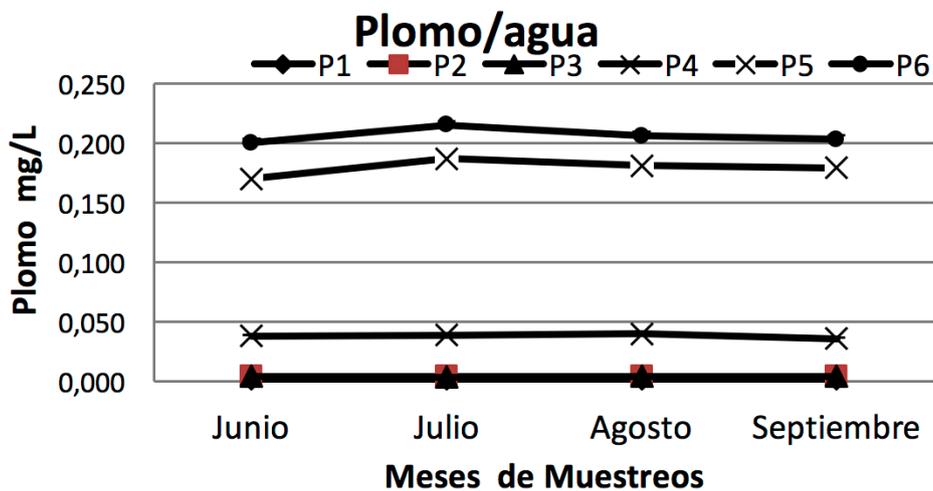


Fig. 3. Análisis de concentración de Plomo en agua.

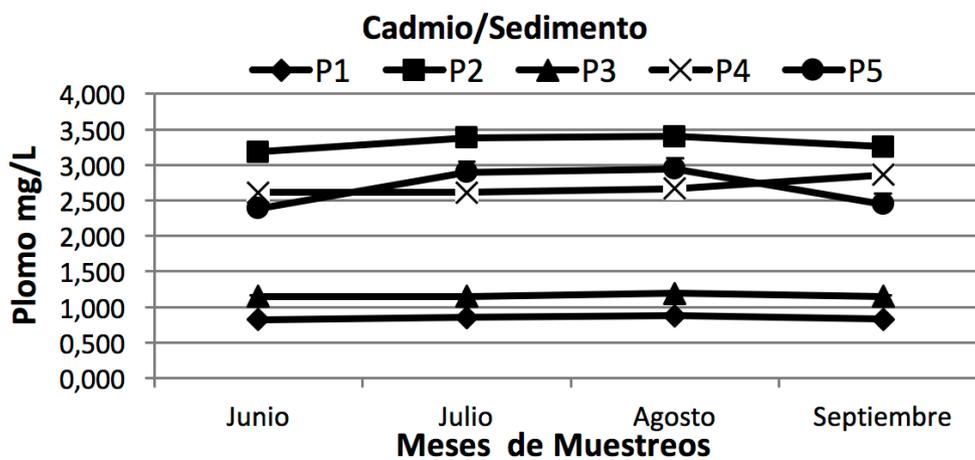


Fig. 4. Análisis de concentración de Cadmio en suelo.

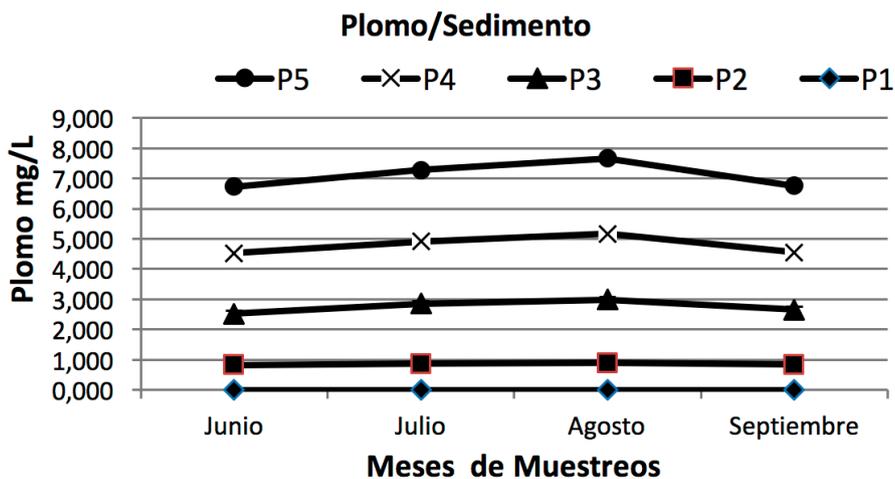


Fig. 5. Análisis de concentración de Plomo en sedimento.

3. DISCUSIÓN

Autores indican que el contenido de Cd en el agua y material en suspensión es dependiente de la salinidad. La concentración de metales depende de la fuente de origen y la presencia en solución o formando precipitados o agregados dependerá del ambiente geoquímico y de aspectos hidrogeoquímicos. Las mayores concentraciones se presentan aguas arriba y zonas de mezcla de agua (Río y Mar) durante el periodo de lluvia y los mínimos en el extremo marino (Marquez *et al.*, 2000; Romero Bañuelos, 2003). El presente estudio se realizó en época seca y mostró niveles muy dispersos, contrario a lo indicado por Márquez *et al.* (2008) quienes indican que la sala distribución de los metales pesados es independientes al gradiente de salinidad (UPS), esto podría deberse al poco aporte de agua dulce (o UPS) el cual es flujo de agua propia del Río Chone (Martinez & Senior, 2001) (Márquez, Senior, Martínez, Castañeda, & González, 2008).

Autores como Ponce-Velez & Botelo (1992), en el análisis de metales pesados en sedimentos de estuarios con características hidrológicas, ambiente geoquímico y uso del territorio similares, describe valores para cadmio de 1400 ug/L (Ponce-Velez & Botelo, 1992), mientras que el autor Villanueva (1987) presenta concentraciones de 1600 ug/L cadmio, valores altos comparados con los obtenidos en el presente estudio de 3,35 ug/g cadmio (Villanueva, Botello, & Paez, 1988).

Márquez ha reportado niveles de plomo entre 16 ug/L y 27 ug/L. aunque en ecosistemas venezolanos indica la existencia de niveles que alcanzan 29 ug/L. pero es claro en definir que estas concentraciones disueltas y en suspensión en estuarios no son indicativos de la existencia de contaminación metálica en las aguas y más aún definir algún sitio de origen de la contaminación (Márquez *et al.*, 2008).

Hay muchas discrepancias en cuanto a los niveles considerados como contaminantes para el plomo, aunque valores de 4-12 ug/g han sido señalados para sedimentos no contaminados (Martinez & Senior, 2001). Mientras que las correspondiente a zonas contaminadas, incluyen valores que pueden alcanzar 2700 ug/g como ocurre en el estuario de Gannel al sudeste de

Inglaterra y en los ríos Tinto y Odiel (1000 ug/g y 2000 ug/g) estos valores han sido asociados a la actividades mineras, desagües urbanos y descargas de aguas servidas. Mientras que en áreas expuestas a aguas residuales (antropogénicas) los niveles de plomo son 30 y 70 ug/g (Martinez & Senior, 2001), en nuestros resultados la concentración máxima de Plomo fue de 2,35 ug/g.

Los procesos biogeoquímicos en los sedimentos pueden movilizar los metales pesados, pasando a estar biodisponible (Luque *et al.*, 2010). Esta biodisponibilidad puede cambiar cuando se modifican las condiciones ambientales, típicas de sistemas mareales sometidas a encharcamientos periódicos (Luque *et al.*, 2010), por lo que, al estudiar polución en estuarios, tantos prístinos como contaminados bajo la existencia de una influencia antropogénica, es necesario determinar su estado de contaminación mediante el cálculo de los factores de enriquecimiento (EF) definido (Bryan & Langston, 1992; Hornberger, Luoma, Geen, Fuller, & Anima, 1999) mediante el cociente CV/BV, donde CV representa la concentración medida en el estuario y BV el valor natural del área (Luque *et al.*, 2010). Al comparar los resultados obtenidos con la norma ecuatoriana (TULSMA) para la calidad de agua (Cd: 0,005ug/L – Pb: 1.00 ug/L) y suelo (Cd: 0,5 mg/Kg – Pb: 25.0 mg/Kg) evidencian que el cadmio en el agua sobrepasa los niveles permisibles mas no en sedimento, mientras que los niveles de plomo se encuentran por debajo de lo establecido por la Norma para agua y sedimentos.

III. CONCLUSIÓN

La presencia de metales pesados en el estuario del Río Chone, Manabí-Ecuador de cadmio en el agua sobrepasa los niveles permisibles en el agua más no en sedimento, mientras que los niveles de plomo se encuentran por debajo de lo establecido por la Norma Ecuatoriana para agua y sedimentos, lo cual indica el cadmio está produciendo contaminación en el agua del estuario, generando riesgo ecológico principalmente en la salud de los organismos que viven a nivel de la columna de agua, al igual que podría afectar a la población humana que realiza actividades recreativas como bañistas-turistas en el estuario Río Chone.

