

ISSN: 1390-8413

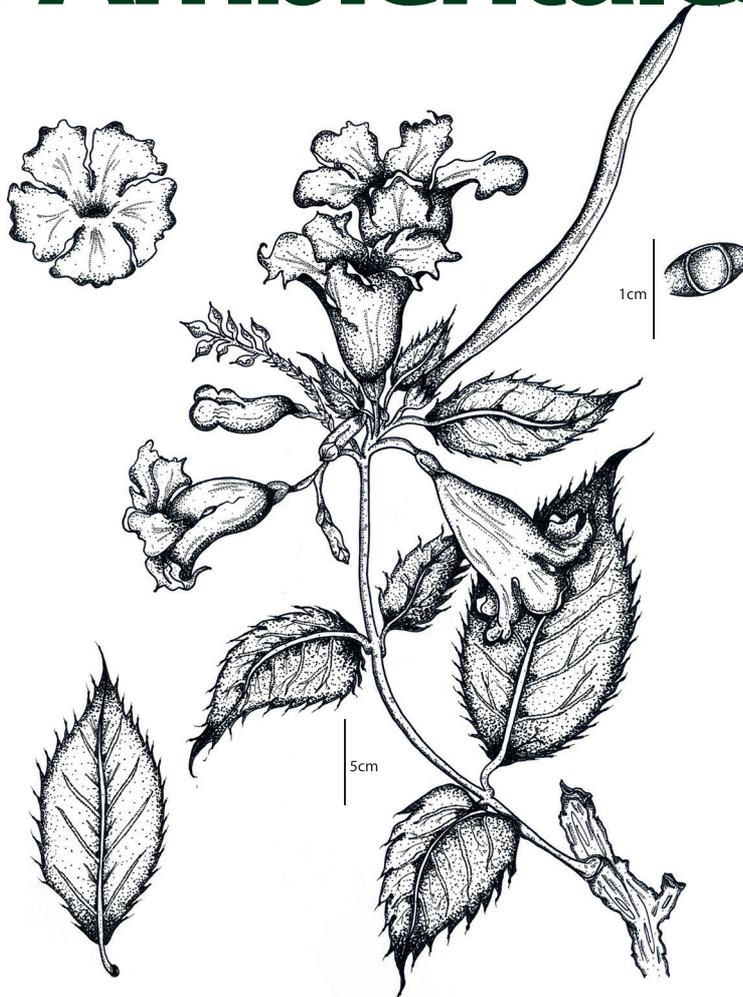
Volumen 13

Número 2

Diciembre 2019

Revista Científica

Ciencias Naturales y Ambientales



UNIVERSIDAD
DE GUAYAQUIL



Facultad
de Ciencias Naturales

ÁREA CIENCIAS DE LA VIDA

Facultad de Ciencias Naturales
Universidad de Guayaquil

Responsables Editoriales

Editor: Dra. Carmita Bonifaz de Elao, MSc. (Universidad de Guayaquil, Ecuador)

Consejo Editorial

PhD. Galo Salcedo Maridueña (Universidad de Guayaquil, Ecuador)

PhD. Beatriz Pernía Santos (Universidad de Guayaquil, Ecuador)

MSc. Ariel Escobar Troya (Universidad de Guayaquil, Ecuador)

MSc. Xavier Cornejo Sotomayor (Universidad de Guayaquil, Ecuador)

MSc. Jaime Salas Zambrano (Universidad de Guayaquil, Ecuador)

MSc. José Antepara Basurto, Coordinador editorial (Universidad de Guayaquil, Ecuador)

Comité Científico Internacional

PhD. Claes Persson, (Departamento de Biología y el Medio Ambiente, University of Gothenburg, Suecia)

PhD. Bertil Ståhl, (Departamento de Biología, Gotland University, Suecia)

PhD. Eulogio Chacón Moreno (Universidad de Mérida, Venezuela, Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas -ICAE)

PhD. María Eugenia Rondón (Universidad de Mérida, Venezuela, Instituto de Química)

PhD. Jaime R. Cantera-Kintz (Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle, Cali, Colombia)

Traducción

MSc. Carlos Montalvo Patiño

Impresión y acabados

Imprenta de la Universidad de Guayaquil

Edición patrocinada y financiada por la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil.

Esta publicación se envía a personas o instituciones por intercambio con otros similares, dedicada a las Ciencias Naturales.

This publication is sent to people or institutions for exchange with other similar issues dedicated to Natural Sciences.

Todos los artículos son revisados por pares calificados, revisores independientes.

All articles are peer-reviewed by qualified, independent reviewers.

Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales es de periodicidad semestral y se distribuye por canje con otras publicaciones dedicadas a temas afines. Toda correspondencia que tenga relación con la Revista deberá ser dirigida a la editora, Carmita Bonifaz de Elao, a la dirección que se indica más adelante.

Ilustración de portada: Moyuyo de montaña (*Tecoma castaneifolia*). Ilustración: Ninoska Fischer G. Estudiante de Biología Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil.

Incluida en el Directorio de LATINDEX

con el número de Folio 16446,

Vol. 13(2), Se terminó de editar en Diciembre de 2019.

Canje, suscripciones y avisos, dirigirse a:

Exchange, subscriptions and publicity, go to:

Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales

Código Postal 090612

Avenida Raúl Gómez Lince s/n y Avenida Juan Tanca Marengo

<https://www.revistas.ug.edu.ec/index.php/cna>

revistacienciasnaturales@ug.edu.ec

Tel.: (04) 3080777 - 3080758 ext. 200

Guayaquil, Ecuador



Determinación de la capacidad de remoción de cadmio por *Salvinia auriculata* Aubl. en agua contaminada

Determination of the capacity of removal of cadmium by *Salvinia
auriculata* Aubl. in polluted water

Melanie Ayala-Luna^{1*}, Beatriz Pernía² & Xavier Cornejo³

¹Consultora egresada de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Av.
Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo, Guayaquil, Ecuador.

²Docente investigador de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Av.
Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo, Guayaquil, Ecuador.

³Herbario GUAY, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Av. Raúl Gómez
Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo, Guayaquil, Ecuador.

Recibido 4 de agosto 2019; recibido en forma revisada 26 de agosto 2019, aceptado 3 de octubre 2019
Disponible en línea 20 de diciembre 2019

Resumen

El cadmio es considerado uno de los metales pesados más peligrosos, su alta toxicidad ha generado diversos problemas al ambiente y la salud de los seres vivos. El objetivo del presente trabajo fue demostrar la capacidad de remoción de Cd por *Salvinia auriculata* en agua contaminada y los efectos morfológicos a causa de su exposición. Para esto, se expuso *S. auriculata* a 5 tratamientos de dilución de 0, 0.25, 0.5, 1 y 2 mg/L Cd durante 8 días. Al finalizar el bioensayo se determinó la biomasa, el porcentaje de tolerancia, la longitud promedio de las hojas y se tomaron fotografías de las mismas. Se analizó las muestras de agua y tejido vegetal mediante espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito. Los resultados de remoción encontrados fueron de 64%, 56%, 55% y 53% para 0.25, 0.5, 1 y 2 mg/L Cd, respectivamente. Con respecto a los efectos, se observó inhibición de crecimiento, clorosis y alteración del borde de las hojas en todos los tratamientos con Cd. En las plantas expuestas a 2 mg/L Cd se observó necrosis parcial y daños en los tricomas. A pesar de los síntomas de toxicidad, *S. auriculata* pudo mantener altos porcentajes de remoción de Cd. Se propone el cultivo controlado de *S. auriculata* para la remoción de Cd en agua contaminada y su empleo como bioindicador de este metal.

Palabras Claves: Cadmio, Fitorremediación, Remoción, *Salvinia auriculata*.

Abstract

Cadmium is considered one of the most dangerous heavy metals, its high toxicity has generated various problems to the environment and the health of living beings. The aim of this work was to demonstrate the ability to remove Cd by *Salvinia auriculata* in contaminated water and record the morphological effects due to its exposure. For this, *S. auriculata* was exposed to 5 dilution treatments of 0, 0.25, 0.5, 1 and 2 mg / L Cd for 8 days. At the end of the bioassay, the biomass, the percentage of tolerance, the average length of the leaves was determined and photographs of those were taken. Water and plant tissue samples were analyzed by atomic absorption spectrophotometry of graphite furnace. The removal results found were 64%, 56%, 55% and 53% for 0.25, 0.5, 1 and 2 mg / L Cd, respectively. Regarding the effects, inhibition of growth, chlorosis and alteration of the edge of the leaves was observed in all treatments with Cd. In plants exposed to 2 mg / L Cd, partial necrosis and damage to the trichomes were observed. Despite toxicity symptoms, *S. auriculata* was able to maintain high percentages of Cd removal. The controlled culture of *S. auriculata* is proposed for the removal of Cd in contaminated water and its use as a bioindicator of this metal.

Keywords: Cadmium, Phytoremediation, Removal, *Salvinia auriculata*.

* Correspondencia del autor:
E-mail: melanieayalaaa@gmail.com



Introducción

El incremento de las actividades industriales, minería y el excesivo empleo de fertilizantes en la agricultura ha afectado, en especial, a los ecosistemas acuáticos (Wolff, Pereira, Castro, Louzada, & Coelho, 2012). Diferentes sustancias perjudiciales son liberadas frecuentemente de forma sintética y los cuerpos de agua son directa o indirectamente el destino final de estas sustancias (Megateli, Semsari, & Couderchet, 2009).

Los cuerpos de agua pueden contener diversos contaminantes orgánicos e inorgánicos, entre los principales que pueden afectar su calidad están los metales pesados. Los metales pesados también llamados metales traza, han sido de especial preocupación por su característica alta toxicidad en bajas concentraciones. Además, su presencia predispone su acumulación en la fauna y flora, y por consecuencia su bioacumulación y biomagnificación en la cadena trófica (Pernía, Sousa, Reyes, & Castrillo, 2008).

Los metales pesados están presentes naturalmente en la corteza terrestre como componentes del agua, suelo y materia viva, estos se presentan normalmente en concentraciones que no causan efectos nocivos en la salud de los seres vivos (Londoño, Londoño & Muñoz, 2016).

Una gran cantidad de metales pesados como el zinc (Zn), hierro (Fe), cobalto (Co) se consideran fundamentales para las funciones biológicas de todo ser vivo, pese a esto, su exceso o escasez pueden influenciar de manera negativa. Sin embargo, metales como el cadmio (Cd), plomo (Pb), mercurio (Hg), entre otros, no cumplen ninguna función fisiológica e interactúan tóxicamente provocando efectos negativos tanto en la salud humana y animal como en la naturaleza (Londoño et al., 2016). Por otra parte, otro pequeño grupo de metales pesados no influencia de ninguna de las maneras antes mencionadas (Page, Bingham & Chang, 1981).

Según Goering, Waalkes & Klaassen (1995), el cadmio (Cd) es considerado único entre los metales por sus diversos efectos tóxicos, su amplia vida media de entre 20 y 30 años en los humanos, su predominante acumulación en tejidos como el hígado y riñón, y su mínima tasa de excreción del cuerpo.

Entre los efectos que causa en la salud la contaminación por cadmio se encuentra: nefrotoxicidad, carcinogenicidad, teratogenicidad, toxicidades endócrinas y reproductivas (Goering et al., 1995), daños al sistema respiratorio e insuficiencia renal (Nordberg, 2012).

Dado a la significancia de esta problemática es necesario la aplicación e investigación de diferentes tecnologías para la purificación de aguas residuales. En la actualidad se utilizan tecnologías tales como, la adsorción, coagulación, electrólisis, entre otras. Estos métodos presentan varias desventajas por su

implicación económica y la cantidad de lodo que pueden generar (Khataee, Movafeghi, Torbati, Salehi Lisar & Zarei, 2012).

En los últimos años, la biorremediación se ha convertido en una alternativa sostenible y eficaz, la cual utiliza organismos vivos para la recuperación de sitios contaminados (Khataee et al., 2012).

Dentro de la biorremediación, la fitorremediación presenta amplias ventajas frente a tecnologías convencionales de remediación de medios contaminados (Delgadillo-López, González-Ramírez, Prieto-García, Villagómez-Ibarra & Acevedo-Sandoval, 2011). Varios estudios han sugerido la implementación de plantas acuáticas que habitan en medios contaminados para el saneamiento de aguas residuales debido a que, generalmente poseen la capacidad de tolerar y acumular altas concentraciones de metales pesados sin afectar su desarrollo (Abhilash et al., 2009).

Algunos autores han reportado considerables porcentajes de remoción de Cd por helechos acuáticos del género *Salvinia*. Por ejemplo, *S. herzogii* ha logrado remover entre un 63% y 84% de Cd (Caviedes Rubio, Delgado & Olaya Amaya, 2016), *S. herzogii* un 84% (Maine, Duarte & Suñé, 2001; Martelo & Lara, 2012) (Tabla 1). Sin embargo, *Salvinia auriculata* no ha sido empleada con este fin, por este motivo, en el presente estudio se planteó evaluar su eficiencia en la remoción de Cd.

Materiales y Métodos

Área de estudio

La presente investigación fue realizada en el Instituto de Investigación de Recursos Naturales (IIRN) de la Facultad de Ciencias Naturales - Universidad de Guayaquil, situada en el norte de ciudad de Guayaquil, sus coordenadas UTM WGS son X: 620370, Y: 9762629.

El bioensayo se realizó en la ciudadela Saucos 5, localizada en el norte de la ciudad de Guayaquil, sus coordenadas UTM WGS son X: 623186, Y: 9765519.

Guayaquil, ciudad costera de Ecuador, se encuentra en el bosque seco deciduo del Pacífico Ecuatorial, dentro de la zona de vida Bosque muy seco tropical (Bms-T), este se caracteriza por presentar precipitaciones bajas, con aproximadamente 800 mm anuales, temperaturas promedio entre 25 y 26 °C y altitudes aproximadas de 5 a 300 msnm (Cañadas, 1983).

Ecuador está localizado la zona ecuatorial y en las costas del Océano Pacífico, lo que predispone a que las corrientes frías de Humboldt y la corriente cálida del Niño marquen dos periodos climáticos: la estación lluviosa, que abarca los meses de diciembre hasta abril, y la estación seca que abarca los meses desde mayo hasta diciembre (Salto & Torres-Ruilova, 2017).

Durante el mes de julio, mes en que se realizó el bioensayo (del 4 al 11 de julio), se registraron

Tabla 1. Remoción y acumulación de contaminantes en especies del género *Salvinia*.

Especie	Contaminante	Porcentaje de remoción	de Acumulación en Peso seco	Referencia
<i>S. auriculata</i>	<i>Escherichia coli</i>	100%		León et al., 2018 Molisani et al., 2006, Petrucio & Esteves, 2005
	Coliformes fecales	100%		
	Hg		246 ng/g	
	N	62%		
	P	68.2%		
<i>S. minima</i>	Pb	97.44%	7,705 mg/Kg	Olguín, Hernández, & Ramos, 2002 Hoffmann et al., 2004
	As		0.5mg/g	
	Cd	82.59%	11,262 mg/Kg	
	Cr		3,111 mg/Kg	
<i>S. herzogii</i>	Cd	63-84%	96 mg/kg	Maine et al., 2001 Caviedes Rubio et al., 2016 Martelo & Lara, 2012 Paris, Hadad, Maine, & Suñe, 2005
	Cr	64-90%		
	Fe	88%	802 mg/Kg	
	Pb	90%		
	Zn	42%		
	Ni	57%		
	Cu	94%		
<i>S. rotundifolia</i>	Mn		8 mg/kg	
<i>S. molesta</i>	Pb	95%		Martelo & Lara, 2012
	AS	19%	628 mg/Kg	
	Fe	70%		
	Cr	99%		
	Pb	28%	367 mg/Kg	Caviedes Rubio et al., 2016
	Zn	22%		
	Ni	72%		
	Cu	21%	680 mg/Kg	
<i>S. natans</i>	As		18 mg/kg	
	Cu	90%		
	Fe	33-88%		
	Cr	78%	290 mg/kg	
	Pb	55%	420 mg/kg	Caviedes Rubio et al., 2016
	Zn	52%		
	NI	90%	6295 mg/kg	
	Hg		76 mg/kg	
	Cd	27%		
<i>S. cucullata</i>	Mn	35%		
	Cd		1,636.1 mg/Kg	Phetsombat et al., 2006, Caviedes Rubio et al., 2016
	Pb		14,305.6 mg/Kg	

temperaturas mínimas medias de 21 °C y máximas medias de 29.5 °C en la Estación Guayaquil Aeropuerto - DAC (INAMHI, 2019a, 2019b).

Recolección de las plantas

Los ejemplares de *S. auriculata* fueron donados por el Instituto de Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias Naturales - Universidad de Guayaquil. Especie cultivada y utilizada en investigaciones y tesis previas.

Reproducción de las plantas

Los individuos de *S. auriculata*, se reprodujeron en condiciones naturales por aproximadamente un mes. Para esto, se colocaron en envases de polietileno de alta densidad con capacidad de 5 litros, se añadió 4 L de agua de grifo y se agregó Fertilizante (MultiFlor®) según las indicaciones del fabricante.

Bioensayo

Siguiendo la metodología propuesta por Pernía et al. (2016), luego del periodo de aclimatación y reproducción, se separaron 12 gramos de *S. auriculata* de tamaños relativamente uniformes y se colocaron en cada recipiente. Dichas plantas se expusieron por un periodo de 8 días a 5 tratamientos que contenían una solución nutritiva de 2 L de agua destilada con Cd en sus respectivas concentraciones (Tabla 2).

El bioensayo se realizó por triplicado y se utilizó un control 0 mg/L Cd. Las concentraciones mencionadas fueron elegidas con el objetivo de comparar los resultados con otros resultados de estudios de diferentes macrófitas expuestas a cadmio. Durante el periodo del bioensayo se registró una temperatura promedio de 25.2 °C (INAMHI, 2019b, 2019a), se procedió a exponer las plantas a un fotoperiodo de 12 horas, siendo la radiación solar máxima de Guayaquil 1130 W/m² en el mes de julio (Agencia Espacial Civil Ecuatoriana, 2019).

También se llevó un registro fotográfico del 4^{to} y 8^{vo} día de todos los recipientes con plantas expuestas a los diferentes tratamientos, como medio de verificación de la respuesta morfológica de *S. auriculata* ante la exposición a cadmio.

Procesamiento de las muestras

Luego de los 8 días de exposición las muestras se lavaron

con abundante agua destilada, se escurrieron y pesaron en una balanza analítica Sartorius, se determinó el crecimiento promedio de las hojas utilizando un vernier calibrado y se tomó los valores de pH de cada uno de los tratamientos con un multiparámetro Apera Instruments modelo PC60.

Posteriormente, se obtuvo la biomasa de los helechos, determinando el peso seco en una estufa a 80 °C durante 4 días. Al terminar este periodo se comprobó que el peso seco fuera constante y se determinó el peso con una balanza analítica Sartorius calibrada. A partir de estos valores se calculó la biomasa y la tolerancia al cadmio.

Índice de Tolerancia

Dentro de cualquier experimento se puede llevar un control de las medidas y pesos de las plantas, con estos valores se puede calcular el índice de tolerancia a un contaminante, basándose en las medidas del control en comparación a las plantas expuestas a un contaminante específico. Para determinar la tolerancia al Cd se comparó con plantas tratadas y no tratadas utilizando la fórmula (Wilkins, 1978):

$$\text{Índice de tolerancia (\%)} = \frac{(\text{Crecimiento en la solución} + \text{metal}) \times 100}{(\text{Crecimiento en la solución} - \text{metal})}$$

Crecimiento de las plantas

Al finalizar el bioensayo y previo al procesamiento de las muestras, se tomó ejemplares de todas las plantas expuestas a todos los tratamientos, y se midió su crecimiento en largo y ancho de las hojas flotantes con un vernier calibrado (Stainless).

Análisis morfológico

Para el análisis morfológico se observó mediante microscopio estereoscópico hojas flotantes de *S. auriculata* expuestas a cada tratamiento y se capturaron fotografías para posteriormente analizar los cambios estructurales. De igual manera se consideró el registro fotográfico de los envases con las plantas a diferentes concentraciones de Cd en el cuarto y octavo día (Fig.1).

Factor de Bioconcentración

La bioconcentración de una sustancia química que posee un organismo acuático generalmente se expresa como factor de bioconcentración, este factor es la relación entre la concentración del componente situado en el organismo y la concentración del componente situado en el medio (Phetsombat, Kruatrachue, Pokethitiyook & Upatham, 2006). Se calcula por medio la ecuación a continuación:

$$FBC = \frac{\text{Concentración de Cd en la planta}}{\text{Concentración de Cd en el medio}}$$

Análisis de laboratorio

Las plantas fueron analizadas en el Laboratorio de Análisis Químico y Microbiológico de Alimentos de la Subsecretaría de Calidad e Inocuidad (SCI) del Ministerio de Acuicultura y Pesca.

Previo al análisis, las muestras de tejido vegetal y de agua fueron homogeneizadas. Se colocaron

Tabla 2. Tratamientos a los que estuvo expuesta *Salvinia auriculata* durante el bioensayo

Tratamiento	mg/L Cd
T0	0
T1	0,25
T2	0,5
T3	1
T4	2

0,30±0,05 g de cada muestra de tejido vegetal y 10 mL de cada muestra de agua en vasos de teflón (CEM Corporation), posteriormente se añadió 6 mL de ácido nítrico concentrado y se digitaron en un microondas (MARSExpress, CEM).

Una vez obtenidas las soluciones, fueron diluidas con agua ultra pura a un volumen total de 25 mL, trasvasando las aguas de lavado a esta solución.

Método

El método empleado para el análisis de las muestras de agua y tejido vegetal en el Laboratorio de Metales Pesados de la SCI se basa en un proceso térmico donde las diferentes muestras son digeridas por medio de 4 etapas: secado, carbonizado atomización y limpieza del horno de grafito.

La determinación del contenido de cadmio en cada una de las muestras se realizó mediante espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito, con la implementación del espectrofotómetro VARIAN modelo SpectrAA 220Z y como modificadores de matriz se aplicaron soluciones de $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ y $\text{MgNO}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Esta técnica se fundamenta en que un elemento ó analito excitado provoca una radiación la cual atraviesa el vapor que contiene los átomos de ese elemento en estado basal. La intensidad de radiación transmitida va disminuyendo proporcionalmente con respecto a la cantidad del elemento en estado basal en el vapor. Al aumentar la temperatura del horno los átomos de cadmio se sitúan en el haz de radiación, lo que causa que se volatilice la muestra inyectada. Mediante un monocromador se capta la radiación característica de la lámpara de cátodo hueco, y se mide la radiación atenuada transmitida por medio de un dispositivo fotosensible (EPA, 2007). Se empleó una longitud de onda de 228.8 nm para la revelar de la concentración de átomos de Cd y estos valores se comprobaron por medio de la adición de muestras como controles de calidad soluciones blanco de reactivo, muestras duplicadas, muestras fortificadas y muestra certificada de referencia (IAEA 407, tejido de pescado). El método empleado tiene un límite de

cuantificación (LC) de 0,014 mg/kg. Los valores se expresan en mg/kg en peso húmedo.

Análisis estadístico

Obtenidos los resultados del laboratorio, se trasladaron los datos a Excel y se procedió a procesar la estadística básica. Por medio de la implementación del software estadístico Minitab versión 17, para determinar la normalidad de los datos se aplicaron las pruebas Kolmogorov - Sminorv (Capacidad de acumulación, factor de bioconcentración y remoción de Cd) y Anderson Darling (Biomasa, crecimiento, índice tolerancia, y pH), y el test de Levene para determinar la igualdad de varianzas. Se utilizó la prueba paramétrica ANOVA de un solo factor para comparar las medias y determinar si hubo diferencias significativas, para ello se tomó $p < 0.05$ como valor significativo confirmándolo por medio del test de Tukey o prueba de Dunnet (remoción de Cd). Los valores se expresaron como promedio ± desviación estándar. Las gráficas se realizaron con el programa OriginPro8.

Resultados

Efecto del cadmio sobre la biomasa de la especie *S. auriculata*

La biomasa presentó un descenso significativo a media que la concentración de Cd en el agua aumentaba ($p < 0,05$). La biomasa en T0 mostró un peso de 1.1 ± 0.17 g en PS, T1 mostró una disminución estadísticamente significativa con respecto a T0, el valor de T1 fue de 0.73 ± 0.11 g en PS. De igual manera T4, el menor resultado de todos los tratamientos, tuvo una reducción significativa con respecto a T0 y T1 presentando un valor de 0.3 ± 0.1 g en PS. Según ANOVA de una sola vía y prueba de Tukey ($F=20.63$; $p=0.000$).

La variación de la biomasa se comparó con el control (T0), obteniendo una reducción de la biomasa en los siguientes porcentajes: 33.3, 54.1, 51.1, y 72.7% en los tratamientos T1, T2, T3 y T4, respectivamente.

Es importante mencionar que tan solo en el tratamiento T0 hubo reproducción y crecimiento, en

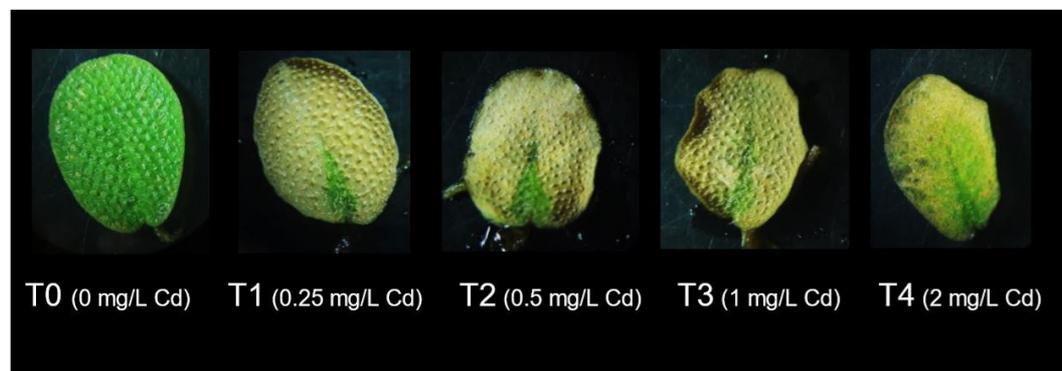


Figura 1. Registro Fotográfico al octavo día de las hojas de *Salvinia auriculata* expuesta a diferentes concentraciones de cadmio. La observación se realizó mediante un microscopio estereoscópico.

los demás tratamientos no se observó, inclusive los brotes no presentaron desarrollo.

Efecto del cadmio sobre la tolerancia de *S. auriculata*

Los resultados de la tolerancia al Cd por *S. auriculata* presentaron una tendencia similar al de la biomasa, los valores mostraron una proporcionalidad inversa entre la concentración de cadmio en el tratamiento y el índice de tolerancia. En la figura 2 se puede observar los valores, como valor referencial se toma a T0 con una tolerancia del 100%, mientras que T1 y T4 muestran índices de tolerancia del 66.36% y 27.27%, respectivamente. Dichos valores mostraron una disminución estadísticamente significativa, según ANOVA de una sola vía y prueba de Tukey ($F=20.63$; $p=0.000$) (Fig.2).

Efecto del cadmio sobre el crecimiento de *S. auriculata*

Para estudiar el crecimiento de *S. auriculata* se consideró tanto el largo como el ancho promedio de sus hojas expuestas a los diferentes tratamientos. La longitud de las hojas presentó una proporcionalidad inversa entre su crecimiento y la concentración de Cd a la que estaban expuestas (Fig. 3).

El largo presentó una tendencia descendiente estadísticamente significativa. Entre estas se puede mencionar a T0 (11.35 ± 1.14 mm) y T1 (10.14 ± 1.1 mm), los cuales presentaron una disminución significativa con respecto a T4 (8.68 ± 0.6 mm) ($F=11.37$; $p=0.000$). De igual manera, el ancho de la hoja disminuyó en comparación al control en todos los tratamientos según ANOVA de una sola vía y prueba de Tukey ($F=16.65$; $p=0.000$). El control T0 (9.25 ± 1.32 mm) mostró una diferencia significativa con respecto a los demás tratamientos y T4 (6.81 ± 0.61) desarrolló la menor longitud.

La longitud de las hojas se comparó con la longitud del control, obteniendo porcentajes de reducción del crecimiento en ancho y largo. Como resultado, las

hojas de los tratamientos T1, T2, T3 y T4 presentaron una disminución del 10.6, 15.56, 18.76 y 23.49% de su longitud y una disminución del 17.43, 17.29, 20.57 y 26.41% en el ancho, respectivamente.

Efecto del cadmio sobre la morfología de la planta

Para analizar el efecto morfológico como respuesta a las concentraciones de Cd sobre las plantas, se consideró tanto el registro fotográfico del 4to y 8vo día como los cambios morfológicos observados mediante microscopio al culminar el bioensayo.

Al 4to día todas las plantas, a excepción de T0, presentaron clorosis en la mayoría de sus hojas, pero en mayor proporción en la solución de 2 mg/L Cd. Al 8vo día se observó que la clorosis se había propagado en más individuos de *S. auriculata* expuestos a Cd.

Al finalizar el bioensayo, con la ayuda del microscopio, se determinó con mayor detalle las respuestas de *S. auriculata* ante la exposición a cadmio. Se observó clorosis que iniciaba desde la parte externa de la hoja, y variación en los bordes de todas las hojas de los tratamientos T1, T2, T3 y T4. De igual manera, en estos tratamientos se observaron daños superficiales en los tricomas, pero en mayor proporción en T4, debido a que habían colapsado. Además, en este último tratamiento se observó necrosis parcial.

Cambio de pH en la solución

El agua utilizada al iniciar el bioensayo presentó pH 7. Al finalizar el bioensayo se registraron todos los valores de pH de los tratamientos, como resultado se obtuvo condiciones ácidas en todas las soluciones. Los pH más bajos se manifestaron en T0 (3.99 ± 0.09), T1 (4.55 ± 0.06) y T4 (4.56 ± 0.36), entre estos valores no encontraron diferencias estadísticamente significativas. Mientras que los valores más altos se presenciaron en T2 (5.08 ± 0.14) y T3 (5.18 ± 0.59) los cuales, si presentaron un incremento estadísticamente significativo en comparación con T0, según ANOVA de una sola vía y prueba de Tukey ($F=6.63$ $p=0.007$).

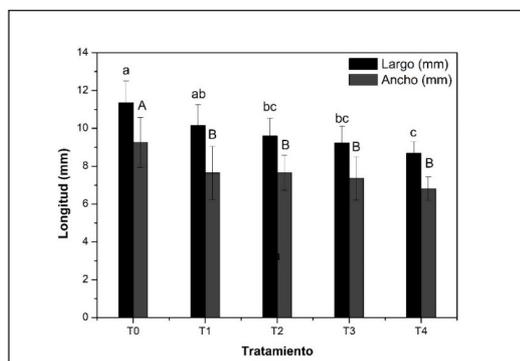


Figura 2. Efectos del Cadmio sobre la tolerancia de *Salvinia auriculata* expuesta a diferentes concentraciones de Cd (T0= 0 mg/L T2=0,5 mg/L, T4= 2mg/L). Los resultados se presentan como promedio \pm desviación estándar. Letras diferentes indican que existe diferencias significativas ($p < 0,05$).

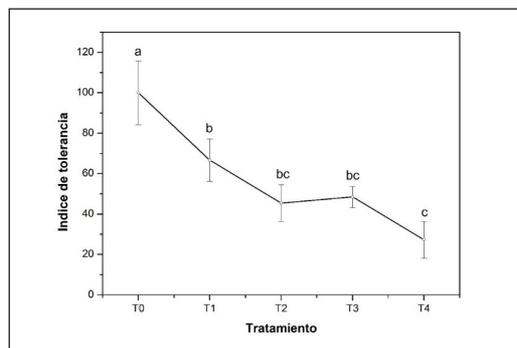


Figura 3. Efectos del Cadmio sobre el crecimiento de las hojas de *Salvinia auriculata* expuesta a diferentes concentraciones de Cd (T0= 0 mg/L, T1= 0,25 mg/L, T3= 1 mg/L, T4= 2 mg/L). Los resultados se presentan como promedio \pm desviación estándar. Letras diferentes indican que existe diferencias significativas ($p < 0,05$).

Capacidad de acumulación de Cd

Salvinia auriculata tiende a aumentar de concentraciones de Cd en su biomasa a medida que la concentración del metal es mayor en el tratamiento (Fig.4).

Se observó que las plantas sometidas a los tratamientos T1, T2, T3 y T4 alcanzaron valores de acumulación de 203.96±25.98, 433.63±56.09, 924.60±98.95 y 1128.27±37.89 mg/Kg Cd en peso seco, respectivamente. La captación de Cd en las plantas presentó un incremento estadísticamente significativo cuando la concentración de Cd en el tratamiento aumentaba, según ANOVA de una sola vía y prueba de Tukey (F=226.65; p=0.000).

Factor de bioconcentración

Con respecto al FBC, los tratamientos T1, T2 y T3 presentaron valores de 815.84±103.94, 867.27±112.18 y 924.60±98.95, respectivamente, mostrando una tendencia a aumentar su factor de bioconcentración a medida que la concentración de Cd en el tratamiento aumentaba, no obstante, no se demostró diferencias estadísticamente significativas (p < 0.05). Al contrario, en T4 se apreció un declive estadísticamente significativo en el FBC con un valor de 564.13±18.94, según ANOVA de una vía y test de Tukey (F=64.70; p=0.000).

Remoción de Cd

En lo que concierne a la remoción de cadmio, se comparó la concentración inicial del cadmio de las soluciones con la concentración a los 8 días. En la Figura 5 se visualiza el incremento de remoción del metal mientras que la concentración en la solución aumentaba. Todos los tratamientos con cadmio mostraron diferencias significativas según ANOVA y prueba de Dunnet (p < 0.05).

En todas las soluciones con Cd (T1, T2, T3 y T4) la disminución fue significativa, las concentraciones pasaron de 0.25±0.00 a 0.089±0.01 mg/L de Cd

(F=240.75; p=0.000), de 0.5±0.00 a 0.22±0.02 mg/L de Cd (F=784.00; p=0.000), de 1.00±0.00 a 0.44±0.18 mg/L de Cd (F=26.02; p=0.007) y por último de 2.00±0.00 a 0.92±0.04 mg/L de Cd (F=1630.14; p=0.000).

Con la finalidad de comprobar a que concentraciones de Cd hay mayores porcentajes de remoción por *S. auriculata*, obteniendo los siguientes datos.

En la Figura 5 se demuestra los valores presentados en cada uno de los tratamientos. En T1 se presentó una remoción del 64.13±7.16 %, en T2 56.0±3.46 %, en T3 55.7±18.9 % y en T4 53.83±2.31 %. La tendencia del porcentaje de remoción es inversamente proporcional a la concentración de Cd en el tratamiento, sin embargo, no existe diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos según ANOVA y test de Tukey (F=0.59; p=0.638).

Comparación de remoción de Cd por otras especies vegetales acuáticas

Los resultados de remoción de Cd por *S. auriculata* fueron comparados con los resultados de distintas plantas acuáticas expuestas a las mismas soluciones que la presente investigación (Tabla 3).

Los porcentajes de remoción de *S. auriculata*, son menores en ciertas plantas como es el caso de *Azolla* y *Limnocharis*, en cambio, en *Eichhornia*, *Lemna gibba* y *Pistia stratiotes* los porcentajes de remoción son mayores que en nuestra planta en estudio.

Discusión

Los resultados de remoción de Cd por *Salvinia auriculata* registraron valores de hasta 64.1% en el tratamiento T1 con 0.25 mg/L de Cd. No obstante, todas las concentraciones implementadas en este trabajo tuvieron una reducción de Cd de más del 53.8%, valor que refleja la eliminación de 1.08 mg/L de cadmio en la solución del tratamiento T4, debido a

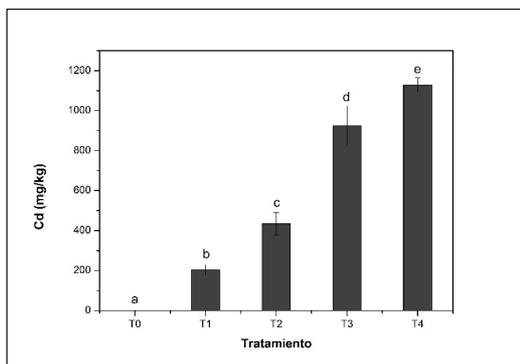


Figura 4. Concentración de Cd en *Salvinia auriculata* expuesta a diferentes concentraciones de Cd (T0= 0 mg/L, T1= 0,25 mg/L, T2= 0,5 mg/L, T3= 1 mg/L, T4= mg/L). Los resultados se presentan como promedio ± desviación estándar. Letras diferentes indican que existe diferencias significativas (p≤ 0.05)

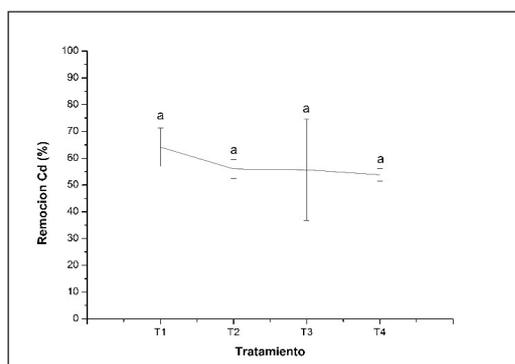


Figura 5. Porcentaje de remoción de Cd por *Salvinia auriculata* expuesta a diferentes concentraciones de Cd (T0=0 mg/L, T1= 0,25 mg/L, T2= 0,5 mg/L, T3= 1 mg/L, T4= 2 mg/L). Los resultados se presentan como promedio ± desviación estándar. Letras iguales indican que no existe diferencias significativas (p≤ 0,05).

que las concentraciones pasaron de 2 a 0.92 mg/L Cd. Los porcentajes de remoción mencionados superan a los registrados en *Azolla* sp., un helecho acuático que fue expuesto a las mismas concentraciones y periodos similares que *S. auriculata* en el presente experimento; sin embargo, dicha especie logró remover por debajo del 50% de Cd en las soluciones (Pernía et al., 2016). Por otra parte, *Salvinia herzogii*, especie de la misma familia y género que *S. auriculata*, presentó una remoción relativamente similar alcanzando valores de 58% en soluciones con 6 mg/L Cd (Suñe, Sánchez, Caffaratti & Maine, 2007). *Salvinia auriculata* presenta resultados de remoción de Cd eficientes para la purificación de aguas contaminadas con este metal. Sin embargo, se ha reportado porcentajes mayores de remoción de cadmio en diferentes especies del género *Salvinia* (Maine et al., 2001; Olguín et al., 2002) (Tabla 1). Otras especies acuáticas como *Lemna gibba* con un 84.80% de remoción (Verma & Suthar, 2015), o *Pistia stratiotes* con 86.6% de remoción (Maine et al., 2001); (Tabla 3). Cabe recalcar que las especies mencionadas estuvieron expuestas a un periodo de tiempo más largo, lo cual pudo influir en la mayor eficacia de remoción.

A pesar de los considerables valores de remoción, no se logró llegar a concentraciones por debajo del límite máximo permisible según la legislación ecuatoriana, donde el TULSMA (2015), establece que en aguas dulces frías o cálidas el límite es 0.001 mg/L Cd y en aguas marinas y de estuarios es 0.005 mg/L Cd. Sin embargo, vale recalcar que las concentraciones iniciales de cadmio con las que se implementó el bioensayo, no son valores que se han registrado en estudios de ríos del Ecuador (Ramírez-Prado et al., 2016; Pernía et al., 2018; Mero et al., 2019).

Con respecto al efecto del Cd sobre la morfología de *S. auriculata*, único resultado cualitativo del presente trabajo, al igual que Wolff et al. (2012), los registros fotográficos expusieron respuestas morfológicas evidentes a pocos días de exposición al Cd (Figura 1). En los tratamientos T1, T2, T3 y T4 presentaron clorosis comenzando desde el borde hacia el centro de la hoja. La clorosis puede estar asociada a la deficiencia de hierro, uno de los nutrientes

principales que anula el Cd, o por inhibición de la síntesis de clorofila, este efecto también ha sido referenciado como biomarcador de fitotoxicidad al Cd (Mongkhonsin, Nakbanpote, Meesungnoen & Prasad, 2019; Pernía et al., 2008; Wilkins, 1978).

Por otro lado, en el tratamiento de 2 mg/L Cd, se observó necrosis parcial en el haz de la hoja, lo que podría representar un daño celular, también se observó deterioro de tricomas, lo cual pudo ser ocasionado por un colapso frente a las altas concentraciones de Cd. Por último, se observó ondulaciones marginales a partir de T1, lo que se apreció más evidentemente a mayor concentración. Este efecto pudo ser provocado por cierta contracción del tejido de la lámina como efecto del daño a nivel celular. Además de estos efectos, no se observó crecimiento de los brotes, por lo que pareciera que hubo inhibición del crecimiento y de la reproducción.

A pesar de los síntomas de toxicidad en la morfología de la hoja del helecho, *S. auriculata* logró remover hasta un 1 mg/L de cadmio en agua contaminada.