IV. REFERENCIAS

- Bryan, G. W., & Langston, W. J. (1992). Bioavailability, accumulation and effects of heavy metals in sediments with special reference to United Kingdom estuaries: a review. *Environmental Pollution*, 76, 89–131.
- García Bazurto, M., Mera Paz, A., & Vega Zambrano, L. (2010). Construcción de una Estación Fija de Monitoreo Ambiental en las instalaciones de la Carrera de Acuicultura, Universidad Técnica de Manabí, Extensión Bahía de Caráquez. *UTM*, 69.
- Herrera Moreno, A., & Betancourt Fernandez, L. (2002). Toxicidad del cadmio sobre los crustaceos; bioensayos, efectos y propuesta de estándares. *Indotecnica*, 2–12.
- Hornberger, M. I., Luoma, S. N., Geen, A. Van, Fuller, C., & Anima, R. (1999). Historical trends of metals in the sediments of San Francisco Bay, California. *Marine Chemistry*, 64, 39–55.
- Luque, C. J., Castellanos, E. M., Castillo, J. M., González, M., González Vilches, M. C., & Figueroa, M. E. (2010). Distribución de metales pesados en sedimentos de las marismas del Odiel (Huelva, SO. España). *Cuaternario Y Geomorfología*, 12(3–4), 77–85.
- Mancilla-Villa, O., Ortega-Escobar, H., Ramírez-Ayala, C., Uscanga-Mortera, E., Ramos-Bello, R., & Amanda, R.-O. (2012). Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de Puebla y Veracruz, México. *Contam. Ambie*, 28(March 2010), 39–48.
- Marquez, A., Senior, W., & Martinez, G. (2000). Concentraciones y Comportamiento De Metales. *Interciencia*, 25(6), 284–291. <https://doi.org/10.5281/zenodo.160409>
- Márquez, A., Senior, W., Martínez, G., Castañeda, J., & González, Á. (2008). Concentraciones de metales en sedimentos y tejidos musculares de algunos peces de la Laguna de Castillero, Venezuela. *Maracaibo* v.18 n.2 *Maracaibo*, 12.
- Martinez, G., & Senior, W. (2001). Especiación de metales pesados (Cd, Zn, Cu y Cr) en el material en suspensión de la pluma. *Interciencia*, 26(2), 53–61.
- Ponce-Velez, G., & Botelo, A. (1992). Aspectos geoquímicos y de contaminación por metales pesados en la Laguna de Términos, Campeche. *Hidrobiológica*, 1(2), 1–10.
- Romero Bañuelos, C. (2003). *Hidrología y metales pesados en la materia particulada suspendida del agua superficial de la porción sur de la bahía de la Paz, B.C.S, Mexico*. Instituto Politecnico Nacional.
- Villanueva, S., Botello, A., & Paez, F. (1988). Evaluación de algunos metales pesados en organismos del Río Coatzacoalcos y de la Laguna del Ostión, Veracruz, México. *Revista Internacional de Contaminación*, 4(1), 19–31.

Anexo 1: Descripción botánica de las especies observadas correspondiente a la colección de plantas suculentas del Parque Histórico Guayaquil.

#	ESPECIE Y DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA	ESTADO DE CONSERVACIÓN	ORIGEN	DISTRIBUCION	MODO DE VIDA	HÁBITAT
1	<i>Pandanus baptistii</i> Forma de crecimiento: árbol. Dioico, entre 1 a 6 metros. Tallo ramificado, anillado, de raíces fúlcreas. Hojas en forma de `V`, envainadas en la base, simples. Flores unisexuales. Fruto: polidrupa, carmoso y comestible cuando madura (Tropicos.org., 2016).	No consta (IUCN, 2016).	Eastern Queensland (Gallaher, Callmander, Buerki y Keeley, 2015).	Indo - China , Papuasía, Océano Índico Oeste, Malasia, Pacífico Centro-Sur, Pacífico Noroeste, Suroeste, India, Australia, México, N a n s e i - s h o t o , Puerto Rico, Islas Windward, Costa Rica (The Catalogue of Life, 2016).	Fanerófito (WCSP, 2016).	Elevación (0-1 400 + msnm). Montículos de arena cercanos a la orilla del mar e islas, bosque húmedo pre montano, bosque muy húmedo (Tropicos.org., 2016).
2	<i>Pandanus tectorius</i> Forma de crecimiento: árbol. Dioico, entre 1 a 6 metros. Tallo ramificado, anillado, de raíces fúlcreas. Hojas en forma de `V` envainadas en la base, simples. Flores unisexuales. Fruto: polidrupa, carmoso y comestible cuando madura (Tropicos.org., 2016).	No consta (IUCN, 2016).	Eastern Queensland (Gallaher, Callmander, Buerki y Keeley, 2015).	Indo - China , Papuasía, Océano Índico Oeste, Malasia, Pacífico Centro-Sur, Pacífico Noroeste, Suroeste, India, Australia. México, N a n s e i - s h o t o , Puerto Rico, Islas Windward, Costa Rica (The Catalogue of Life, 2016).	Fanerófito (WCSP, 2016).	Elevación (0-1 400 + msnm). Montículos de arena cercanos a la orilla del mar e islas, bosque húmedo pre montano, bosque muy húmedo (Tropicos.org., 2016).
3	<i>Aloe vera</i> Forma de crecimiento: hierba. Tallo corto caduciforme. Hojas en densas rosetas basales (glaucas, gruesas y carnosas, aplanadas hacia la base y canaliculadas hacia el ápice por el haz, convexas por el envés). Inflorescencia: un racimo o panícula con 1 ó 2 ramas laterales. Fruto: cápsula loculicida; semillas planas (Tropicos.org., 2016).	No consta (IUCN, 2016).	Arabia (Tropicos.org., 2016).	Pacífico Sudoeste y Península Arábiga (The Catalogue of Life, 2016).	Suculenta hemicriptófito (WCSP, 2016).	Bosque húmedo, bosque seco (Tropicos.org., 2016).
4	<i>Agave attenuata</i> Forma de crecimiento: hierba. Floración en primavera o verano. Hojas suculentas de color azulado. Flor amarilla con espiga arqueada (Gallego, 2012).	No consta (IUCN, 2016).	México (Gallego, 2012).	Norte de África (Libia), Macaronesia (M a d e i r a), México (Central, Noroeste, Suroeste) (The Catalogue of Life, 2016).	Suculenta hemicriptófito (WCSP, 2016).	Árido, mediterráneo, subtropical árido, tropical (Gallego, 2012).
5	<i>Agave angustifolia</i> Forma de crecimiento: hierba. Tallo comúnmente obsoleto, produce retoños. Hojas lineares con márgenes, estrechas, uniformemente verdes. Flores: perianto verde y amarillo, anteras amarillas; tépalos desiguales (Tropicos.org., 2016).	No consta (IUCN, 2016).	México (García et al., 2013).	Centroamérica y El Caribe, India, Provincia del Cabo, Islas Carolina, Ecuador, México, Pakistán, Q u e e n s l a n d , Réunion, España, St. Helena (The Catalogue of Life, 2016).	Suculenta hemicriptófito (WCSP, 2016).	Elevación (0-1 000 msnm). Bosque seco, Bosque húmedo, sabanas, matorrales espinosos, selvas caducifolias, riberas rocosas, dunas costeras (Tropicos.org., 2016).

(continuación de la tabla)Anexo 1: Descripción botánica de las especies observadas correspondiente a la colección de plantas suculentas del Parque Histórico Guayaquil.

#	ESPECIE Y DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA	ESTADO DE CONSERVACIÓN cCONSERVACION	ORIGEN	DISTRIBUCION	MODO DE VIDA	HÁBITAT
6	Agave sisalana Forma de crecimiento: hierba (Tropicos.org., 2016). Hojas gruesas en forma de roseta, con espinas terminales. Monocárpica. Inflorescencia en forma de panícula. Frutos en forma de cápsula (Cabi, 2014).	No consta (IUCN, 2016).	México (Cabi, 2014).	India, África, Centro América y El Caribe, Indochina, Macaronesia, Islas del Pacífico, Ecuador, El Salvador, Florida, Mauritius, México, Queensland, Islas Salomón, España, St. Helena, Asunción (The Catalogue of Life, 2016).	Suculenta hemicriptofita (WCSP, 2016).	Elevación (0-500 msnm) (Tropicos.org., 2016). Regiones áridas (Cabi, 2014).
7	Sansevieria cylindrica Forma de crecimiento: hierba. Rizomas (National Gardening Association, 2016). Hojas cilíndricas (bandas verdes oscuras y claras) (Tropicos.org., 2016).	No consta (IUCN, 2016).	África Tropical (Tropicos.org., 2016).	África Tropical (Sur, Central), India, Centroamérica y El Caribe, Marianas, Tailandia, Islas Windward (The Catalogue of Life, 2016).	Rizoma geófito (WCSP, 2016). Suculenta (Velásquez, 2014).	Regiones tropicales (Anjum, Suresha, Prasad y Rajini, 2014).
8	Sansevieria trifasciata var. Laurentii Forma de crecimiento: hierba. Hoja perenne (color de follaje inusual). Floración errática, llamativa. Rizomas (National Gardening Association, 2016).	No consta (IUCN, 2016).	África Tropical (Velásquez, 2014).	América Central y El Caribe, Indo-China, África Tropical Centro-Oeste, Océano Índico (Este y Oeste), Australia, América Central, Islas del Pacífico, Ecuador, Himalaya, Malaya, México, Islas Solomon, Ascensión, Islas Camary (The Catalogue of Life, 2016).	Rizoma geófito (WCSP, 2016). Suculenta (Velásquez, 2014).	Bosque húmedo pre montano (Tropicos.org., 2016).
9	Sansevieria trifasciata Forma de crecimiento: hierba. Rizomatosa, tallo no aéreo. Hojas suculentas, erectas. Flores que emiten olor de noche. Fruto anaranjado de semillas carnosas (Tropicos.org., 2016).	No consta (IUCN, 2016).	África Tropical (Velásquez, 2014).	Indo-China, África Tropical (Oeste y Centro-Oeste), Océano Índico Oeste, América Central y El Caribe, Pacífico Noroeste, Australia, India, Ecuador, Malaya, Islas Society, Islas Solomon, Ascensión, Islas Canarias (The Catalogue of Life, 2016).	Rizoma geófito (WCSP, 2016). Suculenta (Velásquez, 2014).	Bosque húmedo pre montano (Tropicos.org., 2016).
10	Yucca guatemalensis Forma de crecimiento: árbol. Tallo simple a ramificado, de corteza áspera. Hojas ensiformes, rígidas, lineares. Flores aromáticas. Fruto carnosos (Tropicos.org., 2016).	No consta (IUCN, 2016).	México (Zhang, Yang y Zhang, Y. J., 2013).	Centroamérica y El Caribe, México, Ecuador (The Catalogue of Life, 2016).	Fanerófito (WCSP, 2016).	Elevación (0-1 200 msnm). Bosque seco, húmedo y muy húmedo (Tropicos.org., 2016).
11	Furcraea selloa Forma de crecimiento: hierba (Tropicos.org., 2016). Roseta de hojas, rígidas, con espinas en los bordes. Flores (tubo corto), florece una vez (Infojardín, 2015).	No consta (IUCN, 2016).	Colombia (Infojardín, 2015).	Islas Andaman, Colombia, Ecuador, Florida, India, México, Queensland (The Catalogue of Life, 2016).	Chamerophyte (WCSP, 2016).	Elevación (0-500 msnm) (Tropicos.org., 2016). Rocas, taludes, zonas áridas (Infojardín, 2015).

(continuación de la tabla)Anexo 1: Descripción botánica de las especies observadas correspondiente a la colección de plantas suculentas del Parque Histórico Guayaquil.

#	ESPECIE DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA	ESTADO DE CONSERVACION	ORIGEN	DISTRIBUCION	MODO DE VIDA	HÁBITAT
12	<i>Bromelia pinguin</i> Forma de crecimiento: hierba. Hojas atenuadas, internas. Flores tomentosas de pétalos rosados o lila. Frutos amarillentos, glabros (Tropicos.org., 2016).	No consta (IUCN, 2016).	México (Gutiérrez, Hechevarría, Bermúdez y Montero, 2015).	Centroamérica y El Caribe, Colombia, Ecuador, Florida, Guyana, Surinam, México, Venezuela (The Catalogue of Life, 2016).	Hemicriptófica (WCSP, 2016). Suculenta (Boza, Mojena y Schwesinger, 2013)	Elevación (0-750 msnm) Bosque seco, húmedo (Tropicos.org., 2016).
13	<i>Ananas ananassoides</i> Forma de crecimiento: hierba. Hojas atenuadas y largas, márgenes espinosos. Subfoliácea, escapo alargado (Tropicos.org., 2016).	No consta (IUCN, 2016).	Brasil (Souza <i>et al.</i> , 2012).	Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Paraguay, Costa Rica, Ecuador, Panamá, Guyana, Surinam (The Catalogue of Life, 2016).	Suculenta (Tropicos.org., 2016).	Elevación (0- 1 000 msnm). Bosque húmedo, bosque semideciduo, sabanas (Tropicos.org., 2016).
14	<i>Kalanchoe blossfeldiana</i> Forma de crecimiento: hierba. Hojas opuestas, glabras. Inflorescencia de cincinos apareados, cáliz dialisépalo, flores vistosas (Tropicos.org., 2016).	No consta (IUCN, 2016).	Madagascar (Infojardín, 2015).	Madagascar, Puerto Rico, Haití, República Dominicana, Nicaragua, Venezuela, Bolivia, México, Colombia, Estados Unidos, Vietnam (The Catalogue of Life, 2016).	Suculenta (National Gardening Association, 2016).	Elevación (0-2 000 msnm). Bosque húmedo montano bajo (Tropicos.org., 2016).
15	<i>Kalanchoe pinnata</i> Forma de crecimiento: hierba. Poco ramificada. Hojas opuestas, pinnadamente compuestas. Inflorescencia paniculada. Flores de corola rosada matizada con verde, sépalos y corola largos (Tropicos.org., 2016).	No consta (IUCN, 2016).	África Tropical y Madagascar (Tropicos.org., 2016).	Ampliamente distribuida (The Catalogue of Life, 2016).	Suculenta (Tropicos.org., 2016).	Elevación (0- 3 500 msnm). Bosque húmedo pre montano (Tropicos.org., 2016).
16	<i>Jatropha nudicaulis</i> Forma de crecimiento: arbusto (Tropicos.org., 2016). Polipétalos, corola larga. Hojas redondas. Largo enmarañado de pelos deciduos. Lóbulos del cáliz pistilados. (McVaugh, 1945).	(EN) Amenazado (IUCN, 2016).	América (McVaugh, 1945).	Colombia, Ecuador (The Catalogue of Life, 2016).	Nanofanerófito (WCSP, 2016).	Elevación (1 000-1 500 msnm) (Tropicos.org., 2016). Clima tropical y subtropical (IUCN, 2016).
17	<i>Jatropha podagrica</i> Forma de crecimiento: arbusto. Hoja peltada, redondeada en la base. Pétalos libres, ovario glabro (Tropicos.org., 2016). Color de la flor: rojo y anaranjado. Inflorescencia en cima (National Gardening Association, 2016).	No consta (IUCN, 2016).	Mesoamérica (Tropicos.org., 2016).	Sudamérica (Ecuador, Colombia), India, Centroamérica y El Caribe, Hawái, México (The Catalogue of Life, 2016).	Cáudice nanofanerófito (WCSP, 2016).	Laderas rocosas y sabanas (Tropicos.org., 2016).

(continuación de la tabla)Anexo 1: Descripción botánica de las especies observadas correspondiente a la colección de plantas suculentas del Parque Histórico Guayaquil.

#	ESPECIE Y DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA	ESTADO DE CONSERVACIÓN	ORIGEN	DISTRIBUCION	MODO DE VIDA	HÁBITAT
18	Euphorbia látcea Forma de crecimiento: arbusto (Tropicos.org., 2016). Hojas perennes, jaspeadas. Flores reducidas en tamaño, en ciato, color amarillo (National Gardening Association, 2016)	No consta (IUCN, 2016).	Asia Tropical (Romero, Velásquez y Antonio, 2014).	Centroamérica y El Caribe, Islas del Pacífico Central del Sur, India. Ecuador, Hawái, Maluku, Pakistán, Tailandia (The Catalogue of Life, 2016).	Suculenta nanofanerófito o fanerófito (WCSP, 2016).	Elevación (0-500 msnm) (Tropicos.org., 2016). Tropical, subtropical (Romero <i>et al.</i> , 2014).
19	Euphorbia cristata Forma de crecimiento: arbusto. Hojas perennes. Flores reducidas en tamaño. Inflorescencia tipo ciato. (National Gardening Association, 2016)	No consta (IUCN, 2016).	Asia Tropical (Romero <i>et al.</i> , 2014).	Centroamérica y El Caribe, Islas del Pacífico Central del Sur, India. Ecuador, Hawái, Maluku, Pakistán, Tailandia (The Catalogue of Life, 2016).	Terófito (WCSP, 2016). Suculenta (National Gardening Association, 2016)	Elevación (0-500 msnm) (Tropicos.org., 2016). Tropical, subtropical (Romero <i>et al.</i> , 2014).
20	Tumera subulata Forma de crecimiento: hierba (Tropicos.org., 2016). Hoja perenne, flores vistosas, inflorescencia individual. Raíz principal (National Gardening Association, 2016).	No consta (IUCN, 2016).	Centroamérica (Queensland Government, 2016).	Brasil, Venezuela, Colombia, Centro América, Ecuador, Panamá, Antillas, Malasia, Sri Lanka, Filipinas, Vietnam (The Catalogue of Life, 2016).	Camefito (Sindhujá, Rajendran y Jayanthi, 2012).	Elevación (0-1 500 msnm). Bosque húmedo tropical (Tropicos.org., 2016).
21	Prosopis juliflora Forma de crecimiento: árbol. Hojas bipinnadas, compuestas, ramas glabras. Inflorescencia axilar, agrupada. Flores actinomorfas, sésiles. Fruto linear, aplanado, constricto entre las semillas (Tropicos.org., 2016).	No consta (IUCN, 2016).	América (FAO, 2016).	Estados Unidos, India, El Caribe, Brasil (The Catalogue of Life, 2016).	Variable (Cano <i>et al.</i> , 2012).	Elevación (0-500 msnm). Bosques seco, bosque húmedo, matorral espinoso (Tropicos.org., 2016).
22	Albizia guachapele Forma de crecimiento: árbol (Tropicos.org., 2016). Hoja bipinnada, alterna, caducifolia. Flor estacional. Fruto: legumbre (EIA, 2014).	No consta (IUCN, 2016).	América Tropical (EIA, 2014).	Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala (The Catalogue of Life, 2016).	Heliófito (ICE, 2012).	Elevación (0-1 000 msnm). Bosque húmedo (Tropicos.org., 2016).
23	Caesalpinia glabrata Forma de crecimiento: árbol (Tropicos.org., 2016). Fuste irregular o cilíndrico. Hojas bipinnadas y alternas. Fruto: legumbre aplanada (Noboa, 2016).	(LC) Preocupación Menor (IUCN, 2016).	Perú (Tropicos.org., 2016).	Ecuador y Perú (The Catalogue of Life, 2016).	Variable (Noboa, 2016).	Elevación (0- 2 100 msnm). Bosque seco, dunas costeras, sabana, matorral seco (Groom, 2012).