Por otra parte, los resultados del efecto en la biomasa de *S. auriculata*, a causa de la exposición al Cd, presentaron disminuciones significativas de hasta el 72.7% en la solución con 2 mg/L Cd. En el tratamiento T1 (0.25 mg/L Cd) se presentó una reducción de 33.3%, este valor es menor al registrado por Wolff et al. (2012), donde se expuso *S. auriculata* a 1 µmol/L Cd (equivalente a 0.18 mg/L) y se obtuvo una reducción del 49.5% de la biomasa de las hojas flotantes y 72.4% en la hoja sumergida. De igual manera, *L. gibba* presentó mayores porcentajes de reducción de biomasa en menores concentraciones de Cd. La especie expuesta a 0.1 mg/L tuvo una disminución del 83% en su biomasa (Megateli et al., 2009). Los mayores porcentajes de reducción en las especies mencionadas podrían estar relacionados con el mayor tiempo de exposición, debido a que estas plantas tuvieron un periodo de 10 días de exposición en comparación con los 8 días de *S. auriculata*.

La reducción de la biomasa en especies vegetales sometidas a la exposición a cadmio ha sido descrito como efecto indirecto ante la interferencia con la

Tabla 3. Resultados de remoción de Cd por plantas acuáticas expuestas a las mismas concentraciones que *S. auriculata*

	Cd (mg/L)				Referencia
	0,25	0,5	1	2	
<i>S. auriculata</i>	64.1%	56%	55.7%	53.8%	La presente investigación
<i>Azolla</i>	46.3%	29.2%	30%	0%	(Pernía et al., 2016)
<i>Eichhornia</i>	100%	-	-	-	(Pernía et al., 2016)
<i>Limnocharis</i>	30%	-	-	-	(Pernía et al., 2016)
<i>Lemna gibba</i>	-	-	-	84.80%	(Verma & Suthar, 2015)
<i>Pistia stratiotes</i>	-	-	63%	65%	(Maine et al., 2001)

toma de nutrientes (Nedjimi, 2018; Pernía et al., 2008) o también se puede interpretar como estrategia de defensa ante la absorción al cadmio.

Otro síntoma de toxicidad observado como resultado de la exposición a Cd fue la disminución del crecimiento de las hojas de *S. auriculata*. El resultado más elevado se observó en la solución con 2 mg/L de Cd. Este efecto puede ser causa de la inhibición que genera el Cd en el desarrollo de las plantas a consecuencia de su efecto sobre la hormona del crecimiento (Phetsombat et al., 2006), como también en la inhibición del alargamiento celular, metabolismo y fotosíntesis (Mongkhonsin et al., 2019).

Tanto los resultados de la biomasa como el crecimiento, reflejan que *S. auriculata* posee una baja tolerancia ante la toxicidad del Cd acumulado en sus tejidos. Para mayor sustento de esta hipótesis se calculó el índice de tolerancia. Los resultados, tomando al control como 100%, presentaron la misma tendencia que la biomasa, los valores fueron decrecientes a medida que la concentración de Cd era más alta, el valor menor se generó en el tratamiento T4 con un índice del 27.27 % de tolerancia. Estos valores son muchos menores a los reportados por otras especies, como es el caso de *Limnocharis* con un índice de tolerancia de 116.46 %, y de *Eichhornia* con 123.57% (Pernía et al., 2016). Las plantas mencionadas poseen un tamaño significativamente mayor a *S. auriculata*, es posible que esta característica haya influenciado en los índices de tolerancia.

Con respecto al pH, se conoce que en condiciones ácidas los metales pesados se encuentran con mayor movilidad y biodisponibilidad (Legña, 2018; Martorell, 2010), pero por otra parte, Verma & Suthar (2015) mencionan que, aplicando de igual manera una especie vegetal acuática, hay una mayor tasa de remoción de Cd en condiciones ácidas específicamente entre pH 5 y 7. En este experimento, se presenció los dos casos, el pH disminuyó entre 3.99±0.09 y 5.18±0.59, en condiciones ambientales, inclusive en el control (T0), debido a esto el metal se encontraba en alta biodisponibilidad y como consecuencia la planta presentó varios daños fitotóxicos, sin embargo, logró remover hasta el 64% de Cd en el tratamiento con menor concentración (0.25 mg/L).

En lo que respecta a acumulación, *S. auriculata* superó los valores registrados en *Limnocharis flava* (817.3±112.2 mg/kg Cd en raíces), a pesar de que esta especie es de mayor tamaño (Pernía et al., 2016). Sin embargo, no logró superar los valores registrados por otros autores en especies de *Salvinia*, como es el caso de Phetsombat et al. (2006), quienes reportaron una acumulación de 1636 mg/Kg en las raíces de *Salvinia cucullata* expuesta a 4 mg/L Cd.

Esta mayor acumulación puede estar en función de la exposición a mayor concentración del metal, como también, que los valores son los encontrados en la

raíz de la especie, y como se conoce ampliamente, la raíz generalmente acumula mayores concentraciones de metales pesados en comparación a los demás órganos de la planta, lo cual, no puede validar que *S. cucullata* es mayor acumuladora que *S. auriculata*. En el caso de *S. minima*, se observó una potencial acumulación de 11.262 mg/kg Cd en una solución con 4 mg/L Cd por 120 horas de exposición (Olguín et al., 2002). Este experimento se mantuvo controlado a pH 7, lo que pudo haber influido en la alta tasa de acumulación, debido a que según Verma & Suthar (2015), este valor es el óptimo para la acumulación de Cd en plantas.

En este estudio el FBC fue mayor que el registrado por Phetsombat et al. (2006), donde *S. cucullata* presentó un FBC de 492.1, mientras que en el presente trabajo *S. auriculata* logró un FBC de 564.13, las especies mencionadas estuvieron expuestas a la misma concentración y periodo. Por otro lado, el FBC reportado en *S. minima* es superior, los valores alcanzan 2.718 para concentraciones de 4 mg/L (Olguín et al., 2002).

Cabe indicar que el FBC mencionado en *S. auriculata* es el menor de todos los tratamientos, los valores más altos se encontraron en concentraciones de 0.25, 0.5 y 1 mg/L Cd, a 2 mg/L Cd el FBC se redujo significativamente. El mismo escenario se presentó en *Azolla caroliniana*, *Eichhornia crassipes*, y *Limnocharis flava* (Pernía et al., 2016). Esto podría advertir que la acumulación de Cd en las especies citadas y en *S. auriculata*, comienza a decaer significativamente a partir de 2 mg/L como consecuencia de la alta toxicidad a esta concentración.

Los resultados del presente trabajo de investigación sugieren un doble uso para esta especie. Los varios y evidentes efectos del Cd en *S. auriculata* hacen a la especie una candidata potencial para el monitoreo de este metal en agua. Por otro lado, los resultados de remoción, acumulación y FBC de Cd exponen a *S. auriculata* como especie fitorremediadora de este metal.

Conclusiones

La presente investigación además de evidenciar el potencial de remoción de cadmio en *Salvinia auriculata*, también logró mostrar la respuesta ante la exposición al Cd en diferentes enfoques como biomasa, crecimiento, morfología, tolerancia y el nivel de acumulación de Cd en su tejido.

S. auriculata presentó afectaciones en su biomasa, crecimiento, tolerancia y morfología en todos los tratamientos, la gravedad de estos efectos estuvo en función de la concentración de Cd. Esto podría reflejar que inclusive en las concentraciones más bajas (0.25 mg/L Cd) la especie no desarrolló mecanismos de defensa. A pesar de dichos efectos, logró altos valores de acumulación y remoción de Cd.

El presente estudio demuestra que, a mayor concentración inicial de cadmio, mayores serán las tasas de acumulación en *S. auriculata*.

Tomando de referencia el concepto de fitorremediación, *S. auriculata* se identifica como especie hiperacumuladora de cadmio. Ya que, su acumulación es mayor a 100 mg/ Kg PS y posee un FBC por encima de 1.

Recomendaciones

Mediante el análisis de los datos obtenidos y la información recopilada en el presente estudio se procede sugerir lo siguiente:

Salvinia auriculata se puede recomendar como especie potencial para el empleo en fitorremediación de agua contaminada con Cd. No obstante, es probable que el potencial de remoción de cadmio sea más eficiente en concentraciones no mayores a 2 mg/L.

Su cultivo en bajas concentraciones de Cd requiere control, debido a que podría presentar sobrepoblación por sus antecedentes como especie invasora. En altas concentraciones se debe establecer un periodo corto de cosecha debido a que los efectos morfológicos en la especie se presentan a pocos días y pueden causar eutrofización en los cuerpos de agua.

Su disposición final demanda una adecuada cosecha y su biomasa puede ser utilizada como fuente de energía renovable o en su defecto debe ser incinerada e inmovilizada.

En vista de los resultados favorables, se sugiere realizar más investigaciones con *S. auriculata* para su aplicación en fitorremediación de metales pesados.

Referencias

Agencia Espacial Civil Ecuatoriana. (2019). Estación climatológica Guayaquil: EXA-ISS-1x. Retrieved from <http://gye.exa.ec/>

Cañadas, L. (1983). *Mapa bioclimático y ecológico del Ecuador*.

Caviedes, D., Delgado, D., & Olaya, A. (2016). Remoción de metales pesados comúnmente generados por la actividad industrial, empleando macrófitas neotropicales. *Producción + Limpia*, 11(2), 126-149. <https://doi.org/10.22507/pml.v11n2a11>

EPA. (2007). *Method 7010. Graphite furnace atomic absorption spectrophotometry*. 1-24. Retrieved from <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/7010.pdf>

Hoffmann, T., Kutter, C., & Santamaría, J. (2004). Capacity of *Salvinia minima* Baker to Tolerate and Accumulate As and P. *Engineering in Life Sciences*, 4(1), 61-65. [https://doi.org/10.1002/elsc.200400008](https://doi.org/https://doi.org/10.1002/elsc.200400008)

INAMHI. (2019a). *Boletín Agroclimatológico Decadal 01-10 Julio*. Retrieved from <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

INAMHI. (2019b). *Boletín Condiciones Meteorológicas Guayaquil- Durán*. Retrieved from <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

Legña, J. (2018). *Remoción de cadmio de los suelos aledaños de la laguna de Limoncocha por adsorción superficial del bagazo de la caña de azúcar (Saccharum officinarum)*.

Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador.

León, R., Franco, S., Cornejo, X., Pernía, B. M., Siguencia, R., & Noboa, A. (2018). Potencial de plantas acuáticas para la remoción de coliformes totales y *Escherichia coli* en aguas negras. *Enfoque UTE*, 9(4), 131-144. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n4.286>

Maine, M. A., Duarte, M. V., & Suñé, N. L. (2001). Cadmium uptake by floating macrophytes. *Water Research*, 35(11), 2629-2634. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)00557-1](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(00)00557-1)

Martelo, J., & Lara, J. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte. *Revista Ingeniería y Ciencia*, 8(15), 221-243. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1809.10251>

Martorell, J. (2010). *Biodisponibilidad de metales pesados en dos ecosistemas acuáticos de la costa suratlántica andaluza afectados por contaminación difusa* (Universidad de Cádiz. Cádiz, España.). Retrieved from https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/15776/Tes_2010_06pdf;jsessionid=E37ED02C6A29DCDD1E1122E67E32D922?sequence=1

Megateli, S., Semsari, S., & Couderchet, M. (2009). Toxicity and removal of heavy metals (cadmium, copper, and zinc) by *Lemna gibba*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72(6), 1774-1780. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2009.05.004>

Mero, M., Pernía, B., Ramírez-Prado, N., Bravo, K., Ramírez, L., Larreta, E., & Egas, F. (2019). Concentración de cadmio en agua, sedimentos, *Eichhornia crassipes* y *Pomacea canaliculata* a en el río Guayas (Ecuador) y sus afluentes. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(3), 632-640. <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.03.09>

Molisaní, M. M., Rocha, R., Machado, W., Barreto, R. C., & Lacerda, L. D. (2006). Mercury contents in aquatic macrophytes from two reservoirs in the Paraíba do Sul: Guandú river system, SE Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 66(1a), 101-107. <https://doi.org/10.1590/s1519-69842006000100013>

Mongkhosin, B., Nakbanpote, W., Meesungnoen, O., & Prasad, M. N. V. (2019). Adaptive and Tolerance Mechanisms in Herbaceous Plants Exposed to Cadmium. In *Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants* (pp. 73-109). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814864-8.00004-8>

Nedjimi, B. (2018). Plant nutrients and abiotic stress tolerance. In M. Hasanuzzaman, M. Fujita, H. Oku, K. Nahar, & B. Hawrylak-Nowak (Eds.), *Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance* (Springer, pp. 205-220). <https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8>

Olguin, E. J., Hernández, E., & Ramos, I. (2002). The effect of both different light conditions and the pH value on the capacity of *Salvinia minima* Baker for removing cadmium, lead and chromium. *Acta Biotechnologica*, 22(1-2), 121-131. [https://doi.org/10.1002/1521-3846\(200205\)22:1/2<121::AID-ABIO121>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/1521-3846(200205)22:1/2<121::AID-ABIO121>3.0.CO;2-F)

Paris, C., Hadad, H., Maine, M., & Suñé, N. (2005). Eficiencia de dos macrófitas flotantes libres en la absorción de metales pesados. *Limnetica*, 24(3), 237-243.

Pernía, B., Sousa, A., Reyes, R., & Castrillo, M. (2008). Biomarcadores de contaminación por cadmio en las plantas. *Interciencia*, 33(2), 112-119. <https://doi.org/0378-1844/08/02/112-06 8 3.00/0>

Pernía, Beatriz, Mero, M., Cornejo, X., Ramírez-Prado, N., Ramírez, L., Bravo, K., Zambrano, J. (2018). Determinación de cadmio y plomo en agua, sedimento y organismos bioindicadores en el Estero Salado, Ecuador. *Enfoque UTE*, 9(2), 89-105. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.246>

Pernía, Beatriz, Mero, M., Muñoz, J., Morán, N., Zambrano, J., Cornejo, X., ... Torres, G. (2016). Plantas acuáticas con potencial para fitoextracción de Cadmio en arroyales del Cantón Daule, provincia del Guayas, Ecuador. *Rev. Cient. Cien. Nat. Ambien.*, 10(2), 37-51.

- Petrucio, M. M., & Esteves, F. A. (2005). Uptake rates of nitrogen and phosphorus in the water by *Eichhornia crassipes* and *Salvinia auriculata*. *Revista Brasileira de Biologia*, 60(2), 229-236. <https://doi.org/10.1590/s0034-71082000000200006>
- Phetsombat, S., Kruatrachue, M., Pokethitiyook, P., & Upatham, S. (2006). Toxicity and bioaccumulation of cadmium and lead in *Salvinia cucullata*. *Journal of Environmental Biology*, 27(4), 645-652. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17405325>
- Ramírez-Prado, N., Pernía, B., Mero, M., Larreta, E., Noboa-Cárdenas, A., Ramírez-Moreira, L., ... Castro, R. (2016). *Pomacea canaliculata* (Lamarck , 1828) as bioindicator of the presence of cadmium in the rivers Guayas , Daule and Babahoyo. *Rev. Cient. Cien. Nat. Ambien.*, 10(June), 19-28. Retrieved from https://issuu.com/fcienciasnaturalesug/docs/e-revista_vol10-1
- Salto, R. A. T., & Torres-ruilova, B. O. (2017). Evaluación climática para determinar las estrategias bioclimáticas de una vivienda dúplex en la ciudad de Durán. *Dominio de Las Ciencias*, 3(3), 865-883.
- Suñe, N., Sánchez, G., Caffaratti, S., & Maine, M. A. (2007). Cadmium and chromium removal kinetics from solution by two aquatic macrophytes. *Environmental Pollution*, 145(2), 467-473. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.04.016>
- TULSMA. (2015). *AM097-A Libro VI Anexol. Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes : recurso agua.*
- Verma, R., & Suthar, S. (2015). Lead and cadmium removal from water using duckweed - *Lemna gibba* L.: Impact of pH and initial metal load. *Alexandria Engineering Journal*, 54(5), 1297-1304. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2015.09.014>
- Wilkins, B. D. A. (1978). The Measurement of Tolerance To Edaphic Factors by Mean of Root Growth. *New Phytol*, 80, 623-633.
- Wolff, G., Pereira, G. C., Castro, E. M., Louzada, J., & Coelho, F. F. (2012). The use of *Salvinia auriculata* as a bioindicator in aquatic ecosystems: biomass and structure dependent on the cadmium concentration. *Brazilian Journal of Biology*, 72(1), 71-77. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22437387>

Contenido estomacal del bagre lisa (*Ariopsis guatemalensis* Günther, 1864) en el Estero Salado de Guayaquil, Ecuador

Stomach content of the smooth catfish (*Ariopsis guatemalensis*
Günther, 1864) in the Estero Salado Estuary of Guayaquil, Ecuador

Danilo Bejarano-Zambrano^{1*} & Antonio Torres²

¹Consultor egresado de Facultad de Ciencias Naturales, Laboratorio de Acuicultura.

²Docente investigador de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil,
Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo, Guayaquil, Ecuador.

Recibido 3 de julio 2019; recibido en forma revisada 20 de agosto 2019, aceptado 8 de octubre 2019
Disponible en línea 20 de diciembre 2019

Resumen

Los estudios sobre ecología trófica permiten comprender las funciones que cumplen las especies y el impacto que podría tener su desaparición o disminución en el ecosistema. Se analizaron 155 estómagos de *Ariopsis guatemalensis* obtenidos del Estero Salado de Guayaquil, se determinó el índice de repleción, la importancia relativa de las presas (%IRI), la estrategia alimenticia (índice de Levins y método gráfico de Amundsen et al) y el nicho trófico (TROPH) para ambos sexos; las hembras fueron clasificadas en 4 intervalos de tallas para determinar la diferencia en la dieta. Las hembras presentaron el 83 % de los estómagos llenos, mientras que, en los machos el 73 % se encontraron vacíos por eventos de maduración gonadal e incubación oral. En total se identificaron 18 ítems presas, siendo *Penaeus vannamei* (35,3 %) y *Goniopsis* sp. (32 %) las presas más importantes. Para las hembras *P.vannamei* y *Goniopsis* sp fueron las presas de mayor importancia y en machos lo fueron *Goniopsis* sp. y huevos de decápodos. Las tallas en hembras demostraron similitud ($r \geq 0,58$) en la dieta, siendo *P. vannamei*, *Goniopsis* sp. y *Ocyrodidae* sp. las más importantes de manera general; las demás presas son consumidas proporcionalmente evitando la competencia intraespecífica. El método TROPH determinó que *A. guatemalensis* es una especie carnívora de segundo y tercer nivel trófico, con estrategia de alimentación mixta para ambos sexos, siendo las hembras especialistas para *P. vannamei* y *Goniopsis* sp. y en machos *Goniopsis* sp. y huevos de decápodos ($Ba < 0,6$).

Palabras claves: Ariidae, *Ariopsis*, ecología trófica, estrategia alimenticia, *Penaeus vannamei*.

Abstract

Studies on trophic ecology allow to understand the role that each species fulfill and the impact that their disappearance or population decrease could have on the ecosystem one hundred fifty-five stomachs of *Ariopsis guatemalensis* obtained from the Salado Estuary of Guayaquil were analyzed, to determine the Fullness Index, Index of Relative Importance of prey (%IRI), feeding strategy (Levins Index and Graphical Amundsen et al Method) and trophic levels (TROPH) for both sexes. Females were classified in four size intervals to determine the difference in diet. Females presented 83% of full stomachs, while 73% males were empty due to gonadal maturation and oral incubation events. In total, 18 prey items were identified, *Penaeus vannamei* (35.3%) and *Goniopsis* sp. (32%) being the most important prey. For females, *P.vannamei* and *Goniopsis* sp. were the most important prey and in males, were *Goniopsis* sp. and decapod eggs. Different female sizes showed similarity ($r \geq 0.58$) in diet, with *P. vannamei*, *Goniopsis* sp. and *Ocyrodidae* sp. being the most important in all sizes; while other preys are proportionately consumed, without intraspecific competition. The TROPH method determined that *A. guatemalensis* is a carnivorous species of second and third trophic level, with mixed feeding strategy for both sexes, being females specialized in *P. vannamei* and *Gonipsis* sp; and males *Goniopsis* sp. and decapod eggs ($Ba < 0.6$).

Keywords: Ariidae, *Ariopsis*, trophic ecology, feeding strategy, *Penaeus vannamei*.