(continuación de la tabla)Anexo 1: Descripción botánica de las especies observadas correspondiente a la colección de plantas suculentas del Parque Histórico Guayaquil.

#	ESPECIE Y DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA	ESTADO DE CONSERVACIÓN	ORIGEN	DISTRIBUCION	MODO DE VIDA	HÁBITAT
24	<i>Opuntia dillenii</i> Forma de crecimiento: arbusto (Tropicos.org., 2016). Tallo suculento, ramificado y segmentado. Fruto sin espinas (comestible). Flores amarillas (a veces anaranjadas). Semillas discoideas (Delgado, 2011)	(LC) Preocupación Menor (IUCN, 2016).	México (Chahdoura <i>et al.</i> , 2014).	(-) (The Catalogue of Life, 2016).	Fanerófito suculento (Delgado, 2011).	Elevación (0 - 5 0 0 m s n m) . Bioclima subárido (Tropicos.org., 2016). Matorrales desérticos, pastizales y herbazales (Delgado, 2 0 1 1) .
25	<i>Opuntia microdasys</i> Forma de crecimiento: arbusto. Flores color de malva o anaranjado, una sola inflorescencia. Raíz principal (National Gardening Association, 2016).	(LC) Preocupación Menor (IUCN, 2016).	México (Chahdoura <i>et al.</i> , 2014).	Norteamérica (The Catalogue of Life, 2016).	Suculenta (National Gardening Association, 2016).	Regiones áridas y semiáridas (Chahdoura <i>et al.</i> , 2014).
26	<i>Opuntia ficus-indica</i> Forma de crecimiento: arbusto. Areolas sin o con espinas, blancas. Flores sepaloides del perianto, multicolor. Fruto carnoso (Tropicos.org., 2016).	(DD) Datos Insuficientes (IUCN, 2016).	México (Chahdoura <i>et al.</i> , 2014).	El Caribe, Norteamérica, Oceanía (The Catalogue of Life, 2016).	Suculenta (Tropicos.org., 2016).	Elevación (0- 3 0 0 0 m s n m) . Bosque húmedo montañoso (Tropicos.org., 2016).
27	<i>Hylocereus polyrhizus</i> Forma de crecimiento: arbusto. Varía en apariencia respecto a su hábitat. Tallo corto, raíz trepadora., espinas gruesas. Flores vistosas (perianto robusto) (Tropicos.org., 2016).	No consta (IUCN, 2016).	México (Montesinos <i>et al.</i> , 2015).	(-) (The Catalogue of Life, 2016).	Suculenta (Tropicos.org., 2016).	Elevación (0-2 0 0 0 m s n m) Rocas, islotes, acantilados (Tropicos.org., 2016).
28	<i>Armatocereus cartwrightianus</i> Forma de crecimiento: árbol. Cactus ramificado, erecto (Tropicos.org., 2016).	(LC) Preocupación Menor (IUCN, 2016).	Ecorregión Tumbesina (Loaiza y Gamarra, 2016).	(-) (The Catalogue of Life, 2016).	Cactus/ suculenta (National Gardening Association, 2016).	Elevación (0 - 5 0 0 m s n m) . Pendientes rocosas, matorrales (Tropicos.org., 2016).
29	<i>Pilosocereus tweedyanus</i> Forma de crecimiento: árbol. Cactus ramificado, erecto (Tropicos.org., 2016).	(LC) Preocupación Menor (IUCN, 2016).	Ecorregión Tumbesina (Loaiza y Gamarra, 2016).	(-) (The Catalogue of Life, 2016).	Cactus/ suculenta (National Gardening Association, 2016).	Elevación (0-1 0 0 0 m s n m) . Matorrales (Tropicos.org., 2016).

(continuación de la tabla)Anexo 1: Descripción botánica de las especies observadas correspondiente a la colección de plantas suculentas del Parque Histórico Guayaquil.

#	ESPECIE Y DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA	ESTADO DE CONSERVACIÓN	ORIGEN	DISTRIBUCION	MODO DE VIDA	HÁBITAT
30	<i>Cereus hexagonus</i> Forma de crecimiento: árbol (Tropicos.org., 2016). Arborescente columnar, ramificado (Nassar, Velásquez, Romero y Medina, 2013).	(LC) Preocupación Menor (IUCN, 2016).	América (Loaiza y Gamarra, 2016).	El Caribe (The Catalogue of Life, 2016).	Cactus/ suculenta (National Gardening Association, 2016).	Elevación (0-500 msnm). Bioclima subárido, subhúmedo (Tropicos.org., 2016).
31	<i>Mamillaria blossfeldiana</i> Forma de crecimiento: arbusto. Poca ramificación. Flores vistosas. Tallo globoso y cilíndrico. Espinas centrales y radiales (LLIFLE, 2005).	(NT) Casi Amenazado (IUCN, 2016).	México (LLIFLE, 2005).	(-) (The Catalogue of Life, 2016).	Cactus/ suculenta (National Gardening Association, 2016).	Elevación (0-150 msnm). Regiones áridas (LLIFLE, 2005).
32	<i>Jacquinia sprucei</i> Forma de crecimiento: árbol (Tropicos.org., 2016). Perennifolio, ramificado. Hojas alternas, simples. Inflorescencia racimosa. Fruto en baya (Aguirre, 2012).	No consta (IUCN, 2016).	Sudamérica (Grandtner y Chevrette, 2013).	Perú, Ecuador (The Catalogue of Life, 2016).	Xerofítica/ suculenta (BirdLife International, 2016).	Elevación (0- 1000 msnm). Desiertos (Tropicos.org., 2016).
33	<i>Huernia schneideriana</i> Forma de crecimiento: hierba. Hojas perennes con suaves "dientes" a su alrededor. Florecimiento en verano (National Gardening Association, 2016).	No consta (IUCN, 2016).	Tanzania (Tropicos.org., 2016).	África Oriental Tropical (Tanzania) (The Catalogue of Life, 2016).	Suculenta (National Gardening Association, 2016).	Árido, semiárido (Tribe y Marais, 2015).
34	<i>Stapelia grandiflora</i> Forma de crecimiento: hierba (Tropicos.org., 2016). Flores moradas y castañas, anchas, con pelos blancos. Tallos robustos (Elicriso, 2016).	No consta (IUCN, 2016).	Sudáfrica (Elicriso, 2016).	Sudáfrica, India. Introducida en: Australia, Taiwán, México (The Catalogue of Life, 2016).	Suculenta (National Gardening Association, 2016).	Bosque húmedo montano bajo, bosque húmedo pre montano (Tropicos.org., 2016).

Anexo 2: Usos, mantenimiento y datos interesantes de las especies observadas correspondiente a la colección de plantas suculentas del Parque Histórico Guayaquil.