* Correspondencia del autor:
E-mail: dabejaranoz@hotmail.com



Introducción

El sistema de estuario es el ecotono entre el ambiente marino y de agua dulce, este ecosistema alberga una cantidad importante de ictiofauna que reside de manera permanente o temporal dependiendo de sus necesidades biológicas. La abundancia y estacionalidad de las especies está influenciada por las fluctuaciones de los parámetros físicos-químicos (temperatura, salinidad, turbidez, oxígeno disuelto, entre otros) y biológicos (vegetación, depredación y competencia interespecífica) (Moyle & Cech, 1996). Los estuarios concentran altas cantidades de nutrientes en su mayoría detritus que es aportado por los manglares y otra vegetación circundante, estos nutrientes son acumulados y puestos a disposición para dar inicio a la red trófica. Además, es el causante de sostener grandes abundancias de peces con importancia comercial (Moyle & Cech, 1996), tanto así, que Houde & Rutherford (1993) estiman que el 8% de la captura de los peces marinos proviene de los estuarios. El Golfo de Guayaquil es el ecosistema de estuario más grande del Pacífico Sudamericano con una extensión de 12,000 km² (Cucalón, 1983). El interior del Golfo está dividido en dos subestuarios; al sureste el estuario de Churute influenciado por el río Churute y Taura, y al noroeste el Estero Salado que recibe aportes de agua dulces por descargas residuales de la ciudad de Guayaquil (Twilley et al., 2001). Históricamente el Estero Salado ha otorgado variedad de recursos pesqueros a las comunidades ribereñas sustentando la economía de estos habitantes (Pritchard, 1967); sin embargo, la mayoría de estos recursos no están siendo manejados y regulados adecuadamente (CEPLAES, 1987). Los estudios sobre ecología trófica son necesarios para comprender las funciones e interacciones biológicas que cumplen las especies en su ecosistema (Glass & Watts, 2009). Estos se han centrado en analizar el rol ecológico que desempeña dicha especie (posición trófica); el impacto provocado por su ausencia (amplitud de nicho trófico) y sus probables competencias por alimento (traslape trófico) (Torres, 2011). El conocimiento generado ha sido utilizado por instituciones pesqueras para predecir el impacto que tendría el ecosistema por la ausencia o disminución de especie comercial; de esta forma generar métodos de manejo y regulación de sus pesquerías (Csirke 1989; Agudelo et al. 2011). Los bagres de la familia Ariidae son un recurso pesquero con alto valor económico y ecológico para los ecosistemas estuarinos de todo el mundo (Devlin & Nagahama, 2002; Marceniuk & Menezes, 2007). Barriga (2011) menciona la existencia de 14 especies para la zona intermareal costera de Ecuador, siendo las especies *Notarius planiceps*, *Cathorops dasycephalus*, *Occidentarius playpogon*, *Bagre pinnimaculatus*, *Ariopsis seemani* y *Ariopsis guatemalensis* las especies capturadas en el Estero Salado de Guayaquil (Castro, 2017). La mayoría de las especies nombradas carecen de estudios biológicos, ecológicos y pesqueros que determinen su estado poblacional y su correcta regulación para un buen manejo y explotación.

El bagre lisa (*A. guatemalensis*) es una especie representativa de la costa este del océano Pacífico, se distribuye desde Baja California hasta Perú (Melchor, 1980; Herrera, Saa, Ferreyros, Coello & Solís, 2017; Froese & Pauly, 2019a). Es considerada una especie carnívora de segundo y tercer orden, depredando principalmente peces, decápodos, insectos, moluscos, y en menor grado isópodos, anélidos, detritus y materia vegetal (Yáñez-Arancibia, Curiel-Gómez & Yáñez, 1976; Yáñez-Arancibia, 1977). Las hembras alcanzan su madurez a los 18 a 20 cm LT y los machos a los 20 a 22 cm LT, las hembras presentan dimorfismo sexual en los radios de la aleta pélvica que se tornan carnosos en la época reproductiva, mientras que, los machos desarticulan su región hioidea para ampliar su boca e incuban los huevos fertilizados. La reproducción comienza en los meses que se registran precipitaciones (Yáñez-Arancibia, 1977; Burns & Ramirez, 1990).

Para Ecuador no se han generado estudios ecológicos para el bagre lisa (*A. guatemalensis*) a pesar de ser una especie explotada por la pesquería artesanal del Estero Salado de Guayaquil. Por consiguiente, este trabajo de titulación tiene el objetivo de analizar el contenido estomacal de *A. guatemalensis* en el Estero Salado, para que sirva de información en la regulación y buen manejo de su pesquería, de igual forma, tener idea del impacto que generaría la disminución y desaparición de esta especie en su ecosistema.

Materiales y Métodos

Obtención de las muestras y fase de laboratorio

Las muestras fueron capturadas en los meses de abril y mayo del 2019 en los esterillos de Puerto Hondo con ayuda de los pescadores artesanales. Los individuos obtenidos fueron pesados con una balanza digital LCD con precisión de 0,01 g y medidos la longitud total (LT) con un ictiómetro convencional ($\pm 0,1$ cm). Posteriormente, cada individuo fue diseccionado para extraer los estómagos, éstos fueron pesados con alimento y vacíos para así obtener el análisis de repleción. Cada ítem presa del contenido estomacal fue separado, pesado y contado, luego fijado en formol al 10% para su identificación al grupo taxonómico más bajo.

Se utilizaron claves taxonómicas según la escala de digestión propuesta por Olson & Galván-Magaña (2002). Para camarones y cangrejos se utilizó la guía de identificación de especies para fines de pesca (FAO, 1995); para peces, Chirichigno (1980); Rosas, Loor, Avila & Pincay (2016); Froese & Pauly (2019b); para insectos e isópodos, Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA, 2019).

Análisis de datos

Composición de tallas

Se efectuó aplicando un histograma de distribución de talla (LT) para hembras y machos aplicando la regla de Sturges (Daniel, 2002). Se determinó diferencias

significativas en la talla para el sexo aplicando la prueba de t-student ($p = 0,05$), por motivos de ausencia de normalidad y homocedasticidad.

Índice de repleción estomacal (IR)

Se expresó de la siguiente manera; $IR = \text{Peso del contenido estomacal (g)} \times 100 / \text{peso del pez (g)}$. Se consideró la escala propuesta por Franco & Bashirullah (1992); esta indica que $IR < 0,5$ estómago vacío, $IR = 0,5$ y $< 1,0$ estómago semilleno, $IR > 1,0$ estómago lleno.

Curva de acumulación

La determinación del tamaño mínimo de la muestra se realizó utilizando la curva de acumulación de especies, también conocida como curva de rarefacción basada en una muestra. El análisis consiste en aumentar el número de estómagos hasta que la curva llegue a la asíntota validando el número de estómagos requeridos para el análisis de contenido estomacal (Colwell, Chang & Chang, 2004). La curva se empleó utilizando el programa PAST 3.15 (Hammer, Harper & Ryan, 2001).

Composición trófica

Se utilizó el método gravimétrico (%P), que consiste en cuantificar el peso de una presa / el peso de todas las presas * 100, y el método de frecuencia de aparición (%FA) que se fundamenta en contar el número de estómagos de un ítem presa / el total de estómagos con alimento * 100 (Hyslop, 1980). Posteriormente, se procedió a determinar la importancia de los ítems presas, empleando el índice de importancia relativa $IIR = (\%FA * \%P) / 100$, propuesto por Yáñez-Arancibia et al., (1976). Los rangos de 0 a 10 % demuestran grupos tróficos de importancia relativa baja, de 10 a 40 % grupos secundarios y 40 a 100 % grupos de importancia alta.

El índice de importancia relativa se analizó para hembras y machos; además, para las hembras se clasificó en 4 grupos de tallas (talla I 21 - 25 cm LT, talla II 25 - 29 cm LT, talla III 29 - 33 cm LT, talla IV 33 - 37 cm LT), para determinar diferencias entre las tallas se utilizó la prueba de H-Kruskal Wallis y un análisis de similitud de Bray Curtis. Los machos no fueron clasificados debido al alto número de individuos sin contenido alimenticio.

Amplitud de nicho trófico

Para conocer la amplitud trófica se aplicó el índice de Levins (1968), estandarizado por Hespeneide (1975) (Ecuación 1).

$$B = \frac{1}{\sum p_j^2} \quad B_a = \frac{B - 1}{n - 1}$$

Ecuación 1. Donde:

- B es la medida de Levins;
- B_a la medida de Levins estandarizado;
- p_j es la proporción que contribuye cada presa a la dieta;
- n es el número de presas consumidas.

Valores de B_a por menores de 0,6 son considerados especies con estrategia especialista, es decir, que son

selectivos para ciertos grupos de presas; valores $>0,6$ son considerados especies generalistas consumiendo un mayor espectro de presas en igual proporción (Labropoulou & Eleftheriou 1997).

Además, se utilizó el método gráfico propuesto por Amundsen, Gabler & Staldivik (1996) que consiste en relacionar la frecuencia de aparición (%FA) y el peso de cada ítem presa identificado. Este método permite determinar la importancia de las presas, estrategia alimentaria y el comportamiento trófico de la población.

Nivel trófico

La asignación del nivel trófico del bagre lisa se determinó con la fórmula desarrollada por Pauly, Froese, Sa-a Ps, Palomares & Cristensen, (2000) (Ecuación 2), que considera la composición de la dieta y el nivel trófico (TROPH) de cada presa.

$$TROPH_i = 1 + \sum_{j=1}^G DC_{ij} \times TROPH_j$$

Ecuación 2. Donde:

DC_{ij} = Representa la fracción de la presa j en la dieta de i.

$TROPH_j$ = Posición trófica de la presa j

G = Numero de presas en la dieta

Los resultados fluctúan entre 1 y 5, valores iguales y por debajo de 2 corresponden a especies herbívoras y detritívoras, valores por encima de estos son considerados carnívoros, omnívoros y acercándose a 5 son predadores topes (Pauly et al., 2000).

Resultados

Se obtuvieron 155 individuos de bagre lisa (*A. guatemalensis*), las hembras representaron el 66,4 % y los machos 33,6 % del total.

Composición de tallas

La distribución total osciló de 21 a 36 cm LT, las hembras presentaron mayor rango de que los machos. Los intervalos de tallas de 23 - 28 cm LT obtuvieron la mayor frecuencia para hembras y machos constituyendo el 67,0 % y 73,0 % respectivamente (Figura 1). La media de los machos fue de 26,5 \pm 2,8 cm LT las hembras 26,9 cm \pm 3,49 cm LT, no se evidenciaron diferencias significativas ($t = 0,78$; $p = 0,43$) en la LT por sexo.

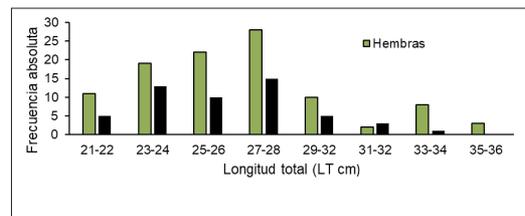


Figura 1. Distribución de tallas en hembras y machos de *A. guatemalensis* capturadas durante abril y mayo del 2019 en Puerto Hondo.

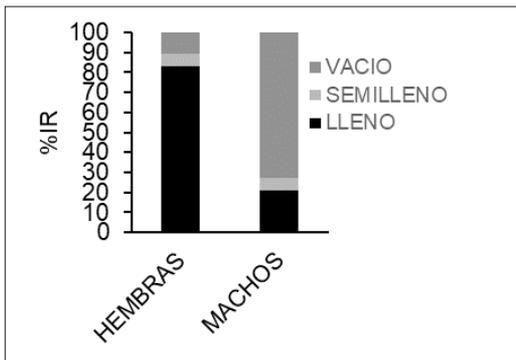


Figura 2. Índice de repleción estomacal para hembras y machos de *A. guatemalensis* capturadas en abril y mayo del 2019 en Puerto Hondo.

Índice de repleción estomacal

De los 103 estómagos analizados de hembras el 83,0 % estuvieron llenos, 11,0 % vacíos y el 6,0 % semillenos. Los machos por su parte el 73,0 % estuvieron vacíos, el 21,0 % llenos y el porcentaje restante estuvieron semillenos (Figura 2).

Curva de acumulación

Las hembras alcanzaron la asíntota en el individuo 80, siendo la cantidad de individuos muestreados los adecuado para describir los hábitos alimenticios; sin embargo, los machos no alcanzaron la asíntota (Figura 3).

Composición trófica y amplitud de nicho

Se encontraron 18 ítem presas, *Goniopsis* sp. presentó la mayor frecuencia de aparición y *Penaeus vannamei* el mayor porcentaje en peso. Éstos dos ítems fueron los más importante en la dieta, obteniendo para *P. vannamei* 35,3 % y *Goniopsis* sp. 32,0 % de IIR (Tabla 1).

Composición trófica por sexo

Se identificaron 18 ítem presas para hembras y 11 para machos. Los mayores porcentajes de IIR en hembras lo presentaron *P. vannamei* (44,3 %), *Goniopsis* sp. (26,8 %) y *Ocypodidae* sp. (8,4 %); sin embargo, para los machos el segundo ítem mencionado fue el de mayor porcentaje con el 43,4 %, seguidos de huevos de

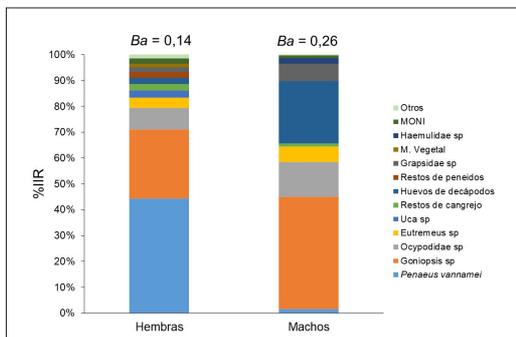


Figura 4. Índice de importancia relativa (%IIR) para hembras y machos de *A. guatemalensis* capturadas durante abril y mayo del 2019 en Puerto Hondo.

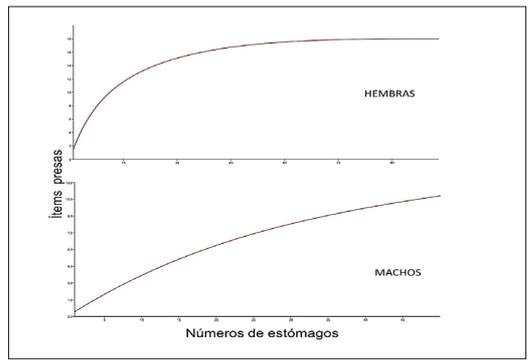


Figura 3. Curva de acumulación para hembras y machos de *A. guatemalensis*.

cangrejos (23,99 %) y Grapsidae (6,86 %). El índice de Levins determinó que las hembras y machos exhibieron baja amplitud de nicho catalogándolos como consumidores especialistas (Figura 4).

Composición trófica por tallas en hembras

Las tallas presentaron diferencias significativas ($p < 0,001$). *P. vannamei*, *Goniopsis* sp. y *Ocypodidae* sp presentan los mayores porcentajes de IIR en todas las tallas, con excepción de *Ocypodidae* en la talla 3 que fue reemplazada por materia vegetal, los peces son consumidos desde la talla 2 en adelante. El análisis de Bray-Curtis indicó similitud en la dieta, siendo las tallas 1-2 las que presentaron mayor similitud, mientras que, las tallas 1-4 demostró la menor similitud. El índice de Levins fue menor que

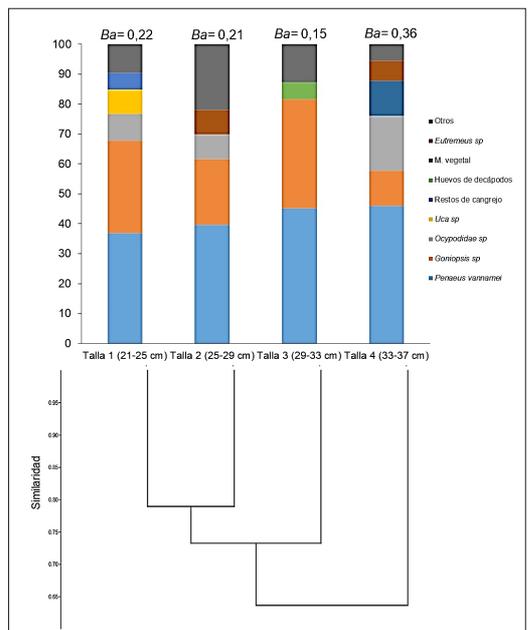


Figura 5. Índice de importancia relativa, índice de Levins y análisis de similitud de Bray - Curtis para rangos de tallas de hembras de *A. guatemalensis*.

Tabla 1. Índice de Importancia Relativa de los componentes alimenticios identificados para *A.guatemalensis* durante abril y mayo del 2019 en Puerto Hondo.

Ítems presas			%FA	%P	%IIR
Decapoda	Penaeidae	<i>Penaeus vannamei</i>	19,81	26,78	35,36
	Portunidae	<i>Callinectes</i> sp.	2,83	0,49	0,09
	Ocypodidae	<i>Uca</i> sp.	7,55	3,98	2,00
		<i>Ocypodidae</i> sp.	17,92	8,32	9,94
	Grapsidae	<i>Goniopsis</i> sp.	26,42	18,21	32,05
		<i>Grapsidae</i> sp.	8,49	4,77	2,70
Isopoda	Cymothoidae	<i>Cymothoidae</i> sp.	3,77	0,24	0,06
Perciforme	Haemulidae	<i>Haemulidae</i> sp.	3,77	2,07	0,52
Clupeiforme	Dessumeriidae	<i>Eutremus</i> sp.	5,66	12,06	4,55
Orthoptera		<i>Orthoptera</i> sp.	4,72	1,03	0,32
Diptera		<i>Diptera</i> sp (larva)	3,77	0,12	0,03
OTROS		Huevos de decápodos	6,60	11,32	4,98
		Restos de camarón	13,21	1,88	1,65
		Restos de cangrejo	17,92	2,00	2,39
		Restos de aves	2,83	1,52	0,29
		Restos de peces	2,83	0,22	0,04
		Materia vegetal	10,38	1,48	1,03
		MONI*	8,49	3,51	1,99

* Materia orgánica no identificada

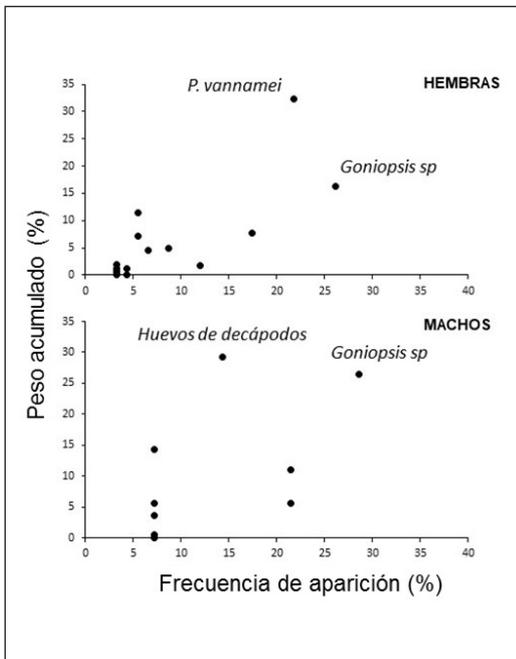


Figura. 6. Estrategia de alimentación para *A. guatemalensis* utilizando el método gráfico de Amundsen et al., (1996)

0,6 en todas las tallas demostrando especialidad en sus dietas (Figura 5).

El método gráfico determinó que las hembras y machos presentan estrategia de alimentación mixta, es decir, individuos con dieta especialista y otros con dieta generalista, incluso presas consumidas ocasionalmente (huesos de aves, isópodos, larva de díptera y orthopteras). Las hembras son especialistas para *P. vannamei* y *Goniopsis* sp. y los machos para *Goniopsis* sp. y *huevos de decápodos* (Figura 6).

Nivel trófico

Los valores de TROPH para el bagre lisa (*A. guatemalensis*) fueron de 3.53 para hembras y 3.54 para machos, considerándola como especies carnívora de segundo y tercer grado trófico.

Discusión

El alto porcentaje de estómagos vacíos en los machos se debe a procesos de incubación oral de huevos y larvas que se encontraron en los individuos capturados, esto impide el ingreso del alimento. Para el *Bagre marinus* se ha evidenciado este mismo proceso encontrando estómagos vacíos durante el proceso de incubación oral y maduración de las gónadas (Mendoza-Carranza, Romero-Rodríguez, Segura-Bertolini, Ramírez-

Mosqueda & Arévalo-Fías, 2012). Galvis (1983); Kobelkowsky & Castillo-Rivera (1995) mencionan que la ausencia de alimento durante la incubación oral es causada por la reducción en el diámetro del intestino y del estómago que impide su ingreso.

Los ítems alimenticios encontrados y la importancia relativa de *P. vannamei* y *Goniopsis* sp., coinciden con los estudios de Yáñez-Arancibia (1977) y Melchor (1980) para *A. guatemalensis*, que establecieron la presencia de peces, camarones, cangrejos, jaibas, moluscos, insectos, anélidos, nematodos, copépodos, ostrácodos, poliquetos, isópodos, anfípodos, poríferos, detritus y materia vegetal en su contenido estomacal, siendo los peces, camarones, cangrejos y detritus las presas de mayor importancia. La ausencia de varios ítems alimenticios puede deberse a las variaciones físico-químicas locales (e.g. salinidad y temperatura), la edad del pez y la estación del año que influyen en la presencia y disponibilidad del alimento (Yáñez-Arancibia, 1977). Asimismo, las presas identificadas coinciden con otras especies de Ariidae, *Bagre marinus* (Hernandez-Morales et al., 2018), *Ariopsis seemanni* (Sands 1998; Gaxiola-Sarmiento et al., s.f), *Ariopsis* sp., (Olaya-Nieto et al., 2012; Sandoval-Londoño et al., 2015), *Cathorops melanopus* (Mojica, 2007), *Sciades herzbergii* (Giarrizzo & Sait-Paul, 2008).