#	ESPECIE	USOS	MANTENIMIENTO	DATOS INTERESANTES
1	<i>Pandanus baptistii</i> Misonne	Ornamental (Tropicos.org., 2016).	Requiere investigación para evaluar sus amenazas y conservación (IUCN, 2016).	Alto contenido nutricional de sus frutos (Lim, 2012).
2	<i>Pandanus tectorius</i> Parkinson ex Du Roi	Ornamental (Tropicos.org., 2016).	Requiere investigación para evaluar sus amenazas y conservación (IUCN, 2016).	Se pueden extraer nano cristales de celulosa (Sheltami, Abdullah, Ahmad, Dufresne y Kargarzadeh, 2012).
3	<i>Aloe vera</i> (L.) Burm.f.	Medicinal, ornamental (Tropicos.org., 2016).	*Claridad o luz solar, evitar el frío y exceso de agua. *Repicado (dejar solo el tallo central, replantar hijuelos). *Eliminar hojas dañadas y trasplantar (National Gardening Association, 2016).	Atrayente de vida silvestre: colibríes (National Gardening Association, 2016).
4	<i>Agave attenuata</i> Salm-Dyck	Ornamental (Gallego, 2012).	*Suelo pH neutro, fértil, textura franco-arenosa. *Sol, poco agua (evitar exceso de frío). *Propagación mediante hijuelos o brotes (Gallego, 2012). *Recorte de hojas (con precaución de la savia: irritante).	Su savia puede ocasionar dermatitis (National Gardening Association, 2016).
5	<i>Agave angustifolia</i> Haw.	Ornamental (Tropicos.org., 2016).	*Suficiente sol. *Propagación mediante semillas o cortes de retoños en el tallo. *Requiere excelentes condiciones de drenaje (National Gardening Association, 2016).	Influye en la actividad prebiótica de la barrera intestinal (previene carcinogénesis del colon) (Allsopp <i>et al.</i> , 2013).
6	<i>Agave sisalana</i> Perrine	Ornamental (Tropicos.org., 2016).	*Suficiente sol. *Propagación mediante semillas o cortes de retoños en el tallo. *Requiere excelentes condiciones de drenaje (National Gardening Association, 2016).	Su savia puede ocasionar dermatitis (National Gardening Association, 2016).
7	<i>Sansevieria cylindrica</i> Bojer ex Hook.	Ornamental o cerco vivo (Tropicos.org., 2016). Medicinal (National Gardening Association, 2016).	*Propagación: la hoja se corta mediante división de estolones. *Requiere excelente drenaje (National Gardening Association, 2016).	Empleada como material compuesto de fibra reforzada biodegradable (Anjum <i>et al.</i> , 2014).
8	<i>Sansevieria trifasciata</i> var. <i>Laurentii</i>	Ornamental (Tropicos.org., 2016).	*Requiere sombra. *Propagación mediante división de estolones. *Requiere excelentes condiciones de drenaje (National Gardening Association, 2016).	Capacidad de proveer rehabilitación de la contaminación de formaldehído en interiores (Min, Gongsheng y Qiang, 2014).
9	<i>Sansevieria trifasciata</i> Prain	Ornamental (Tropicos.org., 2016).	*Requiere sombra parcial o total.	Actúa como compuesto de polímero reforzado gracias a su fibra vegetal (Suberi, Noor, Darnis, Mukai y Usup, 2014).
10	<i>Yucca guatemalensis</i> Baker	Ornamental, cercas vivas, flores, comestible (Tropicos.org., 2016).	*Evitar riego excesivo. *Requiere luz solar (intensa). *Puede vivir en macetas (Infojardín, 2015).	Su tallo genera saponinas esteroidales (Zhang <i>et al.</i> , 2013).

(continuación de la tabla) Anexo 2: Usos, mantenimiento y datos interesantes de las especies observadas correspondiente a la colección de plantas suculentas del Parque Histórico Guayaquil.

#	ESPECIE	USOS	MANTENIMIENTO	DATOS INTERESANTES
11	<i>Furcraea selloa</i> K. Koch	Ornamental (Gullón, 2013).	*Requiere clima cálido. *Sol. *Suelo drenado. *Propagación mediante brotes y semillas (Infojardín, 2015).	Se emplea en Xerojardinería (Gullón, 2013). Nativa de Ecuador (Tropicos.org., 2016).
12	<i>Bromelia pinguin</i> L.	Antihelmíntica y antifúngica (Looby y Eaton, 2014).	*Requiere excelentes condiciones de drenaje. *Puede vivir en macetas. *Propagación mediante semillas o hijuelos (Ordoñez, 2012).	Su fruto es diurético y abortivo (Looby y Eaton, 2014). Nativa de Ecuador (Tropicos.org., 2016).
13	<i>Ananas ananassoides</i> (Baker) L.B.Sm.	Ornamental (Tropicos.org., 2016).	*Sombra parcial y suficiente sol. *Requiere humedad (pulverizar hojas 2 veces a la semana). *Requiere riego, abono y trasplante (2 años). *Multiplicación mediante retoños (Infojardín, 2015).	Monocárpica: florece una sola vez y muere (Infojardín, 2015). Nativa de Ecuador (Tropicos.org., 2016).
14	<i>Kalanchoe blossfeldiana</i> Poelln.	Ornamental (Tropicos.org., 2016).	*Requiere suficiente sol y sombra parcial. *Resistente a la humedad. *Propagación mediante cortes en el tallo. *Requiere excelentes condiciones de drenaje (National Gardening Association, 2016).	Atrayente de vida silvestre: abejas, mariposas y colibríes; sin embargo, se considera venenosa (National Gardening Association, 2016).
15	<i>Kalanchoe pinnata</i> (Lam.) Pers.	Ornamental (Tropicos.org., 2016).	*Propagación mediante cortes en el tallo. *Requiere excelentes condiciones de drenaje (National Gardening Association, 2016).	Venenosa (National Gardening Association, 2016).
16	<i>Jatropha nudicaulis</i> Benth.	Medicinal (Lanchi y Silvia, 2015).	*Requiere acción para su conservación (IUCN, 2016).	Endémica del sur de Ecuador (Azuay). Poblaciones adicionales en el Parque Nacional Cajas. No han sido identificados ejemplares en Manabí. (Tropicos.org., 2016).
17	<i>Jatropha podagrica</i> Hook.	Ornamental (Tropicos.org., 2016).	*Suficiente sol y sombra parcial. *Resistente a la sequía (National Gardening Association, 2016).	Fruto y savia son venenosos (National Gardening Association, 2016).
18	<i>Euphorbia lactea</i> Haw.	Ornamental, protección contra el viento (National Gardening Association, 2016)	*Suficiente sol y sombra parcial. *Requiere excelente drenaje (National Gardening Association, 2016)	Segrega un látex tóxico (National Gardening Association, 2016)

(continuación de la tabla) Anexo 2: Usos, mantenimiento y datos interesantes de las especies observadas correspondiente a la colección de plantas suculentas del Parque Histórico Guayaquil.

#	ESPECIE	USOS	MANTENIMIENTO	DATOS INTERESANTES
19	<i>Euphorbia cristata</i> B. Heyne ex Roth	Ornamental (National Gardening Association, 2016).	*Suficiente sol y sombra parcial. *Requiere excelente drenaje. *Propagación mediante cortes en el tallo. (National Gardening Association, 2016)	Segrega un látex (savia) tóxico y venenoso (National Gardening Association, 2016)
20	<i>Turnera subulata</i> Smith	Cobertura del suelo, medicinal (National Gardening Association, 2016).	*Requiere suficiente sol y sombra parcial. *Resistente a la humedad y la sequía. *Propagación mediante cortes en el tallo. *Requiere excelentes condiciones de drenaje (National Gardening Association, 2016).	Atrayente de insectos: abejas, mariposas, hormigas, otros (National Gardening Association, 2016). Nativa de Ecuador (Tropicos.org., 2016).
21	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC	Fruto comestible, de la corteza se extraen taninos, del tronco se extraen gomas (Tropicos.org., 2016). Medicinal, ornamental (FAO, 2016).	*Resistente a periodos de sequía. *Resistente a las heladas. *Evitar zonas inundables. *Propagación mediante semillas (FAO, 2016).	Potencial para producir bioetanol (Purohit, Patel y Harsh, 2013). Nativa de Ecuador (Tropicos.org., 2016).
22	<i>Albizia guachapele</i> (Kunth) Dugand	Maderable, ornamental, restauración ecológica (EIA, 2014).	*Requiere drenaje entre bueno a moderado. *Alta cantidad de luz, poca humedad (EIA, 2014).	Alta capacidad de atraer fauna silvestre (EIA, 2014).
23	<i>Caesalpinia glabrata</i> Kunth	Maderable, sus vainas se emplean como tinta (Groom, 2012).	*Suficiente sol. *Resistente a la sequía. *Propagación mediante semillas (National Gardening Association, 2016).	Nativa de Ecuador (Tropicos.org., 2016).
24	<i>Opuntia dillenii</i> (Ker Gawl.) Haw	CITES: Control de su comercio (proteger la supervivencia de la especie), ornamental (Tropicos.org., 2016). Frutos comestibles (National Gardening Association, 2016). Se emplea en medicina tradicional (frutos con propiedades hipoglucemiantes) (Delgado, 2011).	*La propagación de semillas requiere una temperatura entre 68°-86° (lentas en germinar). *Requiere excelente drenaje (National Gardening Association, 2016).	Su principal interés ornamental radica en sus frutos y flores llamativos (National Gardening Association, 2016). Nativa de Ecuador (Tropicos.org., 2016).
25	<i>Opuntia microdasys</i> (Lehm.) Pfeiff.	Ornamental, fruto comestible (National Gardening Association, 2016). CITES: Control de su comercio (proteger la supervivencia de la especie) (Tropicos.org., 2016).	*Suficiente sol y sombra parcial. *Poco agua (tolerante a la sequía). *La propagación de semillas requiere una temperatura entre 68°-86° (lentas en germinar). *Requiere excelente drenaje (National Gardening Association, 2016).	Sus flores poseen capacidad antioxidante (Chahdoura et al., 2014).

(continuación de la tabla) Anexo 2: Usos, mantenimiento y datos interesantes de las especies observadas correspondiente a la colección de plantas suculentas del Parque Histórico Guayaquil.

#	ESPECIE	USOS	MANTENIMIENTO	DATOS INTERESANTES
28	Armatocereus cartwrightianus (Britton y Rose) Backeb.	CITES: Control de su comercio (proteger la supervivencia de la especie) (Tropicos.org., 2016).	*Requiere investigación para evaluar sus amenazas y conservación (IUCN, 2016).	Nativa de Ecuador y Perú (Tropicos.org., 2016).
29	Pilosocereus tweedyanus (Britton y Rose) Byles y G.D. Rowley	CITES: Control de su comercio (proteger la supervivencia de la especie) (Tropicos.org., 2016).	*Requiere investigación para evaluar sus amenazas y conservación (IUCN, 2016).	Nativa de Ecuador y Perú (Tropicos.org., 2016).
30	Cereus hexagonus (L.) Mill.	CITES: Control de su comercio (proteger la supervivencia de la especie) (Tropicos.org., 2016).	*Requiere investigación para evaluar sus amenazas y conservación (IUCN, 2016).	Baja densidad de individuos en una misma zona (IUCN, 2016).
31	Mammillaria blossfeldiana Boed.	CITES: Control de su comercio (proteger la supervivencia de la especie) (Tropicos.org., 2016). Ornamental (LLIFLE, 2005).	Requiere un ambiente con ventilación y suficiente sol. *Sensible al riego, abono excesivo y heladas. *Propagación mediante semillas (LLIFLE, 2005).	Destacan flores llamativas en color y tamaño (LLIFLE, 2005).
32	Jacquinia sprucei Mez.	Piscicida botánico (Ekpendu, Saliu y Otitoloju, 2014).	*Requiere investigación para evaluar sus amenazas y conservación (IUCN, 2016).	Nativa de Ecuador (El Oro, Guayas, Manabí) y Perú (Tropicos.org., 2016). Potencial para la restauración de áreas degradadas (Aguirre, 2012).
33	Huernia schneideriana A. Berger	Ornamental (Pérez, Der Wal y Ishihara, 2012).	*Sol parcial. *Propagación cortando y replantando nuevos brotes. *Requiere excelente drenaje (National Gardening Association, 2016).	El color Burgundy de sus flores constituye gran atractivo ornamental (National Gardening Association, 2016).
34	Stapelia grandiflora Masson	Ornamental (National Gardening Association, 2016).	*Requiere mucho sol y sombra parcial, tolerante a la humedad. *Propagación mediante semillas y repicado. *Requiere excelente drenaje (National Gardening Association, 2016).	Sus flores emiten un olor desagradable (su polinizador son las moscas). Pueden producir toxinas irritantes a la piel (National Gardening Association, 2016).

Revista Ciencia UNEMI

Vol. 10, N° 24, septiembre 2017

ISSN 1390-4272 Impreso

ISSN 2528-7737 Electrónico

Normas de Publicación

La **Revista Ciencia UNEMI** es una revista científica indizada y arbitrada, de publicación cuatrimestral a partir del año 2016. Dirigida a la población universitaria, que publica principalmente trabajos originales de investigación científica, ensayos y comunicaciones originales preferentemente en las áreas prioritarias de la revista. Su objetivo es divulgar las realizaciones científicas y tecnológicas de la UNEMI, así como las que se realicen en otras universidades y centros de investigación en el país y en el exterior, en las áreas relacionadas con Industrial; Tecnología, Informática y Comunicación; Administración y Gerencia; Salud Pública y Educación y Cultura.

CONDICIONES GENERALES

Las contribuciones que se publiquen en **Ciencia UNEMI** deben estar enmarcadas en los requisitos fijados en la presente Norma y aceptadas por el Comité Editorial. Todos los trabajos deben ser originales e inéditos, en idioma español o inglés, y no estar en proceso de arbitraje por otras revistas. Los derechos de publicación de los trabajos son propiedad de Ciencia UNEMI, se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos, siempre y cuando se cumplan las condiciones siguientes: sin fines comerciales, no se realicen alteraciones de sus contenidos y se cite su información completa (nombre y apellido del autor, Ciencia UNEMI, número de volumen, número de ejemplar y URL exacto del documento citado). Los autores deberán indicar nombre y apellido, título académico, lugar de trabajo, cargo que desempeñan y dirección completa, incluyendo teléfono, fax y correo electrónico. Las opiniones de los autores son de su exclusiva responsabilidad y la revista no se solidariza con doctrinas, ideas o pensamientos expresados en ellos.

CONTRIBUCIONES

El Comité Editorial acepta tres (3) tipos de contribuciones para publicación en las distintas áreas de la Revista Ciencia UNEMI: Los Artículos Científicos, los Artículos Técnicos, y los Ensayos. Los Artículos Científicos son el resultado de trabajos de investigación, bien sea bibliográfico o experimental, en el que se han obtenido resultados, se discutieron y se llegaron a conclusiones que signifiquen un aporte innovador en Ciencia y Tecnología. Los Artículos Técnicos son el resultado de trabajos de grado o de investigación en el ámbito universitario e industrial, bien sea experimental y/o no experimental, que signifiquen un aporte tecnológico para la resolución de problemas específicos en el sector industrial. Los Ensayos son aquellas contribuciones producto de investigaciones destinadas a informar novedades y/o adelantos en las especialidades que abarca Ciencia UNEMI. Estos deben ser inéditos y no se aceptarán los que hayan sido ofrecidos a otros órganos de difusión.

PRESENTACIÓN

Todas las contribuciones deben ser enviadas en formato electrónico. La redacción del manuscrito debe realizarse en

español o inglés.

Éste debe ser redactado en tercera persona y tiempo verbal presente. El mismo debe ser escrito utilizando el procesador de texto Microsoft Office Word® tipeadas a una sola columna, a interlineado simple, con un espaciado posterior entre párrafos de 6 puntos, en papel tamaño A4 (21,0 x 29,7 cm), tipo de letra Times New Roman, tamaño 12, justificado, sin sangría y con márgenes de 2,5 cm en todos los lados: inferior, superior, izquierdo y derecho.

Las contribuciones deben tener una extensión mínima de 4 páginas y 16 como máximo. Los ensayos deben tener mínimo 30 referencias bibliográficas. Las ilustraciones, gráficos, dibujos y fotografías serán denominadas Figuras y serán presentadas en formatos jpg. Las figuras deben ser en original, elaboradas por los autores. No se aceptan figuras escaneadas. Las fotografías deben ser de alta resolución, nítidas y bien contrastadas, sin zonas demasiado oscuras o extremadamente claras. Las tablas y las figuras se deben enumerar (cada una) consecutivamente en números arábigos, en letra Times New Roman, tamaño 10. Éstas deben ser incluidas lo más próximo posible a su referencia en el texto, con su respectivo título en la parte superior si es una tabla o inferior si es una figura. En el caso de que la información contenida sea tomada de otro autor, se debe colocar la fuente. Todas las ecuaciones y fórmulas deben ser generadas por editores de ecuaciones actualizados y enumeradas consecutivamente con números arábigos, colocados entre paréntesis en el lado derecho. Los símbolos matemáticos deben ser muy claros y legibles. Las unidades deben ser colocadas en el Sistema Métrico Decimal y Sistema Internacional de Medida. Si se emplean siglas y abreviaturas poco conocidas, se indicará su significado la primera vez que se mencionen en el texto y en las demás menciones bastará con la sigla o la abreviatura.

Citas bibliográficas en el texto: las citas deberán hacerse señalando en el texto el apellido del primer autor seguido por el del segundo autor o por et al si fueran más de dos autores, y el año de publicación. Por ejemplo: (Campos, 2012),... Campos (2012), (Da Silva y González, 2015), (Alvarado et al, 2014). Cuando se incluyen dos o más citas dentro de una misma frase, las citas se arreglan en orden cronológico. Citas que tengan el mismo año de publicación se arreglan en orden alfabético. Cuando se cite a autores que hayan publicado más de una referencia en el mismo año, se diferenciarán con las letras a, b, c, etc., colocadas inmediatamente después del año de publicación (por ejemplo, 2011a). Si el (los) mismo (s) autor (es) tiene (n) varias publicaciones con distintas fechas pueden citarse juntas en el texto (Campos *et al.*, 2014, 2015). Se recomienda que los autores revisen directamente las fuentes originales, en lugar de acudir a referencias de segunda mano; sólo cuando no sea posible localizar la fuente primaria de información se aceptará citar un trabajo mediante otra referencia. Ejemplo: (Ramírez, 2008, citado por Alvarado, 2015). Teniendo en cuenta que en el apartado de referencias sólo se señalarán los autores de los artículos realmente consultados, o sea, Alvarado (2015) en este caso.

COMPOSICIÓN

Cada contribución deberá ordenarse en las siguientes partes: título en español, datos de los autores, resumen y palabras clave en castellano; título, resumen y palabras clave en inglés; introducción, metodología o procedimiento, resultados, conclusiones, referencias bibliográficas y agradecimientos.