La diferencia en la cantidad de ítems alimenticios entre machos y hembras sería resultado del bajo número de individuos machos que presentaron alimento en sus estómagos, esto impidió determinar el adecuado espectro alimenticio. Por otra parte, la diferencia en la importancia de los ítems alimenticios podría relacionarse a los requerimientos nutricionales que necesiten ambos sexos. La presa *P. vannamei* le provee a las hembras cantidad de proteína y lípidos para el desarrollo de sus gónadas y el gasto energético en su reproducción (Wootton, 1985; Ramírez et al., 2010; Ezquerro-Brauer, Bringas-Alvarado, Burgos-Hernández & Rouzaud-Sández, 2004); no obstante, para los machos los huevos de decápodos serían su fuente de energía, evitando la competencia intraespecífica entre sexo.

Los intervalos de tallas en hembras mostraron similitud en los ítems presas, siendo *P. vannamei*, *Goniopsis* sp. y *Ocypodidae* las presas más importantes en todas las tallas; sin embargo, el consumo proporcional y racional de los otros ítems alimenticios evita la competencia intraespecífica entre tallas (Murie, 1995). Este comportamiento concuerda con el bagre *S. herzbergii* que se ha demostrado solapamiento en la alimentación sin competencia durante la ontogenia (Giarrizzo & Sait-Paul 2008).

El bagre lisa (*A. guatemalensis*) presentó estrategia de alimentación mixta para ambos sexos, las hembras manifiestan especiación para *P. vannamei* y *Goniopsis* sp. y los machos para *Goniopsis* sp. y huevos de peneidos; esta estrategia concuerda con los analizado para *S. herzbergii* (Giarrizzo &

Sait-Paul, 2008). Por último, *A. guatemalensis* fue determinada como una especie carnívora de segundo y tercer nivel trófico depredando frecuentemente *P. vannamei* y *Goniopsis* sp. este nivel trófico concuerda con Yáñez-Arancibia (1977) y Melchor (1980) para *A. guatemalensis* en México. Otras especies de Ariidae también demuestra ser carnívoro por lo que puede ser un hábito alimenticio propio de la familia (Reyes-Ramírez, et al., 2017; Gaxiola-Sarmiento et al., s.f; Olaya-Nieto et al., 2012; Sandoval-Londoño et al., 2015; Mojica, 2007; Giarrizzo y Sait-Paul, 2008).

Conclusiones

Los machos presentan estómagos vacíos durante el proceso de incubación oral de huevos y larvas.

P. vannamei fue la presa más importante para las hembras seguida de *Goniopsis* sp, mientras que los machos su presa principal fue *Goniopsis* sp., seguida de huevos de decápodos.

P. vannamei, *Goniopsis* sp., y *Ocypodidae* sp., fueron presas preferenciales para todas las tallas analizadas de hembras; sin embargo, los otros ítems alimenticios son repartidos proporcionalmente evitando la competencia.

A. guatemalensis presenta estrategia de alimentación mixta con especiación en las presas *P. vannamei* y *Goniopsis* sp., para hembras y *Goniopsis* sp y huevos de decápodos en machos. *A. guatemalensis* fue considerada especie carnívora de segundo y tercer nivel trófico para el Estero Salado de Guayaquil.

Recomendaciones

Aumentar el número de machos con estómagos llenos para caracterizar adecuadamente sus hábitos alimenticios.

Seguir con estudios tróficos que involucren juveniles y adultos para observar cambios ontogenéticos en la dieta; además, considerar las dos estaciones del año para comprobar la existencia de variaciones estaciones en la composición alimenticia.

Analizar aspectos de crecimiento, talla de madurez, épocas reproductivas y periodos de incubación oral, para que sirvan de información para un buen manejo y regulación de esta especie.

Referencias

- Agudelo, E., Ajiaco, R. E., Alvarez, L. E., Barreto, C. G., Borda, C. A., Bustamante, C. C., Caldas, J. P., De la Hoz, J., Diazgranados, M. C., Melo, G., Perucho, E., Puentes, V., Ramirez, A., Rueda, M., Salinas, J. C., & Zapata, L. A. (2011). Protocolo de captura de información pesquera, biológica y socio-económica en Colombia. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Dirección de Pesca y Acuicultura - Subgerencia de Pesca y Acuicultura INDOCER - Conservación Internacional.

- Amundsen, P. A., Gabler, H. M., & Staldivik, F. J. (1996). A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data modification of the Costello (1990) method. *J. Fish Biol.* 48: 607-614.
- Barriga, R. (2011). Lista de peces de agua dulce e intermareales del Ecuador. *Revista Politecnica.* 30(3): 83-119.
- Burns, J., & Ramirez, M. (1990). Annual pattern of reproduction of the bagre, *Arius guatemalensis* (Pisces: Ariidae), in Slavador. *Revista de biología tropical.* pp 147-149.
- Canto-Maza, W. G., & Vega-Candejas, M. E. (2007). Distribución, abundancia y preferencias alimenticias del pez sapo *Opsanus phobetron* (Batrachoididae) en la laguna costera de Chelem. Yucatán. México. *Revista de biología tropical.* 55(3-4): 979-988.
- Castro, K. (2017). *Influencia de las fases lunares en los desembarques de peces demersales capturados con emalle de fondo en el Estero Salado* (tesis de grado). Universidad de Guayaquil; Ciencias Naturales. Guayaquil. Ecuador.
- CEPLAES, (1987). La pesca artesanal en el Ecuador. Escuela Superior Politécnica del Litoral. CEPLAES. 288 pp.
- Chirichigno, N. (1980). Clave para identificar los peces marinos del Perú. Lima, Perú. Instituto del Mar del Perú (IMARPE).
- Colwell, R., Chang, X., & Chang, J. (2004). Interpolando, extrapolando y comparando las curvas de acumulación de especies basada en su incidencia. En Halffer, G., Soberón, J., Koleff, P. & Melic, A. (2005). Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma (73-84). Zaragoza, España: Monografía Tercer Milenio.
- Csrike, J. (1989). Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. Roma: FAO. Documento Técnicos de Pesca No. 192.
- Cucalón, E. (1983). Temperature, salinity, and wáter mass distribution off Ecuador during an El Niño event in 1976. *Rev. Cienc. Mar. Limnol.* 2: 1-25.
- Daniel, W. (2002). Bioestadística: base para el análisis de las Ciencias de la Salud. México: Editorial Limusa.
- Devlin, R. H., & Nagahama, Y. (2002). Sex determination and sex differentiation in an overview of genetic, physiological, and environmental influences. *Aquaculture.* 208: 191-364.
- Ezquerro-Brauer, J. M., Bringas-Alvarado, L., Burgos-Hernández, A., & Rouzaud-Sández, O. (2004). Control de Composición Química y Atributos de Calidad de Camarones Cultivados. In: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Nieto-López, M. G., Villarreal, D., Scholz, U., & Gonzales, M. (2004). Avances en Nutrición Acuicola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. 16-19 Noviembre, 2004. Hermosillo, Sonora, México.
- FAO. (1995). Guía FAO para la identificación de especies para fines de pesca. Pacífico Centro-Oriental. Volumen 1. Roma. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Franco, L. & Bashirullah, K. (1992). Alimentación de la lisa (*Mugil curema*) del Golfo de Cariaco-Estado Sucre, Venezuela. *Zootecnia Tropical,* 10(2): 219-238.
- Frose, R., & Pauly, D. (2019a). FishBase. Blue sea catfish (*Ariopsis guatemalensis* Günther, 1864). Recuperado de <https://www.fishbase.in/summary/Ariopsis-guatemalensis.html>.
- Froese, R., & Pauly, D. (2019b). FishBase. Sitio Web electrónico. Recuperado de <https://www.fishbase.se/search.php>.
- Galvis, O. D. (1983). *Los áridos del Ciénega Grande de Santa Marta* (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia.
- Gaxiola-Sarmiento, F., Ortega-Cortez, S., & Díaz-Gaxiola, J. (s.f). Aspectos poblacionales del bagre marino *Sciades seemanni* (Günther, 1864) en el estero El Zacate, Topolobampo, Sinaloa. Instituto Tecnológico de Los Mochis. México.
- Giarrizzo, T., & Saint-Paul, U. (2008). Ontogenetic and seasonal shifts in the diet of the pemecou sea catfish *Sciades herzbergii* (Siluriforme: Ariidae), from a macrotidal mangrove creek in the Curuca estuary, Northern Brazil. *Revista de biología tropical.* 56(2): 861-873.
- Glass, K. A., & Watts, B. D. (2009). Osprey diet composition and quality in high and low-salinity areas of lower Chesapeake Bay. *Journal of Raptor Research.* 41: 27-36.
- Gómez-Ramírez, E., Tovar-Bohorquez, M., Obando-Bulla, M., & Hurtado-Giraldo, H. (2010). Estudio histológico del tracto digestivo del pez *Ariopsis seemanni* (Ariidae). *Facultad de Ciencias Básicas.* 6(2): 216-225.
- Hammer, O., Harper, D., & Ryan, P. (2001). PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.
- Hernández-Morales, A., Leal-Flórez, J., & Sandoval-Londoño, L. (2018). Hábitos alimenticios del barbudo de pluma *Bagre marinus* (Mitchill, 1815) (Sluriformes: Ariidae) en el golfo de Urabá, Caribe colombiano. *Actual Biol.* 41(109): DOI: 10.17533.
- Herrera, M., Saa, I., Ferreyros, S., Coello, D., & Solís. (2017). Peces del perfil costero ecuatoriano: primera milla náutica. *Instituto Nacional de Pesca.* ISBN978-9942-2-098-1. Guayaquil. Ecuador. 476 pp.
- Hespenheide, H. A. (1975). Prey characteristics and predator niche width. En: Cody, M. L., & Dinamond, J. M. (eds.). *Ecology and Evolution of Communities*, Belknap Press. Cambridge. 158-180pp.
- Houde, E., & Rutherford, E. (1993). Recent trends in estuarine fisheries: Predictions of fish production and yield. *Estuaries.* 16: 161-176.
- Hyslop, E. (1980). Stomach contents analysis, a review of methods and their application. *Journal Fish Biology,* 17(14): 411 - 429.
- Kobelkowsky, D. A., Castillo-Rivera, M. (1995). Sistema digestivo y alimentación de los bagres (Pisces: Ariidae) del Golfo de México. *Hidrobiológica.* 5(1-2): 95-103.
- Labropoulou, M., & Eleftheriou, A. (1997). The foraging ecology of two pairs of congeneric demersal fish species; importance of morphological characteristics in prey selection. *Journal of Fish Biology.* 50(2): 324-340.
- Levins, R. (1968). *Evolution in a changing environments* Princeton university press. Princeton. New Jersey. 120pp.
- Marconiuk, A. P., & Menezes, M. A. (2007). Systematics of the family Ariidae (Ostariophysi, Siluriformes), with a redefinition of the genera. *Zootaxa.* 1416: 1-126.
- Melchor, J. (1980). *Estudio sobre la biología y ecología de dos chihuales Arius caerulescens Gunther y Arius lirows (bristol) del estero de El Verde y laguna de Caimero, Sinaloa (Pisces: Ariidae)* (tesis de grado). Instituto Politécnico Nacional; Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz. México.
- Mendoza-Carranza, M., Romero-Rodríguez, A., Segura-Bertolini, E., Ramírez-Mosqueda, E., & Arévalo-Frías, W. (2012). El bagre bandera *Bagre marinus* como especie clave de la pesca marina de pequeña escala en la costa de Tabasco. En: Sánchez. A. J., Chiappa-Carrara, X., & Pérez, B. (eds.). *Recursos Acuáticos Costeros del Sureste: Tendencias actuales en investigación y estado del arte.* 527-547 pp.
- Mojica, M. (2007). *Aspectos biológicos y ecológicos de Cathorops melanopus (siluriformes: Ariidae) en los diferentes tipos de hábitat de la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz* (tesis de maestría). Universidad Autónoma Metropolitana. Veracruz. México.
- Moyle, P., & Cech, J. (1996). *Fishes, An Introduction to Ichthyology. Estuaries, quinta edición.* Prentice Hall. Nueva Jersey. Pearson.
- Murie, D. J. (1995). Comparative feeding ecology of two sympatric rockfish congeners, *Sebastes caurinus* (copper rockfish) and *S. maliger* (quillback rockfish). *Marine*

- Biology*. 124: 341-353.
- Olaya-Nieto, C., Arellano-Padilla, J., & Martínez-González, A. (2012). Hábitos alimentarios del barbul de piedra (*Ariopsis* sp.) en el río Sinú, Colombia. *Act. Biol. Colomb.* 17(1): 117-128.
- Olson, R., & Galván-Magaña, F. (2002). Food habits and consumption rates of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the Eastern Pacific Ocean. *Fishery Bulletin*. 100(2): 279-282.
- Pauly, D., Froese, R., Sa-a Ps., Palomares, M. L., & Cristensen, V. (2000). TrophLab Manual. ICLARM, Manila.
- Pritchard, D. W. (1967). What is an estuary: Physical viewpoint. In Lauff GH, Ed. Estuaries. American Association for the Advancement of Science, Washington, DC, pp 93-99.
- Ramírez, E., Silva, A., Guevara, M., Núñez, M., Bauza, R., & Arredondo-Vega, B. (2010). Composición bioquímica del camarón dulceacuicola *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1877) sometido a condiciones de cultivo. *Zootecnia*. 28(1): 65-72.
- Rosas, R., Loor, P., Avila, A., & Pincay, J. (2016). Manual para la identificación de peces óseos marinos-costeros del Pacífico ecuatoriano basado en esqueleto axial. Mar Abierto. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
- Sands, D. (1988). A Fishkeeper's guide to South American Catfishes. Tetra Press. Belgium. 52-53 pp.
- Sandoval-Londoño, L., Leal-Flórez, J., Blanco-Liberos, J., & Taborda-Marín, A. (2015). Hábitos alimenticios y aspectos del uso del hábitat por el chivo cabezón *Ariopsis* sp. (aff. *assimilis*) (Siluriforme: Ariidae), en una laguna costera neotropical (Ecorregión Darién, Colombia). *Actualidades biológicas*. 37(102): 55-66.
- SEA. (2019). Sociedad Entomológica Aragonesa. Recuperado de <http://sea-entomologia.org/>.
- Torres, J. (2011). *Nicho trófico de pelágicos mayores capturados en la boca del Golfo de California* (tesis doctoral). Instituto Politécnico Nacional; Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz. México.
- Twilley, R. R., Cárdenas, W., Rivera-Monroy, V. H., Espinoza, J., Suescum, R., Armijos, M. M., & Solórzano, L. (2001). The Gulf of Guayaquil and the Guayas River Estuary, Ecuador. *Coastal Marine Ecosystems of Latin America*. 14: 245-263.
- Wootton, R. J. (1985). Energetics of Reproduction. En: Tytler, P., & Calow, P. (1985). Fish Energetics new perspectives. Croom Helm. DOI: 10.1007/978-94-011-7918-8.
- Yáñez-Arancibia, A. (1977). Biological and ecological studies and perspectives of culture of sea catfish *Galeichthys caerulescens* (Günther) in the coastal lagoons on the pacific coast of Mexico. Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. 20: 70-305.
- Yáñez-Arancibia, A., Curiel-Gómez, J., & Yáñez, V. (1976). Prospección biológica y ecológica del bagre marino *Galeichthys caerulescens* (Günther) en el sistema lagunar costero de Guerrero, México. (Pisces: Ariidae). Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. 3(1): 125-180.

Actividad biológica y composición química en extractos de *Cucurbita ecuadorensis* H.C. Cutler & Whitaker

Biological activity and chemical composition in extracts of *Cucurbita ecuadorensis* H.C. Cutler & Whitaker

Jhon Castillo^{1*} & Shirley Moncayo²

¹Consultor egresado Facultad Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Av. Raúl
Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo, Guayaquil, Ecuador

²Herbario GUAY, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Av. Raúl Gómez
Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo, Guayaquil-Ecuador.

Recibido 25 de agosto 2019; recibido en forma revisada 6 de octubre 2019, aceptado 5 de noviembre 2019
Disponible en línea 20 de diciembre 2019

Resumen

Los metabolitos secundarios presentes en los extractos etanólicos y clorofórmicos de los frutos y hojas de *Cucurbita ecuadorensis* H.C. Cutler & Whitaker, una especie endémica de los bosques secos de la costa de Ecuador, fueron alcaloides, flavonoides, taninos, triterpenos, esteroides y cumarinas, mientras que las quinonas, antraquinonas y saponinas estuvieron ausentes. El mesocarpio del fruto de esta especie presentó contenidos de 9.19 ± 0.25 g de carbohidratos totales/ 100 g de peso seco, 14.90 ± 0.30 g de lípidos totales/ 100 g de peso seco y 3.39 ± 0.08 g de proteínas totales/ 100 g de peso seco, respectivamente. El mayor contenido fenólico fue para el extracto etanólico de los frutos con 20.82 ± 0.87 mg de GAE /g de extracto seco. El mayor contenido de flavonoides totales fue para el extracto etanólico de los frutos con 134.36 ± 0.34 mg de CE/ g de extracto seco. El extracto etanólico del fruto reveló la mayor capacidad antioxidante con $IC_{50} = 1.90$ mg/mL. Todos los extractos evaluados de esta especie, no presentaron actividad antibacteriana contra *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* y *Listeria monocytogenes*. En base a estos resultados, los frutos de *C. ecuadorensis* se los puede considerar como un suplemento nutricional con un potencial antioxidante natural.

Palabras Clave: Actividad antioxidante, actividad antibacteriana, *Cucurbita ecuadorensis*.

Abstract

The secondary metabolites present in the ethanol and chloroform extracts of the fruits and leaves of *Cucurbita ecuadorensis* H.C. Cutler & Whitaker, an endemic species of the dry forests of the coast of Ecuador, were alkaloids, flavonoids, tannins, triterpenes, sterols and coumarins, while quinones, anthraquinones and saponins were absent. The mesocarp of the fruit of this species contains contents of 9.19 ± 0.25 g of total carbohydrates / 100 g of dry weight, 14.90 ± 0.30 g of total lipids / 100 g of dry weight and 3.39 ± 0.08 g of total proteins / 100 g of weight dry, respectively. The highest phenolic content was for the ethanolic extract of the fruits with 20.82 ± 0.87 mg of GAE / g of dry extract. The highest total flavonoid content was for the ethanolic extract of the fruits with 134.36 ± 0.34 mg of CE / g of dry extract. The ethanolic extract of the fruit revealed the highest antioxidant capacity with $IC_{50} = 1.90$ mg / mL. All extracts evaluated for this species, there is no antibacterial activity against *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* and *Listeria monocytogenes*. Based on these results, the fruits of *C. ecuadorensis* can be considered as a nutritional supplement with a natural antioxidant potential.

Key words: Antioxidant activity, antibacterial activity, *Cucurbita ecuadorensis*.

* Correspondencia del autor:
E-mail: cas-1994@hotmail.com



Introducción

Las primeras culturas del Ecuador que datan del periodo precerámico, obtuvieron información de manera empírica sobre los usos alimenticios, medicinales, tóxicos y otras numerosas propiedades biológicas que poseen las plantas. (Naranjo y Escaleras, 1995; Valencia, 1995; de la Torre, Navarrete, Muriel, Macías y Balslev, 2008; Torri, 2013).

En las plantas se encuentran muchos compuestos químicos producto del metabolismo primario y secundario, estos son utilizados para insumos alimenticios por poseer propiedades antioxidantes, anticancerígenas antibacterianas, entre otras (Williams, Stone, Hauck y Rahman, 1989; Lock, 1998; Cano, Macías, Pereira, Dranguet, Guzmán y Calzada, 2009), que son valoradas en la industria farmacéutica, debido a que permiten desarrollar medicamentos provenientes de fuentes naturales, capaces de prevenir o mitigar enfermedades y/o contrarrestar agentes patógenos en los seres vivos (Naranjo y Escaleras, 1995; Bingham *et al.*, 1998; Paganga, Miller y Rice-Evans, 1999; Kuklinski, 2000; de la Torre, Navarrete, Muriel, Macías y Balslev, 2008).