1. Título en español. Debe ser breve, preciso y codificable, sin abreviaturas, paréntesis, fórmulas, ni caracteres desconocidos. Debe contener la menor cantidad de palabras (extensión máxima de 15 palabras) que expresen el contenido del manuscrito y pueda ser registrado en índices internacionales.

2. Datos de los autores. Debe indicar el primer nombre y primer apellido. Se recomienda para una correcta indización del artículo en las bases internacionales, la adopción de un nombre y un solo apellido para nombres y apellidos poco comunes, o bien el nombre y los dos apellidos unidos por un guión para los más comunes (Ej. María Pérez-Acosta). En otro archivo se debe indicar la información completa de cada autor: nombre y apellido, título académico, lugar de trabajo, cargo que desempeña y dirección completa, incluyendo número de teléfono, fax e imprescindible correo electrónico.

3. Resumen en español y Palabras clave. Debe señalar el objetivo o finalidad de la investigación y una síntesis de la metodología o procedimiento, de los resultados y conclusiones más relevantes. Tendrá una extensión máxima de 200 palabras en un solo párrafo con interlineado sencillo. No debe contener referencias bibliográficas, tablas, figuras o ecuaciones. Al final del resumen incluir de 3 a 10 palabras clave o descriptores significativos, con la finalidad de su inclusión en los índices internacionales.

4. Título, Resumen y Palabras Clave en inglés (Abstract y Keywords). Son la traducción al inglés del título, resumen y palabras clave presentadas en español.

5. Introducción. Se presenta en forma concisa una descripción del problema, el objetivo del trabajo, una síntesis de su fundamento teórico y la metodología empleada. Se debe hacer mención además del contenido del desarrollo del manuscrito, sin especificar los resultados y las conclusiones del trabajo.

6. Desarrollo:

• **Materiales y Métodos (Metodología):** se describe el diseño de la investigación y se explica cómo se realizó el trabajo, se describen los métodos y materiales desarrollados y/o utilizados.

• **Resultados:** se presenta la información y/o producto pertinente a los objetivos del estudio y los hallazgos en secuencia lógica.

• **Discusión de resultados:** se presentan los argumentos que sustentan los resultados de la investigación. Se examinan e interpretan los resultados y se sacan las conclusiones derivadas de esos resultados con los respectivos argumentos que las sustentan. Se contrastan los resultados con los referentes teóricos, justificando la creación de conocimiento como resultado del trabajo.

7. Conclusiones. Se presenta un resumen, sin argumentos, de los resultados obtenidos.

8. Referencias bibliográficas. Al final del trabajo se incluirá una lista denominada "Referencias"; la veracidad de estas citas, será responsabilidad del autor o autores del artículo. Debe evitarse toda referencia a comunicaciones y documentos privados de difusión limitada, no universalmente accesibles. Las referencias bibliográficas se citan en estricto orden alfabético, iniciando con el apellido del primer autor seguido de la (s) inicial (es) de su(s) nombre (s). Si todos los autores son idénticos en dos o más referencias, la fecha de publicación dictará su ordenamiento en la lista final. Si se da el caso de que existan dos o más artículos, de los mismos autores y publicados en el mismo año, en la lista de referencias se incluirán por orden alfabético de los títulos de los artículos, agregando una letra como sufijo. Al final del trabajo se indicarán las fuentes, como se describe a continuación, según se trate de:

a. Libro: A continuación se describen varias formas de citar un libro.

Libro con autor: Apellido autor, Iniciales nombre autor, (Año), Título en cursiva, Ciudad y país, Editorial. Por ejemplo:

Hacyan, S., (2004), *Física y metafísica en el espacio y el tiempo. La filosofía en el laboratorio*, México DF, México: Fondo nacional de cultura económica.

Libro con editor: En el caso de que el libro sea de múltiples autores es conveniente citar al editor. Apellido editor, Iniciales nombre editor. (Ed.). (Año). Título. Ciudad, País: Editorial. Por ejemplo:

Wilber, K. (Ed.). (1997). *El paradigma holográfico*. Barcelona, España: Editorial Kairós

Libro en versión electrónica: Los libros en versión electrónica pueden venir de dos maneras: Con DOI y Sin DOI. El DOI (Digital Object Identifier), es la identificación de material digital, único para cada libro.

Libros en línea sin DOI: Apellido, Iniciales nombre autor. (Año). Título. Recuperado de <http://www.xxxxxx.xxx>

De Jesús Domínguez, J. (1887). *La autonomía administrativa en Puerto Rico*. Recuperado de <http://memory.loc.gov/>

Libros Con DOI: Apellido, Iniciales nombre autor. (Año). Título. doi: xx.xxxxxxxx

Montero, M. y Sonn, C. C. (Eds.). (2009). *Psychology of Liberation: Theory and applications*. doi: 10.1007/ 978-0-387-85784-8

Capítulo de un libro. Se referencia un capítulo de un libro cuando el libro es con editor, es decir, que el libro consta de capítulos escritos por diferentes autores: Apellido, A. A., y Apellido, B. B. (Año). Título del capítulo o la entrada. En A. A. Apellido. (Ed.), Título del libro (pp. xx-xx). Ciudad, País: Editorial

Molina, V. (2008). "... es que los estudiantes no leen ni escriben": El reto de la lectura y la escritura en la Pontificia Universidad Javeriana de Cali. En H. Mondragón (Ed.), *Leer, comprender, debatir, escribir. Escritura de artículos científicos por profesores universitarios* (pp. 53-62). Cali, Valle del Cauca: Sello Editorial Javeriano.

b. Artículos científicos: Apellido autor, Iniciales nombre autor, (Año), Título, Nombre de la revista en cursiva, Volumen, Número, Páginas. Por ejemplo:

Corominas, M., Roncero, C., Bruguca, E., y Casas, M. (2007). Sistema dopaminérgico y adicciones, *Rev Mukuel*, 44(1), 23-31.

REFERENCIA SEGÚN EL TIPO DE ARTÍCULO:

Artículos con DOI:

Bezuidenhout, A. (2006). Consciousness and Language (review). *Language*, 82(4), 930-934. doi: 10.1353/lan.2006.0184

Artículo sin DOI impreso:

Fields, D. (2007). Más allá de la teoría neuronal. *Mente y Cerebro*, 13(24), 12-17.

Artículo sin DOI digital:

Mota de Cabrera, C. (2006). El rol de la escritura dentro del currículo de la enseñanza y aprendizaje del inglés como segunda lengua (esl/efl): Una perspectiva histórica. *Acción Pedagógica*, 15(1), 56-63. Recuperado de <http://www.saber.ula.ve/accionpe/>

REFERENCIA SEGÚN LA CANTIDAD DE AUTORES:

Un autor:

Tarlaci, S. (2010). A Historical View of the Relation Between Quantum Mechanics and the Brain: A Neuroquantologic Perspective. *NeuroQuantology*, 8(2), 120-136.

Dos a siete autores: Se listan todos los autores separados por coma y en el último se escribe "y".

Tuszynski, J., Sataric, M., Portet, S., y Dixon, J. (2005). Physical interpretation of micro tubule self-organization in gravitational fields. *Physics Letters A*, 340(1-4), 175-180.

Ocho o más autores: Se listan los primeros seis autores, se ponen puntos suspensivos y se lista el último autor.

Wolchik, S. A., West, S. G., Sandler, I. N., Tein, J.-Y., Coatsworth, D., Lengua, L.,...Griffin, W. A. (2000). An experimental evaluation of theory-based mother and mother-child programs for children of divorce. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 68, 843-856.

c. Simposios, Congresos o Conferencias: Autor, A. & Autor, A. (Fecha) del evento. Evento llevado a cabo en el Nombre de la organización, Lugar. Por ejemplo:

Rojas, C., & Vera, N. (Agosto de 2013). ABMS (Automatic BLAST for Massive Sequencing). 2º Congreso Colombiano de Biología Computacional y Bioinformática CCBCOL. Congreso llevado a cabo en Manizales, Colombia.

d. Informes: para citar un informe de alguna organización, institución gubernamental o autor corporativo se debe seguir el siguiente formato: Nombre de la organización. (Año). Título del informe (Número de la publicación). Recuperado de <http://xxx.xxxxxx.xxx/>

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (2012). Tecnologías de la información y las comunicaciones. Recuperado de: <http://www.dane.gov.co>

e. Trabajo de Grado o Tesis: Autor, A., & Autor, A. (Año). Título de la tesis (Tesis de pregrado, maestría o doctoral). Nombre de la institución, Lugar. Por ejemplo:

Aponte, L., & Cardona, C. (2009). Educación ambiental y evaluación de la densidad poblacional para la conservación de los cóndores reintroducidos en el Parque Nacional Natural Los Nevados y su zona amortiguadora (tesis de pregrado). Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

INSTRUCCIONES DE ENVÍO

Para enviar un artículo es necesario que el documento cumpla estrictamente con los lineamientos de formato y de contenido anteriormente especificados. Los trabajos (en el respaldo digital) deben ser entregados en la Secretaría del Departamento de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación de la Universidad Estatal de Milagro, ubicada en la Ciudadela Universitaria, km 1½ vía a la Parroquia Virgen de Fátima; o si lo desea, enviar el artículo al email: ciencia_unemi@unemi.edu.ec, o a través de la página web: ojs.unemi.edu.ec. Para mayor información dirigirse a las oficinas de la Revista Ciencia UNEMI, o comunicarse por los teléfonos +5932715118 – 2715079 – 2715081, ext. 3115-3212. En caso de requerirlo, escribir al correo electrónico antes mencionado.