Actualmente, la medicina tradicional es analizada y valorada gracias a la importancia de los compuestos químicos y las propiedades biológicas con potencial medicinal que nos brindan las plantas (Lock, 1998; Neill y Ulloa-Ulloa, 2011; Vogelsang, 2011; Quispillo, 2013; Bailon-Moscoso Romero-Benavides, Tinitana-Imaicela y Ostrosky-Wegman, 2015; Rivas, Oranday y Verde, 2016).

En el presente estudio se determinó la composición química mediante el tamizaje fitoquímico, la actividad antioxidante y antibacteriana en extractos etanólico y clorofórmico de *Cucurbita ecuadorensis* H.C. Cutler & Whitaker, una especie endémica de los bosques secos de la costa de Ecuador.

Materiales y métodos

Material biológico

Los frutos y hojas de *Cucurbita ecuadorensis* fueron colectados en la parroquia San Vicente, provincia de Manabí (0° 57' 49.8'' S, 80° 41' 41.83'' W), en la costa de Ecuador. La identificación botánica fue realizada por el M.Sc. Xavier Cornejo, curador del herbario GUAY de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil.

Procesamiento del material vegetal

Del material vegetal se obtuvieron dos tipos de extractos: etanólico y clorofórmico. El extracto etanólico se obtuvo mediante el secado y maceración de las hojas y del mesocarpio del fruto de *C. ecuadorensis*. Se colocó el material vegetal en un matraz con etanol al 99%, se dejó en reposo durante cinco días, en oscuridad a temperatura ambiente. Posteriormente, el extracto se concentró en un rotavapor Buchi r-3.

El extracto clorofórmico se obtuvo mediante una extracción líquido-líquido, se agregó en un embudo de decantación una solución de extracto etanólico del material vegetal y cloroformo a relación 1:1. Se dejó en reposo durante 24 h, la solución se separó en dos fases y se recogió la fase apolar clorofórmica. Posteriormente, el extracto se concentró en un rotavapor Buchi r-3.

Tamizaje fitoquímico

Se determinó la presencia de alcaloides, flavonoides, quinonas, antraquinonas, esteroides, triterpenos, saponinas, taninos y cumarinas mediante la metodología propuesta por Gudiel (2009) y Rondón (2017).

Determinación de alcaloides.

Se agregaron 2 mL de ácido clorhídrico al 5% a 10 mg de extracto seco.

Posteriormente, al extracto diluido se le añadieron 3 gotas de los reactivos Wagner, Mayer, Bouchardat y Dragendorff. Un precipitado rojo marrón (Wagner), precipitado de color blanco amarillento (Mayer), precipitado marrón (Bouchardat) y precipitado rojo anaranjado (Dragendorff), revela la presencia de alcaloides.

Determinación de flavonoides.

Prueba de Shinoda. Se añadieron 3 gotas de ácido clorhídrico concentrado a 2 mL de extracto diluido en alcohol etílico. La presencia del color naranja, rojo o magenta revela la presencia de flavonas y flavonoles, respectivamente.

Prueba de hidróxido de sodio (10%). A 1 mL de extracto diluido en alcohol etílico, fueron añadidos 3 gotas de hidróxido de sodio al 10%. La coloración amarillorosa, café-naranja, púrpura-roja o azul, indica la presencia de flavonas, flavonoles, chalconas y antocianinas, respectivamente.

Determinación de saponinas.

Prueba de la espuma. Se agregó 1 mL de agua destilada caliente a 20 mg del extracto etanólico en un tubo de ensayo, se agitó vigorosamente para formar espuma, se dejó en reposo durante 10 minutos. El contenido de saponinas se reportó de la siguiente manera: sin espuma (ausencia); espuma menos de 3 mm de alto (pobre); espuma de 6 mm de altura (moderada) y espuma de más de 8 mm de altura (abundante).

Determinación de quinonas y antraquinonas.

Prueba de Borntrager. Se trató con 3 mL de cloroformo a 3 mL de extracto, la capa de cloroformo se separó. Posteriormente se agregaron gotas de hidróxido de potasio al 5%. La aparición de color rojo en fase alcalina indicó la presencia de quinonas.

Prueba de hidróxido de amonio. A 2 mL de extracto disuelto en alcohol etílico se añadió una gota de hidróxido de amonio concentrado. Se dejó en reposo durante dos minutos, una formación de color rojo indicó la presencia de antraquinona.

Prueba de ácido sulfúrico. En 10 mg de extracto disuelto en alcohol etílico se añadió una gota de ácido sulfúrico concentrado, la formación de color rojo indicó la presencia de quinonas.

Determinación de esteroides y triterpenos.

Prueba de Salkowski. En 3 mL del extracto disuelto en alcohol etílico, se agregaron 2 mL de cloroformo y 1 mL de ácido sulfúrico concentrado lentamente hasta que se formó una doble fase. La presencia de color café pardo en la capa media indicó un anillo esteroideo.

Prueba Lieberman Bouchard. A 2 mL del extracto disuelto en alcohol etílico se agregó 1 mL de anhídrido acético y 3 gotas de ácido sulfúrico concentrado. Se dejó en reposo por 5 minutos, una capa intermedia de color azul-verde indicó esteroides, y el color rosado, rojo, magenta o violeta reveló la presencia de terpenoides.

Determinación de taninos.

Se disolvió 10 mg de extracto en 1 mL de etanol, seguido se añadió 4 gotas de solución acuosa de cloruro férrico al 10%. La formación de un color negro azulado o verdoso indicó la presencia de fenoles.

Determinación de cumarinas.

Se disolvió 10 mg de extracto seco en etanol. Se agregó 0.5 mL de agua destilada hirviendo. En un papel filtro se aplicó 2 manchas, a una mancha se agregó 1 gota de hidróxido de potasio al 10%. Se observó bajo luz ultravioleta en completa oscuridad. La fluorescencia azul o verde, reveló la presencia de cumarinas.

Cuantificación de carbohidratos, proteínas y lípidos

Se realizó la cuantificación de carbohidratos, lípidos y proteínas a la biomasa seca del fruto de *C. ecuadorensis*.

Extracción y cuantificación de carbohidratos totales.

Se utilizó el método de Fenol-sulfúrico propuesta por Dubois *et al.* (1956). A 10 mg de biomasa seca se añadieron 4 mL de NaOH 1M, Se agitó en vórtex y luego se sometieron las muestras en baño de maría a 95-100 °C por 1 hora. Se repartió 1 mL en tubos (triplicado). Se añadieron 25 µL de fenol al 80%. Se agregó 2,5 mL de ácido sulfúrico. Se repitió esta operación con todas las muestras y la curva patrón. Se dejó enfriar a temperatura ambiente durante 30 minutos, las muestras se leyeron a 484 nm bajo a curva de calibración de glucosa (200, 400, 600, 800, 1000 mg/ mL) antes de las 2 horas en un espectrofotómetro Multiskan GO.

Thermo Scientific. El contenido total de carbohidratos se expresó como mg de carbohidratos totales/100 g de peso seco.

Extracción y cuantificación de proteínas totales.

Se utilizó el método colorimétrico propuesto por Lowry *et al.* (1951). Se agregaron 2 mL de NaOH 1 M a 10 mg de biomasa seca, las muestras se sometieron a baño

de maría a 95-100 °C por 1 hora y se dejaron enfriar a temperatura ambiente. Luego se centrifugaron por 10 minutos a 4000 rpm, se transfirió 100 µL del sobrenadante a un tubo de ensayo (por triplicado), se añadieron 400 µL de agua destilada, 500 µL de NaOH 1M. Se añadieron 2 mL de la disolución de 50 mL de Na₂CO₃ al 5% con 2 mL Tartrato de sodio-potasio al 1% y CuSO₄ · 5 H₂O al 0,5%, tanto a las muestras a analizar como a la curva patrón y al blanco, se agitó para homogenizar. Después de 10 minutos, se añadió 400 µL del reactivo Folin-Ciocalteu con agua destilada 1:1, se agitó inmediatamente. Para finalizar se dejó en reposo 30 minutos a temperatura ambiente y leyó a 750 nm bajo a curva de calibración de albumina de suero de bovino (BSA) (15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150 mg/ mL) en un espectrofotómetro Multiskan GO Thermo Scientific. El contenido total de proteínas se expresó como mg de proteínas totales/100 g de peso seco.

Extracción y cuantificación de lípidos totales.

Se utilizó el método de carbonización simple propuesto por Folch *et al.* (1956). Se adicionó 1.5 mL de cloroformo y 3 mL de metanol a 10 mg de biomasa seca. Se almacenó a -4°C en oscuridad durante 24 horas. Posteriormente se centrifugó a 4000 rpm durante 10 min y se recolectó el sobrenadante. Se agregaron 1.5 mL de cloroformo y 2 mL de agua destilada. Se centrifugó nuevamente a 4000 rpm durante cinco minutos para separar la fase acuosa y orgánica. Se retiró la fase superior acuosa, posteriormente se evaporó la fase orgánica a 50°C durante 24 horas. Se resuspendió en 1 mL de cloroformo. Se tomó 500 µL de extracto lipídico resuspendido, se adicionó 2 mL de ácido sulfúrico concentrado y se llevó a 200°C durante 15 min, posteriormente se enfrió a -4°C durante 10 min. Se agregó 2 mL de agua destilada y se leyó a 375 nm bajo a una curva de calibración de tripalmitina (30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 mg/ mL) en un espectrofotómetro Multiskan GO.

Thermo Scientific. El contenido total de lípidos se expresó como mg de lípidos totales/ 100 g de peso seco.

Cuantificación de flavonoides y fenoles totales

Cuantificación de flavonoides totales.

Se aplicó el método colorimétrico de cloruro de aluminio propuesta por Zhishen *et al.* (1999). Se pesó 5 mg de los extractos etanólico y clorofórmico y se disolvieron en 5 mL de etanol absoluto. Se añadió una alícuota (0.25 mL) de extracto a un tubo de ensayo. Se agregó un 1 mL de H₂O destilada. Se añadió al tubo de ensayo 0.075 mL de NaNO₂ al 5%. Después de 6 minutos, se agregó 0,075 mL de AlCl₃ al 10%. Después de 5 minutos, 0.5 mL de NaOH 1 M y se completó el volumen total hasta 2.5 mL con H₂O. Se mezcló bien la solución. La absorbancia se midió frente a blanco de reactivo preparado a 510 nm, bajo a una solución estándar de Quercetina (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 mg/ mL) en un espectrofotómetro Multiskan GO Thermo Scientific. El contenido total

de flavonoides se expresó como mg equivalentes de quercetina (CE)/ g de masa fresca. Las muestras se analizan por triplicado.

Cuantificación de fenoles totales.

Se realizó el método de Folin-Cicalteou propuesta por Singleton *et al.* (1999). Se pesó 10 mg de los extractos etanólico y clorofórmico y se disolvieron en 2 mL de etanol absoluto. Se añadió una alícuota (150 mL) de extracto a un tubo de ensayo. Se agregó 75 mL de Folin-Cicalteou. Inmediatamente se agitó en vortex. Se esperó 10 minutos, en absoluta oscuridad. Se añadió 375 mL de la solución de Carbonato de sodio. Se agitó y guardó en absoluta oscuridad por 30 minutos. La absorbancia se midió frente a blanco de reactivo preparado a 760 nm bajo una solución estándar de Ácido gálico (30, 50, 80, 100, 120, 150, 180, 210 mg/ mL) en un espectrofotómetro Multiskan GO Thermo Scientific. El contenido total de flavonoides se expresó como mg equivalentes de ácido gálico (GAE)/ g de extracto seco. Las muestras se analizaron por triplicado.

Actividad Antioxidante

Se evaluó la actividad antioxidante mediante la técnica de eliminación de radicales libres de 2,2 difenil-1 picrilhidrazilo (DPPH) propuesta por Brand-Williams *et al.* (1995).

Preparación del DPPH y ácido ascórbico.

Se preparó una solución stock (A) de DPPH a 6×10^{-5} M diluida en metanol. Posteriormente, se preparó una solución stock (B), tomando 5 mL de la solución stock (A) diluido a 1 mL de metanol. Se preparó una solución de ácido ascórbico a 1 mM.

Preparación del extracto.

Se preparó una solución del extracto etanólico y clorofórmico del fruto y hoja de *C. ecuadorensis* a una concentración de 5 mg/mL.

Procedimiento.

Se colocó en un tubo de ensayo 100 μ L de la solución de cada extracto y 1400 μ L de la solución stock (B). Se dejó en oscuridad y tapados los tubos durante 30 minutos. Posteriormente, se midió las lecturas a 517 nm en un espectrofotómetro uv-visible BioMate 3S Thermo Scientific, utilizando como control negativo el metanol y control positivo el ácido ascórbico.

Cálculos del porcentaje de inhibición.

Se determinó el porcentaje de inhibición del DPPH mediante la fórmula:

$$\%I = \frac{\text{absorbancia del DPPH} - \text{Absorbancia muestra}}{\text{absorbancia del DPPH}} \times 100$$

El porcentaje de inhibición de los extractos fue mayor al 50 %, por lo tanto, se realizó una solución estándar con concentraciones de 2.5, 1.25, 0.75, 0.5, 0.2 mg/mL, para encontrar la mínima inhibitoria del 50% (IC_{50}). El porcentaje de inhibición de la solución de ácido ascórbico sirvió como patrón de

antioxidante para la comparación de los porcentajes de inhibiciones.

Actividad antibacteriana

Condiciones de cultivo

Se utilizó el medio de cultivo Müller-Hinton Agar a 30 °C durante 24 h, para los cultivos de tres bacterias Gram negativas (*Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 15442, *Vibrio parahaemolyticus* ATCC 17802) y tres Gram positivas (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* ATCC 6633, *Listeria monocytogenes* ATCC 19115).

Evaluación de la actividad antibacteriana

La actividad antibacteriana se llevó a cabo mediante el ensayo de difusión de disco propuesta por Bauer-Kirby (1966). Se diluyó las colonias de bacterias Gram positivas y Gram negativas en solución salina estéril al 0,9 %, se midieron las lecturas a 550 nm en un espectrofotómetro uv-visible BioMate 3S Thermo Scientific hasta que se obtuvo una turbidez a un estándar McFarland N °1 (300-8 CFU / mL).

Se tomó 200 μ L del inóculo bacteriano estandarizado al McFarland N °1 y se incubó en agar Muller-Hinton a 36 °C durante 24 h. Posteriormente, los extractos etanólicos de los frutos y hojas se diluyeron en etanol al 99% a una concentración de 200 ppm (200 mg/mL). Se usó etanol al 99% como control negativo y como control positivo antibióticos para cada bacteria Gram negativa y Gram positiva (tabla 1). Se adicionaron 20 μ L de cada solución de los extractos en un disco de filtro estéril individual de 6,35 mm y se colocaron en la superficie del agar Muller-Hinton previamente inoculado.

Los perímetros de la circunferencia de la zona de inhibición fue medida con un calibrador vernier digital posicionando la placa de Petri sobre un fondo oscuro.

Análisis estadístico

Se comparó el porcentaje de inhibición del DPPH en extractos etanólico y clorofórmico de las hojas y mesocarpio del fruto de *Cucurbita ecuadorensis*, frente al ácido ascórbico, realizando un test de Anova simple, mediante el paquete estadístico Statgraphics Plus.

Resultados

Tamizaje fitoquímico

El análisis fitoquímico de extractos etanólicos y clorofórmicos de los frutos y hojas de *Cucurbita ecuadorensis*, se realizó mediante varios ensayos químicos para identificar la presencia o ausencia de metabolitos secundarios como alcaloides, flavonoides, saponinas, quinonas, antraquinonas, triterpenoides, esteroides, taninos y cumarinas.

Los alcaloides fueron abundantes en todas las pruebas utilizadas en los extractos etanólicos y clorofórmicos de los frutos de *C. ecuadorensis*. No obstante, en ambos extractos de las hojas, los alcaloides se encontraron en menor proporción.

Tabla 1. Antibióticos utilizados como control positivo contra bacterias Gram negativas (*) y Gram positivas.

Antibiótico	Dosis	Bacteria	Cepa
Gentamicin® Oxoid™	(10µg)	<i>Escherichia coli</i> *	ATCC 25922
Tobramicina® Oxoid™	(10µg)	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> *	ATCC 15442
Tetracycline® Oxoid™	(30 µg)	<i>Vibrio parahaemolyticus</i> *	ATCC 17802
Ceftriaxone® Oxoid™	(30 µg)	<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC 25923
Sulfamethoxazole® Oxoid™	(25 µg)	<i>Bacillus subtilis</i> subsp. <i>Spizizenii</i>	ATCC 6633
Penicillin® G Oxoid™	(10µg)	<i>Listeria monocytogenes</i>	ATCC 19115

Los flavonoides fueron moderados en los extractos etanólicos y clorofórmicos de los frutos y hojas de *C. ecuadorensis*. Posiblemente corresponden a los flavonoles, el cual se evidenció tratando la muestra con una solución de hidróxido de sodio al 10% y se observó la formación de una coloración cafénaranja. Mientras que las saponinas, quinonas y antraquinonas se encontraron ausentes en todos los extractos evaluados (tablas 2 y 3).

En los extractos evaluados de los frutos y hojas de *C. ecuadorensis*, los compuestos fenólicos estuvieron presentes en pequeñas cantidades, posiblemente corresponden a los taninos condensados como el catecol, el cual se evidenció cuando se trató la muestra con una solución de cloruro férrico al 10% y se observó la formación de un precipitado marrón. Las cumarinas se encuentran en moderadas cantidades. Los esteroides proporcionan moderadas en los extractos fueron más abundantes en el extracto etanólicos de los frutos y hojas, mientras etanólico

de los frutos y moderados en el que en los extractos clorofórmicos de extracto etanólico de las hojas (tabla 2). estas partes aéreas, están en débiles.

Cuantificación de carbohidratos, lípidos y proteínas
 Se cuantificaron los carbohidratos, lípidos y proteínas totales en la biomasa seca del mesocarpio del fruto de *C. ecuadorensis*. Esta reveló concentraciones de 9.19 ± 0.25 g de carbohidratos totales/ 100 g de lípidos totales/ fruto de *Cucurbita ecuadorensis*. 100 g de peso seco y 3.39 ± 0.08 g de Proteínas totales/ 100 g de peso seco, respectivamente. La presencia de lípidos en el mesocarpio del fruto fue mayoritaria entre los metabolitos primarios evaluados (figura 1).

Cuantificación de fenoles y flavonoides totales

Cuantificación de fenoles totales
 Se determinó el contenido fenólico total del extracto etanólico y clorofórmico de los frutos y hojas de *C. ecuadorensis* por medio de una curva de calibración de

Tabla 2. Tamizaje fitoquímico de extractos etanólicos de los frutos y hojas de *Cucurbita ecuadorensis*.

Extractos etanólicos	Alcaloides				Flavonoides		Saponinas	Quinonas/Antraquinonas			Esteroles/Triterpenos		Taninos	Cumarinas
	RW	RM	RB	RD	RS	NaOH 10%	Espuma	RBg	NH ₄ OH 10%	H ₂ SO ₄	RS-L	RL-B	FeCl ₃ 10%	Luz UV
Frutos	+++	+++	+++	+++	-	++	-	-	-	+	+++	+	Negro	+++
Hojas	+	+	-	+	-	++	-	-	-	-	++	++	Negro	+

Claves: Ausente (-), Moderado (++) , Abundante (+++). Reactivo de Wagner (RW), Reactivo de Meyer (RM), Reactivo de Bouchardart (RB), Reactivo de Dragendorff (RD), Reactivo de Shinoda (RS), Reactivo de Borntreger (RBg), Reactivo de Salkoski (RS-L), Reactivo de Liberman Bouchard (RL-B).

Tabla 3. Tamizaje fitoquímico de extractos clorofórmicos de los frutos y hojas de *Cucurbita ecuadorensis*.

Extractos clorofórmicos	Alcaloides				Flavonoides		Saponinas	Quinonas/Antraquinonas			Esteroles/Triterpenos		Taninos	Cumarinas
	RW	RM	RB	RD	RS	NaOH 10%	Espuma	RBg	NH ₄ OH 10%	H ₂ SO ₄	RS-L	RL-B	FeCl ₃ 10%	Luz UV
Frutos	++	++	++	++	-	++	-	-	-	-	++	-	Negro	++
Hojas	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	+	+	Negro	+

Claves: Ausente (-), Moderado (++) , Abundante (+++). Reactivo de Wagner (RW), Reactivo de Meyer (RM), Reactivo de Bouchardart (RB), Reactivo de Dragendorff (RD), Reactivo de Shinoda (RS), Reactivo de Borntreger (RBg), Reactivo de Salkoski (RS-L), Reactivo de Liberman Bouchard (RL-B).

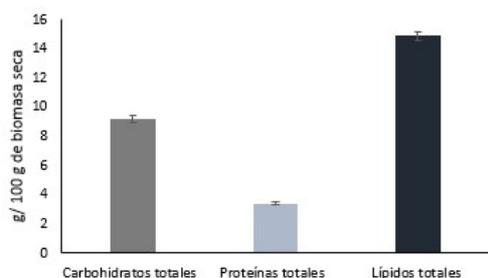


Figura 1. Contenidos totales de carbohidratos (■), proteínas (■) y lípidos (■), determinadas en la biomasa seca del mesocarpio del fruto de *Cucurbita ecuadorensis*.

ácido gálico (GAE), en la cual se obtuvo la ecuación de regresión lineal $y = 0.0071x + 0.0226$, $r^2 = 0.9961$ (figura 2).

Se observó que el extracto etanólico de los frutos de *C. ecuadorensis* posee el mayor contenido fenólico, con una concentración de 20.82 ± 0.87 mg GAE/ g de extracto seco, no obstante, el extracto clorofórmico de las hojas presentó el menor contenido fenólico de 5.44 ± 0.18 mg GAE/ g de peso seco (tabla 4).

Quantificación de flavonoides totales

Se determinó el contenido de flavonoides totales de los extractos etanólicos y clorofórmicos de los frutos y hojas por medio de una curva de calibración de quercetina (CE), en la cual se obtuvo la ecuación de regresión lineal $y = 0.00045x + 0.067$, $r^2 = 0.997$ (figura 3).

El mayor contenido de flavonoides de los extractos evaluados se encontró en el extracto etanólico de los frutos de *C. ecuadorensis*, con una concentración de 134.36 ± 0.34 mg CE/ g de extracto seco, no obstante, el extracto clorofórmico de las hojas presentó el menor contenido de flavonoides de 44.05 ± 1.65 mg CE/ g de extracto seco (tabla 5).

Actividad antioxidante

Las actividades antioxidantes (porcentaje de inhibición del radical DPPH) de los extractos etanólicos y clorofórmicos de los frutos y hojas fueron comparadas frente al ácido ascórbico. El ácido ascórbico obtuvo un 95.00 ± 0.0 % de inhibición de DPPH, semejante al extracto etanólico del fruto que reveló un 86.32 ± 1.49 % de inhibición del DPPH.

Seguido del extracto clorofórmico de los frutos con el 70.50 ± 0.10 % de inhibición, el extracto etanólico de las hojas con el 77.21 ± 0.11 % de inhibición; y el extracto clorofórmico de las hojas con el 66.91 ± 0.12 % de inhibición, siendo estos resultados considerables frente al ácido ascórbico (fig. 4).

Puesto que el p-valor del test de Anova simple fue inferior a 0.05, hubo diferencia significativa estadísticamente entre las medias de la actividad antioxidante entre los extractos evaluados de *C. ecuadorensis* y el ácido ascórbico, para un nivel de confianza del 95%. El extracto etanólico del fruto de *C. ecuadorensis* presentó una concentración de

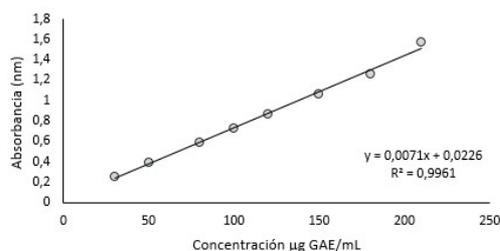


Figura 2. Curva de calibración de ácido gálico (GAE) para la determinación de contenidos de fenoles totales de los extractos etanólicos y clorofórmicos de los frutos y hojas de *Cucurbita ecuadorensis*.

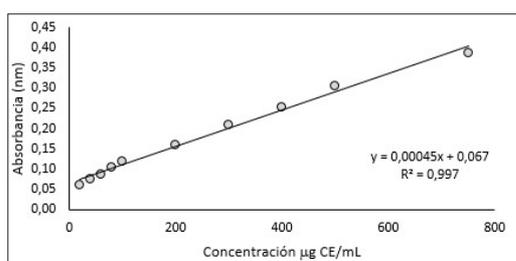


Figura 3. Curva de calibración de quercetina (CE) para la determinación de contenidos de flavonoides totales de los extractos etanólicos y clorofórmicos de los frutos y hojas de *Cucurbita ecuadorensis*.

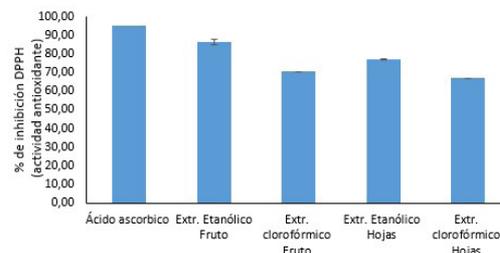


Figura 4. Actividad antioxidante de los extractos etanólicos y clorofórmicos de los frutos y hojas de *Cucurbita ecuadorensis* comparadas con el ácido ascórbico.

Tabla 4. Contenidos de fenoles totales determinados en los extractos etanólicos y clorofórmicos de los frutos y hojas de *Cucurbita ecuadorensis*.

Muestras	Fenoles totales (mg GAE/ g extracto seco)
Extracto etanólico de los frutos	20.82 ± 0.87
Extracto clorofórmico de los frutos	18.04 ± 0.75
Extracto etanólico de las hojas	10.79 ± 0.61
Extracto clorofórmico de las hojas	5.44 ± 0.18

Tabla 5. Contenidos de flavonoides totales determinadas en los extractos etanólicos y clorofórmicos de los frutos y hojas de *Cucurbita ecuadorensis*.

Muestras	Flavonoides totales (mg CE/ g extracto seco)
Extracto etanólico de los frutos	134.36 ± 0.34
Extracto clorofórmico de los frutos	132.38 ± 1.69
Extracto etanólico de las hojas	44.22 ± 0.59
Extracto clorofórmico de las hojas	44.05 ± 1.65

inhibición del 50% (IC₅₀) de 1.90 mg/mL, seguidos del extracto clorofórmico del fruto que presentó un IC₅₀ = 1.95 mg/mL, el extracto etanólico de las hojas presentó un IC₅₀ = 1.91 mg/mL, el extracto clorofórmico de las hojas presentó un IC₅₀ = 2.00 mg/mL (tabla 6).

Por otro lado, en la figura 5 se observa un estudio comparativo del contenido de flavonoides y fenoles totales con la actividad antioxidante. Los contenidos de fenoles totales expresados como mg equivalentes de ácido gálico (GAE)/ g de los extractos etanólicos y clorofórmicos del fruto de *C. ecuadorensis*, se encuentran relacionados con la actividad antioxidante los mencionados extractos. Sin embargo, la actividad antioxidante de los extractos etanólicos y clorofórmicos de las hojas no está relacionada con los contenidos de fenoles totales de dichos extractos.

Además, los contenidos totales de flavonoides expresados como mg equivalentes de quercetina (CE)/ g de los extractos etanólico y clorofórmico del fruto de *C. ecuadorensis*, no están relacionadas con la actividad antioxidante de dichos extractos (fig. 6). Sin embargo, la actividad antioxidante de los extractos etanólico y clorofórmico de las hojas está directamente relacionadas con los contenidos totales de los mencionados extractos (fig. 6).

Actividad antibacteriana

Los extractos etanólicos y clorofórmicos de los frutos y hojas de *C. ecuadorensis* no presentaron actividad antibacteriana contra las tres bacterias Gram negativas (*Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 15442, *Vibrio parahaemolyticus* ATCC 17802), y las tres Gram positivas ensayadas (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* ATCC 6633, *Listeria monocytogenes* ATCC 19115) (tabla 7).

Discusión

Tamizaje fitoquímico

Todos los extractos etanólicos y clorofórmicos de los frutos y hojas de *Cucurbita ecuadorensis* analizados, revelaron la presencia de alcaloides, flavonoides, taninos, triterpenos, esteroides y cumarinas, mientras

Tabla 6. Porcentaje de inhibición y IC₅₀ de los extractos etanólicos y clorofórmicos de los frutos y hojas de *Cucurbita ecuadorensis*.

Muestras	Capacidad antioxidante IC ₅₀ mg/mL
Ácido ascórbico	-
Extracto etanólico de los frutos	1.90
Extracto clorofórmico de los frutos	1.95
Extracto etanólico de las hojas	1.91
Extracto clorofórmico de las hojas	2.00

que las saponinas, quinonas y antraquinonas se encontraron ausentes. Estos metabolitos secundarios que podrían ser responsables a las propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas, antidiabéticas, antihipertensivas y antiparasitarias (De Tommasi, De Simone, Speranza y Pizza, 1999; Basch, Gabardi, y Ulbricht, 2003; Siciliano, De Tommasi, Morelli y Braca 2004; Pozner y Novara 2010; Khan, Hussain, Matjais, Zakaria y Khan, 2011; Okunrobo, Uwaya, Imafidon, Osarumwense y Omorodion, 2012; Yue, Xu, Cao, Zhang y Zhao, 2013; Noumedem *et al.*, 2013; Thiruvengadam y Ill-Chung, 2015).

La familia Cucurbitaceae es conocida debido a la presencia de saponinas (Karpagam, Varalakshmi, Bai y Gomathi, 2011; Gurav, Mondal, y Vijayakumar, 2014; Kushawaha, Chatterji, Yadav, y Watal, 2016); no obstante, en algunas especies del género *Cucurbita* se las encuentra con menor frecuencia o ausentes (Singh, 2012; Noumedem *et al.*, 2013; Salehi *et al.*, 2019). Por otro lado, los estudios sobre los contenidos de las quinonas y sus derivados en esta familia son escasos.

En todas las pruebas utilizadas en los extractos etanólicos y clorofórmicos de *C. ecuadorensis* se detectaron presencias considerables de alcaloides en los frutos, mientras que en las hojas los alcaloides se encuentran en menor proporción. Diversos estudios sobre el contenido de alcaloides presentes en el género *Cucurbita*, indican que la mayor proporción se encuentran en las semillas, las mismas que han sido estudiadas por ser los responsables de propiedades

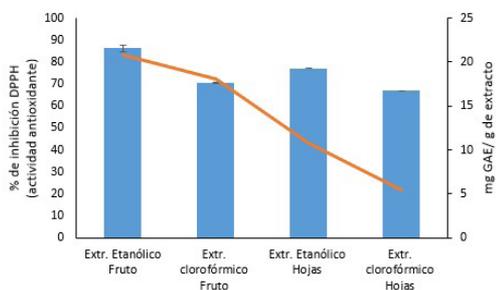


Figura 5. Comparación de los porcentajes de inhibición del DPPH (actividad antioxidante) frente a los contenidos de fenoles totales (mg GAE/ g; línea café) de los extractos etanólicos y clorofórmicos de los frutos y hojas de *Cucurbita ecuadorensis*.

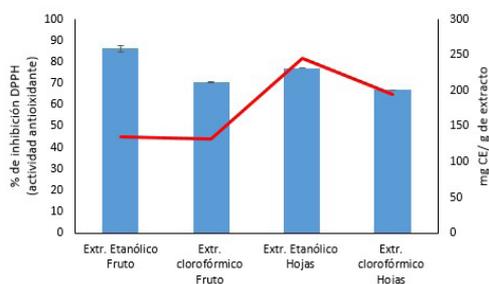


Figura 6. Comparación de los porcentajes de inhibición del DPPH (actividad antioxidante), frente a los contenidos de flavonoides totales (mg CE/ g; línea roja) de los extractos etanólicos y clorofórmicos de los frutos y hojas de *Cucurbita ecuadorensis*.

Tabla 7. Actividad antibacteriana contra tres bacterias Gram negativas (***) y tres Gram positivas (*).

BACTERIAS	Zona del halo de inhibición (mm)				Antibióticos de referencia
	Extractos etanólicos	FRUTOS HOJAS	FRUTOS HOJAS	CN	
** <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	NI	NI	NI	NI	22
** <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 15442	NI	NI	NI	NI	22
** <i>Vibrio parahaemolyticus</i> ATCC 17802	NI	NI	NI	NI	27
* <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	NI	NI	NI	NI	13
* <i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633	NI	NI	NI	NI	30
* <i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 19115	NI	NI	NI	NI	18

Claves: No presentó inhibición (NI), Gentamicin (CN) (10 µg), Tobramicina (TOB) (10µg), Tetracycline (TE) (30 µg), Ceftriaxone (CRO) (30 µg), Sulfamethoxazole (STX) (25 µg), Penicillin.

antibacterianas (Noumedem *et al.*, 2013; Kushawaha, Chatterji, Yadav, y Watal, 2016; Bahramsoltani *et al.*, 2017; Wang, Liu, Wang, Yu, Xu y Yang, 2017).

Los contenidos de flavonoides en los extractos etanólico y clorofórmico de los frutos y hojas de *C. ecuadorensis* fueron moderados, posiblemente corresponden a los flavonoles. Esto coincide con Iswaldi, Gómez, Lozano, Arráez, Segura y Fernández (2013), quienes mencionaron que los flavonoles como la quercetina y otros derivados responsables de la actividad antioxidante y antibacteriana en especies del género *Cucurbita*.

En el extracto etanólico y clorofórmico de los frutos y hojas de *C. ecuadorensis*, los compuestos fenólicos fueron pocos frecuentes, estos posiblemente corresponden a los taninos condensados como el catecol. Sin embargo, Salehi *et al.*, 2019 mencionan que los taninos y otros derivados, son abundantes en algunas especies del género *Cucurbita*.

Los triterpenos estuvieron presentes en moderadas proporciones en los extractos etanólicos y clorofórmicos de los frutos de *C. ecuadorensis*. Este metabolito, podría estar relacionado con la presencia del cucurbitano o cucurbitacina, un triterpenoide localizado en los frutos de esta familia responsable de las propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, además es el responsable del sabor amargo en los frutos, lo cual es apetecible por equinos (Kunoshima *et al.*, 1994; Lira, 1995; Dandawate, Subramaniam, Padhye y Anant, 2016), esto podría explicar el uso de los frutos de *C. ecuadorensis* en caso de afecciones de la piel y su consumo por equinos en Ecuador (de la Torre *et al.*, 2008).

En los extractos etanólicos de los frutos y hojas de *C. ecuadorensis*, las cumarinas se encuentran en proporciones moderadas, mientras que en los extractos clorofórmicos de estas partes aéreas se encuentran en débiles proporciones. Esta variación de cumarinas en ambos extractos podría estar relacionados al tipo de solvente orgánico que se ha

utilizado, debido a que éste compuesto es soluble en solventes polares como el etanol, mientras que en solventes apolares como el cloroformo mantiene su proporción (Dominguez, 1973).

No todas las familias del reino vegetal poseen cumarinas, sin embargo, en Cucurbitaceae este compuesto se encuentra distribuido en hojas y frutos. Estas son de gran interés por sus propiedades terapéuticas, vasodilatadoras, antitumorales, espasmolíticas, alelopáticas y antioxidantes (Dominguez, 1973; Jain y Joshi, 2012). No obstante, los registros de cumarinas en especies del género *Cucurbita* son muy escasos.

Contenidos totales de carbohidratos, lípidos y proteínas

Como producto del metabolismo primario se encuentran los carbohidratos, lípidos y proteínas. Con el consumo adecuado, estos metabolitos pueden ser beneficiosos para el ser humano, además poseen una gran importancia en el campo biotecnológico, debido a que permiten innovar nuevos suplementos alimenticios de origen natural para producciones industriales (Petiard y Bariaud-Fontanel, 1987; Rivas, Oranday y Verde, 2016; Fang, Fernie y Luo, 2018).

Los frutos de *Cucurbita ecuadorensis* contienen un elevado valor nutricional y exhiben diferencias marcadas en cuanto a las concentraciones de carbohidratos, lípidos y proteínas totales, en comparación con otras conocidas especies de Cucurbitaceae de uso alimenticio y medicinal (tabla 8).

El elevado valor nutricional registrado en los frutos de *C. ecuadorensis* (Tabla 8) concuerda con Piperno, Andres y Stothert (2000); Pickersgill (2007); Stothert (2011), el cual mencionan que esta especie fue semidomesticada y utilizada como alimento por habitantes de la cultura Las Vegas, hasta su posterior remplazo por *Cucurbita moschata*, presumiblemente porque posee un sabor más agradable.

Tabla 8. Tabla comparativa de los contenidos totales de carbohidratos, lípidos y proteínas de los frutos de *Cucurbita ecuadorensis* con los frutos de las especies de Cucurbitaceae de uso alimenticio y/o medicinal

Frutos	g de carbohidratos totales/ 100 g de peso seco	g de lípidos totales/ 100 g de peso seco	g de proteínas/ 100 g de peso seco	Fuente
<i>Cucurbita ecuadorensis</i>	9.19 ± 0.25	14.90 ± 0.30	3.39 ± 0.08	Autor
<i>Citrullus lanatus</i> (sandía)	4.50	0.15	0.40	Valero, Rodríguez, Ruiz y Ávila (2018)
<i>Cucumis melo</i> (melón)	6.00	0.00	0.60	
<i>Cucumis sativus</i> (pepino)	1.90	2.00	0.70	
<i>Cucurbita pepo</i> (calabacín)	2.20	0.20	0.65	
<i>Cucurbita moschata</i>	1.90	0.16	0.97	Jacobo, Maróstica, Zazueta y Gallegos (2011)
<i>Cucurbita maxima</i> (zapallo)	2.10	0.25	0.70	Ortega (2013); Estrada, Sánchez y Alcántar (2018)
<i>Cucurbita ficifolia</i> (zambo)	4.40	0.30	0.40	
<i>Momordica charantia</i> (achochilla)	4.80	0.18	0.15	Semeniuk, Bela, Vonka, Romero y Núñez (2018)

Los altos contenidos de lípidos totales que posee el mesocarpio de los frutos de *C. ecuadorensis*, sugieren su uso como antihipercolesterolemicos debido a que los triterpenos podrían inhibir los componentes lipídicos, y reducir las concentraciones de colesterol en la absorción del intestino delgado (Plat *et al.*, 2019).

Contenidos totales de fenoles y flavonoides

Contenidos de fenoles totales

Los fenoles son de estructura compleja con grupos hidroxilos adheridos a proteínas o a leves cantidades de iones de hierro, presentan una amplia distribución en cualquier parte aérea de una planta, poseen propiedades astringentes, vasoconstrictoras, antibacterianas y antiinflamatorias (García y Carril, 2009; Sieniawska y Baj, 2017).

Los extractos etanólico y clorofórmico de los frutos de *Cucurbita ecuadorensis* mostraron 20.82 ± 0.87 mg de GAE /g de extracto seco y 18.04 ± 0.75 mg de GAE /g de extracto seco, respectivamente. Estas concentraciones de fenoles totales están entre las más altas comparadas con el de otras especies en el mismo género; los contenidos fenólicos son solamente comparables a los de *Cucurbita moschata* (tabla 9). Las elevadas concentraciones de contenidos fenólicos de esta especie al tener relación con la actividad antioxidante en los frutos, son uno de los metabolitos responsables de dicha actividad.

Los extractos etanólico y clorofórmico de las hojas de *Cucurbita ecuadorensis* mostraron contenidos fenólicos totales de 10.79 ± 0.61 mg de GAE/ g de extracto seco y 5.44 ± 0.18 mg de GAE / g de extracto seco. Por lo tanto se podría considerar que este es el primer registro de los contenidos fenólicos totales en extractos etanólicos y cloroformicos de las hojas de una especie de este género.

Contenidos de flavonoides totales

Los flavonoides son pigmentos conformados por compuestos fenólicos que se encuentran en todas las partes aéreas del reino vegetal; son metabolitos de interés debido a sus potenciales propiedades antioxidantes, anticancerígenas, antiinflamatorias (Singleton *et al.*, 1999; Zhishen *et al.*, 1999; Rondón *et al.*, 2017).

Los extractos etanólico y clorofórmico de los frutos de *Cucurbita ecuadorensis* presentaron 134.36 ± 0.34 mg de CE/ g de extracto seco y 132.38 ± 1.69 mg de CE/ g de extracto seco. Estas concentraciones de fenoles totales están entre las más altas comparadas con dos especies del mismo género (tabla 10).

Los extractos etanólico y clorofórmico de las hojas de *Cucurbita ecuadorensis* mostraron contenidos de flavonoides totales de 44.22 ± 0.59 mg de CE/ g de extracto seco y 44.05 ± 1.65 mg de CE / g de extracto seco. Estas concentraciones de fenoles totales están entre las más altas comparadas con el de otras especies del mismo género (tabla 11).

Actividad antioxidante

A pesar de que hubo diferencia significativa estadísticamente entre los extractos evaluados de *C. ecuadorensis* y el ácido ascórbico, el porcentaje de inhibición del radical DPPH en el extracto etanólico de los frutos fue de 86.32%, cercano al del ácido ascórbico (Vitamina C) que obtuvo un porcentaje del 95.00%.