PROCESO EDITORIAL

1. Recepción de artículos. El Comité Editorial efectuará una primera valoración editorial consistente en comprobar la adecuación del artículo a los objetivos de la revista, así como el cumplimiento de los requisitos establecidos en las normas de publicación. El Comité Editorial hará las correcciones pertinentes, sin alterar el contenido del mismo. Si encontrara fallas que pudieran afectarlo, las correcciones se harán de mutuo acuerdo con su autor. La recepción del artículo no supone su aceptación.

2. Sistema de revisión por pares (peer review). Los artículos preseleccionados serán sometidos a un proceso de arbitraje. Se asignarán dos o más revisores especializados en la materia, que evaluarán el artículo de forma confidencial y anónima (doble ciego), en cuanto a su contenido, aspectos formales, pertinencia y calidad científica. La aceptación definitiva del manuscrito está condicionada a que los autores incorporen en el mismo todas las correcciones y sugerencias de mejora propuestas por los árbitros.

3. Decisión editorial. Los criterios para la aceptación o rechazo de los trabajos son los siguientes: a) Originalidad; b) Precisión en el tema; c) Solidez teórica; d) Fiabilidad y validez científica; e) Justificación de los resultados; f) Impacto; g) Perspectivas/aportes futuros; h) Calidad de la escritura; i) Presentación de las tablas y figuras; y e) Referencias. Finalizado el proceso de evaluación, se notificará al autor principal la aceptación o rechazo del trabajo.

Los autores del artículo recibirán una constancia de su aceptación para publicarlo. Una vez publicado el artículo se les enviarán tres (3) ejemplares de la Revista respectiva y un certificado de haber publicado. Los trabajos no aceptados serán devueltos a sus autores indicándoles los motivos de tal decisión.

Tabla. Parámetros de Evaluación

CARACTERÍSTICA	Nº	CRITERIO	ENSAYO	ARTÍCULO
Innovación / Originalidad del artículo	1.	Las ideas planteadas son nuevas	SI	SI
	2.	Las ideas planteadas son interesantes	SI	SI
	3.	Las ideas planteadas pueden aportar un nuevo enfoque para tratar un viejo problema	SI	SI
Precisión en el tema / coherencia con los objetivos	4.	Se especifica de forma clara el tipo de artículo del que se trata	SI	SI
	5.	Se especifica de forma clara el fin u objetivo que persigue el artículo.	SI	SI
Solidez teórica y calidad de los argumentos	6.	La estructura del artículo es la adecuada.	SI	SI
	7.	Existe orden, coherencia y sistematicidad en las ideas expuestas.	SI	SI
	8.	Las ideas planteadas se basan en argumentos sólidos, ya demostrados por otros autores o en estudios anteriores.	SI	SI
	9.	Los argumentos presentados están actualizados (a partir del 2004 en adelante).	SI	SI
Nivel científico, diseño experimental, metodología	10.	La metodología empleada es la adecuada, tiene calidad y garantías científicas	NO	SI
	11.	En el artículo se describe de forma suficiente el método y procedimiento para que un lector interesado pueda reproducirlo	NO	SI
	12.	Las hipótesis o las preguntas de investigación se han planteado adecuadamente.	NO	SI
	13.	Se ha definido claramente el diseño experimental.	NO	SI
	14.	Los instrumentos de medición y experimentación utilizados tienen calidad y garantías científicas	NO	SI
	15.	Se consigue integrar en un marco nuevo y más simple de resultados que antes implicaban un marco más complejo	NO	SI
Presentación y justificación de los resultados / conclusiones	16.	El artículo aporta resultados de importancia teórica o práctica.	SI	SI
	17.	Los datos presentados son válidos	SI	SI
	18.	Los datos y resultados son claramente expuestos mediante fórmulas, tablas y figuras	SI	SI
	19.	El tratamiento de datos va encaminado hacia la comprobación de las hipótesis o las preguntas de investigación.	NO	SI
	20.	La interpretación que se hace de los resultados es inequívoca.	SI	SI
	21.	Las conclusiones se basan en los argumentos planteados o resultados obtenidos.	SI	SI
	22.	Las conclusiones van en concordancia con el objetivo planteado.	SI	SI
Impacto del tema presentado en el artículo	23.	Las conclusiones presentadas son de interés para la comunidad académica	SI	SI
	24.	El contenido del artículo se constituye en un aporte significativo al conocimiento anteriormente desarrollado en su área.	SI	SI
Perspectivas / futuros trabajos	25.	El artículo es relevante para la discusión de problemas en su área.	SI	SI
	26.	El artículo abre posibilidades para realizar investigaciones futuras	SI	SI
Calidad de la escritura	27.	La redacción del artículo es clara y entendible	SI	SI
Legibilidad de figuras y tablas	28.	Las figuras y tablas se encuentran correctamente enumeradas y con su respectivo título	SI	SI
Bibliografía	29.	El artículo contiene al menos 30 citas bibliográficas.	SI	NO
	30.	El artículo contiene citas bibliográficas claramente definidas	SI	SI

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS PARA AUTORES

Ciudad, fecha.....20....

DIRECTOR DE LA REVISTA CIENCIA UNEMI

Universidad Estatal de Milagro

Milagro, Ecuador

Presente.

Por medio del presente documento y fundamentado en lo dispuesto en la Ley de Derecho de Autor el (los) suscrito (s)[Nombres y apellidos de autor (es)] he (hemos) remitido para su publicación en la Revista Ciencia UNEMI, editada por la Universidad Estatal de Milagro, el trabajo intitulado (título completo)..... para que de forma exclusiva reproduzca, publique, edite, fije, comunique y transmita públicamente en cualquier forma o medio impreso o electrónico inclusive internet e incluir en índices nacionales e internacionales o bases de datos en caso de ser aprobado el artículo de mi (nuestra) autoría. Por lo tanto el (los) autor (es) firmante (s) DECLARA (MOS):

- Que el trabajo de investigación entregado es un trabajo original.
- Que no ha sido publicado previamente por ningún medio.
- Que no ha sido remitido simultáneamente a otras publicaciones impresas o digitales, ni está pendiente de valoración, para su publicación, en ningún otro medio, en ningún formato.
- Que en caso de ser publicado el artículo, transfieren todos los derechos de autor a la REVISTA CIENCIA UNEMI de la Universidad Estatal de Milagro, sin cuyo permiso expreso no podrán reproducirse ninguno de los materiales publicado en la misma.
- Que el trabajo presentado no contiene material escandaloso, calumnia, difamación, obscenidad, fraude o cualquier otro material ilegal; y ni el trabajo, ni el título vulnera ningún derecho de autor, derecho literario, marca o derecho de propiedad de terceras personas. Asumo (asumimos) la total responsabilidad de todos los extremos y opiniones contenidos en el trabajo remitido.

En virtud de lo anterior, manifiesto (manifestamos) expresamente que no me (nos) reservo (reservamos) ningún derecho en contra de la REVISTA CIENCIA UNEMI de la Universidad Estatal de Milagro.

Atentamente

.....
Nombres y firma de autor (es)

Enviar por correo electrónico o entregar en las oficinas de la Revista Ciencia UNEMI, de la Universidad Estatal de Milagro.

Correos: ciencia_unemi@unemi.edu.ec

REVISTA CIENCIA UNEMI

Volumen 10 - Número 24, septiembre 2017

Suplemento Tecnologías Convergentes

ISSN-1390-4272 Impreso

ISSN 2528-7737 Digital

Esta edición cuenta con 1000 ejemplares

Impreso en Imprenta Poligráfica, Guayaquil, Ecuador

Universidad Estatal de Milagro

Ciudadela Universitaria, km 1.5 vía Milagro km 26

Conmutador: 04 2 970-881, ext. 3115

Milagro, Ecuador

CIENCIA

UNEMI

www.unemi.edu.ec

www.facebook.com/unemionline
[/unemionline](https://www.facebook.com/unemionline)

facebook

[www.twitter.com/UNEMI_ec](https://twitter.com/UNEMI_ec)
[@UNEMI_ec](https://twitter.com/UNEMI_ec)

twitter

www.flickr.com/rpp-unemi
[rpp-unemi](http://www.flickr.com/rpp-unemi)



www.youtube.com/UnemiTube
[UnemiTube](http://www.youtube.com/UnemiTube)



Dirección: Cdla. Universitaria, Km. 1,5 vía Milagro Km. 26
Conmutador: (04) 2 715-081 / 2 715-079

E-mail: rectorado@unemi.edu.ec
Milagro - Guayas - Ecuador