La actividad antioxidante de los frutos de *C. ecuadorensis* poseen un 86.32 ± 1.49 % de inhibición del DPPH, con un $IC_{50} = 1.90$ mg/mL. Esta propiedad está relacionada con los contenidos de fenoles totales presentes en los frutos y coincide con Bahramsoltani *et al.* (2017), quienes mencionaron que los contenidos de fenoles totales de los frutos atribuyen a la actividad antioxidante. Estos resultados están entre las más altas comparadas con el de otras especies en el mismo género (Tabla 12).

Adicionalmente, las hojas de *C. ecuadorensis* poseen un 77.21 ± 0.11 % de inhibición del DPPH con un $IC_{50} = 1.91$ mg/mL. Estos resultados demuestran la actividad antioxidante presente en hojas de *C. ecuadorensis*, esta propiedad está relacionada con los contenidos de flavonoides totales de dichos extractos y coinciden con Moyo, Amoo, Ncube, Ndhlala, Finnie, y Van Staden (2013), quienes indican que los contenidos de flavonoides totales están relacionados con la actividad antioxidante de los frutos en *Cucurbita maxima*. Estos resultados están por debajo comparadas con el de otras especies en el mismo género que presentaron triterpenos, esteroides y otros compuestos bioactivos en mayores proporciones (Tabla 13).

Actividad antibacteriana

A pesar de que los extractos de *C. ecuadorensis* poseen alcaloides en todas las pruebas utilizadas, no presentaron actividad antibacteriana contra *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* y *Listeria monocytogenes*.

La causa podría ser la ausencia de otros compuestos con actividad antibacteriana como quinonas, antraquinonas y saponinas, debido a que estas sustancias desestabilizan la membrana y se adhieren a polipéptidos de la pared celular de las bacterias que inactivan o inhiben la función de las enzimas o de las proteínas, ocasionando complejos irreversibles en su estructura (Ravishankar *et al.*, 2012; Singh, 2012; Rivas, Oranday y Verde, 2016).

Adicionalmente, ambos extractos de las hojas de *C. ecuadorensis* tampoco poseen actividad antibacteriana contra las bacterias *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* y *Listeria monocytogenes*. Este resultado coincide con Castillo, Molineras, Campo, y Bettin (2017), quienes mencionan que el extracto etanólico de las hojas de *Cucurbita moschata* no posee actividad antibacteriana contra *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae*.

Tabla 9. Tabla comparativa de los contenidos de fenoles totales en los frutos de *Cucurbita ecuadorensis* con los frutos de algunas especies de *Cucurbita* de uso alimenticio y/o medicinal.

Material vegetal	Fenoles totales (mg de GAE/ g de extracto seco)		Fuente
Frutos	Extracto etanólico	Extracto clorofórmico	
<i>Cucurbita ecuadorensis</i>	20.82 ± 0.87	18.04 ± 0.75	Autor
<i>Cucurbita moschata</i>	22.92 ± 1.06	S/D	Jacobo, Maróstica, Zazueta y Gallegos (2011)
<i>Cucurbita maxima</i>	7.34 ± 0.4	S/D	Deng, Lin, Xu, X, Gao, Xie, y Li (2013); Gurav, Mondal, y Vijayakumar (2014)
<i>Cucurbita pepo</i>	4.99 ± 0.29	S/D	

Claves: Sin datos (S/D)

Tabla 10. Tabla comparativa de los contenidos de Flavonoides totales en los frutos de *Cucurbita ecuadorensis* con los frutos de algunas especies de *Cucurbita* de uso alimenticio y/o medicinal

Material vegetal	Flavonoides totales (mg de CE/ g de extracto seco)		Fuente
Frutos	Extracto etanólico	Extracto clorofórmico	
<i>Cucurbita ecuadorensis</i>	134.36 ± 0.34	132.38 ± 1.69	Autor
<i>Cucurbita moschata</i>	77.77 ± 1.82	S/D	Valenzuela, Cravzov, Soro, Tauguinas, Giménez y Gruszycki (2014)
<i>Cucurbita maxima</i>	80.14 ± 0.18	S/D	Kushawaha, Chatterji, Yadav, y Watal (2016)

Claves: Sin datos (S/D)

Tabla 11. Tabla comparativa de los contenidos de Flavonoides totales en las hojas de *Cucurbita ecuadorensis* con las hojas de algunas especies de *Cucurbita* de uso alimenticio y/o medicinal

Material vegetal	Flavonoides totales (mg de CE/ g de extracto seco)		Fuente
Hojas	Extracto etanólico	Extracto clorofórmico	
<i>Cucurbita ecuadorensis</i>	44.22 ± 0.59	44.05 ± 1.65	Autor
<i>Cucurbita maxima</i>	26.50 ± 1.40	S/D	Saha, Mazumder y Haldar (2011)
<i>Cucurbita pepo</i>	25.43	S/D	Koh, Lu, y Zhou (2019)

Claves: Sin datos (S/D)

Tabla 12. Tabla comparativa de la actividad y capacidad antioxidante de los frutos de *Cucurbita ecuadorensis* con los frutos de algunas especies de *Cucurbita* de uso alimenticio y/o medicinal

Material vegetal	Actividad antioxidante	Capacidad antioxidante	Fuente
Frutos	Porcentaje de inhibición (%)	IC ₅₀ (mg/mL)	
<i>Cucurbita ecuadorensis</i>	86.32 ± 1.49	1.90 ± 0.14	Autor
<i>Cucurbita maxima</i>	29.60	4.07	Valenzuela, Cravzov, Soro, Tauguinas, Giménez y Gruszycki (2014); Indrianiingsih, Rosyida, Apriyana, Hayati, Nisa, Darsih, Kusumaningrum, Rath y Indriyati (2019)
<i>Cucurbita moschata</i>	23.85	4.02	Bahramsoltani et al. (2017); Indrianiingsih, Rosyida, Apriyana, Hayati, Nisa, Darsih, Kusumaningrum, Rath y Indriyati (2019)

Tabla 13. Tabla comparativa de la actividad y capacidad antioxidante en las hojas de *Cucurbita ecuadorensis* con las hojas de algunas especies de *Cucurbita* de uso alimenticio y/o medicinal

Material vegetal	Actividad antioxidante	Capacidad antioxidante	Fuente
Hojas	Porcentaje de inhibición (%)	IC ₅₀ (mg/mL)	
<i>Cucurbita ecuadorensis</i>	77.21 ± 0.11	1.91	Autor
<i>Cucurbita pepo</i>	84.28	0.49	Dar, Farman, Dar, Khan, Munnir, Rasheed y Waqas (2017)
<i>Cucurbita maxima</i>	85.15	0.47	Yenda, V-Rao y Rao (2014)

Tabla 14. Tabla comparativa de la actividad antibacteriana de los frutos de *Cucurbita ecuadorensis* con los frutos de algunas especies de *Cucurbita* de uso alimenticio y/o medicinal.

Especie	Inhibición de crecimiento	
	Bacterias	Fuente
<i>Cucurbita ecuadorensis</i>	NI	Autor
<i>Cucurbita moschata</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Pichia fermentans</i> y <i>Staphylococcus aureus</i>	Wang, Liu, Wang, Yu, Xu y Yang (2017); Salehi et al. (2019)
<i>Cucurbita pepo</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Enterobacter aerogenes</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> y <i>Providencia stuartii</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Magassouba et al. (2010); Noumedem et al. (2013)
<i>Cucurbita maxima</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Bacillus subtilis</i> y <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Staphylococcus wernerii</i> , <i>Pseudomonas putida</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> y <i>Klebsiella pneumoniae</i>	Ravishankar et al. (2012); Singh (2012)

Claves: No presentó inhibición (NI).

Por el contrario, El-Aziz, El-Kalek y City (2011), reportan que el extracto etanólico de las hojas de *Cucurbita pepo* inhibe el crecimiento de las cepas de *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae*.

Los resultados de la actividad antibacteriana de los extractos evaluados, difieren con numerosos estudios realizados de los frutos de varias especies del género *Cucurbita*. Es decir, la mayoría de las especies de este género se caracterizan por inhibir el crecimiento de las cepas de *Klebsiella pneumoniae*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella* spp., *Pseudomonas fluorescens*, *Staphylococcus aureus* y *Vibrio cholerae* (Noumedem et al., 2013; Kushawaha, Chatterji, Yadav, y Watal, 2016; Bahramsoltani et al., 2017; Wang, Liu, Wang, Yu, Xu y Yang, 2017; Salehi et al., 2019). Por lo tanto, se considera que *C. ecuadorensis* podría ser la única especie de este género que no posee actividad antibacteriana en los frutos y hojas (tabla 14).

Conclusiones

Es importante evaluar las propiedades terapéuticas de las plantas con usos etnobotánicos, a través de técnicas científicas que permitan proporcionar información sobre las especies de plantas que poseen potenciales terapéuticos que aportan uno o varios beneficios para la salud.

Según la bibliografía, este trabajo podría considerarse como el primer registro sobre el tamizaje fitoquímico, los contenidos totales de carbohidratos, lípidos y proteínas, los contenidos totales de fenoles y flavonoides, la actividad antioxidante y la actividad antibacteriana de los extractos etanólicos y clorofórmicos de los frutos y hojas de *Cucurbita ecuadorensis*. Los extractos etanólicos y clorofórmicos de los frutos y hojas de esta especie revelaron la mayoría de los metabolitos secundarios. Sin embargo, es importante destacar que los taninos, flavonoides, triterpenos, esteroides y cumarinas fueron los compuestos que contribuyen con la eliminación de radicales libres (actividad antioxidante). Los extractos evaluados de los frutos de *Cucurbita ecuadorensis* poseen un gran potencial de actividad antioxidante siendo cercanos a la propiedad antioxidante del ácido ascórbico (vitamina C).

El mesocarpio del fruto de *Cucurbita ecuadorensis* posee altos contenidos de carbohidratos, lípidos y proteínas, en comparación con los componentes nutricionales de los frutos de otras especies de la familia Cucurbitaceae, que son mayormente consumidos en el Ecuador y que poseen una alta demanda alimenticia a nivel mundial, como: *Citrullus lanatus* (sandía), *Cucumis melo* (melón), *Cucumis sativus* (pepino), *Momordica charantia* (achochilla), *Cucurbita maxima* (zapallo) y *Cucurbita ficifolia* (zambo).

Los altos contenidos de lípidos totales que posee el mesocarpio de los frutos de *C. ecuadorensis*, y el hecho de que los triterpenos podrían inhibir los componentes lipídicos, y reducir las concentraciones de colesterol en la absorción del intestino delgado (op. cit.), indican la factibilidad de poder realizar ensayos de consumo de los frutos de esta especie por sus propiedades medicinales, para contribuir a regular los elevados niveles de colesterol en seres humanos.

La actividad antibacteriana no fue satisfactoria en todos los extractos evaluados.

Esta investigación reporta importante información sobre el elevado potencial antioxidante y nutricional que poseen los frutos de *Cucurbita ecuadorensis*, por lo que podría considerarse como un efectivo suplemento nutricional con un gran potencial antioxidante natural.

Referencias

Bahramsoltani et al. (2017). Evaluation of phytochemicals, antioxidant and burn wound healing activities of *Cucurbita moschata* Duchesne fruit peel. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 20: 798.

Bailon-Moscoco, N., Romero-Benavides, J., Tinitana-Imaicela, F. y Ostrosky-Wegman, P. (2015). Medicinal plants of Ecuador: a review of plants with anticancer potential and their chemical composition. *Medicinal Chemistry Research*, 24: 22832296.

Basch, E., Gabardi, S., y Ulbricht, C. (2003). Bitter melon (*Momordica charantia*): A review of efficacy and safety.

Am. J. Health-Syst. Pharm., 65: 356-359.

Bingham, S., Atkinson, C., Liggins, J., Bluck, L. y Cobarde, A. (1998). Fitoestrógenos: ¿Somos ahora? *Br. J. Nutr.*, 79: 393-406.

Blanco, M. T., Font, R., Martínez, D., y Del Río, M. (2015). Diversity of natural pigments and phytochemical compounds from exocarp and mesocarp of 27 *Cucurbita pepo* accessions. *Scientia Horticulturae*, 197: 357-365. doi:10.1016/j.scienta.2015.09.064

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. y Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1): 25-30.

Cano, D., Macías, C., Pereira, E., Dranguet, Y., Guzmán, V y Calzada, A. (2009). *Farmacología de las plantas medicinales*. Facultad de ciencias Médicas. Cuba. 1-13 pp.

Clinical and Laboratory Standards Institute. CLSI, 2016. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing; Sixteenth informational supplement. Methods for dilution antimicrobial susceptibility test for bacteria that grow aerobically; Approved standard. M7-A7. Clinical and Laboratory Standards Institute, Wayne, PA.

Cutler, H. C y Whitaker, T. W. (1968). A New Species of *Cucurbita* from Ecuador. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 55: 392-396.

de la Torre, L., Muriel, P. y Balslev, H. (2006). Etnobotánica en los Andes del Ecuador. Universidad Mayor de San Andrés. 246-267.

de la Torre, L., H. Navarrete, P. Muriel., M. J. Macía y H. Baslev (eds.). (2008). Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador. Herbario QCA de la escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Herbario AAU del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Aarhus. Quito & Aarhus.

Dandawate, P. R., Subramaniam, D., Padhye, S. B., y Anant, S. (2016). Bitter melon: a panacea for inflammation and cancer. *Chinese journal of natural medicines*, 14(2), 81100.

Dar, P., Farman, M., Dar, A., Khan, Z., Munnir, R., Rasheed, A y Waqas, U. (2017). Evaluation of antioxidant potential and comparative analysis of antimicrobial activity of various extracts of *Cucurbita pepo* L. leaves. *Journal of Agricultural Science and Food Technology*. 3 (6). 103-109.

Deng, G.-F., Lin, X., Xu, X.-R., Gao, L.L., Xie, J.-F., y Li, H.-B. (2013). Antioxidant capacities and total phenolic contents of 56 vegetables. *Journal of Functional Foods*, 5(1), 260-266. doi:10.1016/j.jff.2012.10.015

De Tommasi, N., De Simone, F., Speranza, G. y Pizza, C. (1999). Studies on the Constituents of *Cyclanthera pedata* Fruits: Isolation and Structure Elucidation of New Triterpenoid Saponins. *American Chemical Society*. Italy. 47, 4512-4519.

Dubois, M., Gilles, K., Hamilton, J., Rebers, P y Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Ann. Chem.*, 28: 350-356.

El-Aziz, A. B., El-Kalek, H. A. y City, N. (2011). Antimicrobial proteins and oil seeds from pumpkin (*Cucurbita moschata*). *Nature and Science*, 9(3), 105-119.

Estrada, C., Sánchez, M., Alcántar J. (2018). Caracterización parcial del chilacayote (*Cucurbita ficifolia* Bouché), como alternativa de uso industrial para la región Cañada de Oaxaca. Universidad de Papaloapam. vol. 22 número 66.

Fang, C., Fernie, R., y Luo, J. (2018). Exploring the diversity of plant metabolism. *trends in plant science*. doi:10.1016/j.tplants.2018.09.006

García, A y Carril, E. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (biología)*. Madrid. 2(3).

Gudiel, L. (2009). Evaluación Fitoquímica y actividad antioxidante de *Polypodium triseriale* Sw. (calahuala). Trabajo de tesis. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Gurav, A., Mondal, D. B., y Vijayakumar, H. (2014). In vitro

- qualitative and quantitative phytochemical analysis of ethanolic and 50% ethanolic extracts of *Tinospora cordifolia*, *Momordica charantia*, *Cucurbita maxima* and *Raphanus sativus*. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 5(5), 1937.
- Indrianingsih, A. W., Rosyida, V. T., Apriyana, W., Hayati, S. N., Nisa, K., Darsih, C., Kusumaningrum, A., Ratih, D y Indirayati, N. (2019). Comparisons of antioxidant activities of two varieties of pumpkin (*Cucurbita moschata* and *Cucurbita maxima*) extracts. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 251, No. 1, p. 012021). IOP Publishing.
- Iswaldi, I., Gómez, A., Lozano, J., Arráez, D., Segura, A., y Fernández, A. (2013). Profiling of phenolic and other polar compounds in zucchini (*Cucurbita pepo* L.) by reversephase high-performance liquid chromatography coupled to quadrupole time-of-flight mass spectrometry. *Food Research International*, 50(1), 77-84.
- Jacobo, N., Maróstica, M. R., Zazueta, J. J., y Gallegos, J. (2011). Physicochemical, technological properties, and health-benefits of *Cucurbita moschata* Duchense vs. Cehualca; a Review. *Food Research International*. 25872593 pp.
- Jain, P y Joshi, H. (2012). Coumarin: Chemical and Pharmacological Profile. *Journal of applied pharmaceutical science*, 02 (06), 236-240.
- Jørgensen, P y León-Yáñez, S. (1999). Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador. *Missouri Botanical Garden Press*, U.S.A., p. 1181.
- Karpagam, T., Varalakshmi, B., Bai, J. S., y Gomathi, S. (2011). Effect of different doses of *Cucurbita pepo* Linn extract as an antiinflammatory and analgesic nutraceutical agent on inflamed rats. *IJPRD* 2011, 3:184-192.
- Khan, M. S., Hussain, S. A., Matjais, A. M., Zakaria, Z. A., y Khan, M. (2011). Antilucer activity of *Ficus religiosa* stem back ethanolic extract in rats. *J. Med. Plant. Res* 5(3): 354-359.
- Konoshima, T et al. (1994). Inhibitory effects of cucurbitane triterpenoids on Epstein-Barr virus activation and two-stage carcinogenesis of skin tumors. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 17(5), 668-671.
- Koh, H. S. A., Lu, J., y Zhou, W. (2019). Structure characterization and antioxidant activity of fucoidan isolated from *Undaria pinnatifida* grown in New Zealand. *Carbohydrate polymers*, 212, 178-185.
- Kuklinski, C. (2000). *Farmacognosia. Estudio de las drogas y sustancias medicamentosas de origen natural*. 1ª ed. Ed. Ediciones Omega S.A. España.
- Kushawaha, D. K., Chatterji, S., Yadav, M., y Watal, G. (2016). Antimicrobial potential and preliminary phytochemical evaluation of *Cucurbita maxima* seeds. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 7, 578-582.
- Lira, R. (1995). Estudios Taxonómicos y Ecogeográficos de las Cucurbitaceae Latinoamericanas de Importancia Económica: *Cucurbita*, *Sechium*, *Sicana* y *Cyclanthera*. Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Gene Pools.9. *International Plant Genetic Resources Institute*. Rome, Italy. 281p.
- Lock, O. (1998). Investigación Fitoquímica. 1ª ed. Ed. Pontificia Universidad Católica del Perú. Domínguez X. Métodos de Investigación Fitoquímica. 1ª ed. pp 1-3.
- Lowry O., Rosenbrough H., Farr A. y Randall R. (1951). Protein measurement with the folinphenol reagent. *J. Biol. Biochem.*, 193: 265-275.
- Magassouba, F et al. (2010). Corrigendum to "Ethnobotanical survey and antibacterial activity of some plants used in Guinean traditional medicine" [Journal of Ethnopharmacology 114 (1) (2007) 44-53]. *Journal of Ethnopharmacology*, 128(3), 705-708.
- Moyo, M., Amoo, S. O., Ncube, B., Ndhkala, A. R., Finnie, J. F., y Van Staden, J. (2013). Phytochemical and antioxidant properties of unconventional leafy vegetables consumed in southern Africa. *South African Journal of Botany*, 84, 65-71. doi:10.1016/j.sajb.2012.09.010
- Neill, D.A., Ulloa-Ulloa, C., 2011. Adiciones a la Flora de Ecuador: Segundo Suplemento, 2005-2010. *Fundación Jatun Sacha*, Quito-Ecuador.
- Noumedem, J. A. K., Mihan, M., Lacmata, S. T., Stefan, M., Kuate, J. R. y Kuete, V. (2013). Antibacterial activities of the methanol extracts of ten Cameroonian vegetables against Gram-negative multidrug-resistant bacteria. *BMC Complementary and Alternative Medicine*. 1-9pp.
- Okunrobo O. L., Uwaya, O. J., Imafidon, E. K., Osarumwense, O. P., y Omorodion E. J. (2012). Quantitative determination, Metal analysis and Antilucer evaluation of Methanol seeds extract of *Citrullus lanatus* Thunb (Cucurbitaceae) in Rats. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*. Benin-Nigeria. S8045808.
- Ortega, D. (2013). Utilización de la pulpa de zambo (*Cucurbita ficifolia*) en la elaboración de compotas como suplemento alimenticio infantil. Internet. <http://dspace.ucaecue.edu.ec/bitstream/reducacue/5403/4/Utilizaci%C3%B3n%20de%20la%20pulpa%20de%20zambo>, 20.
- Paganga, G., Miller, N y Rice-Evans, C. (1999). El contenido polifenólico de frutas y hortalizas y sus actividades antioxidantes. ¿Qué constituye una porción? *Radix libre*. Res. 30: 153-162.
- Petiard, V y Bariaud-Fontanel, A. (1987). El cultivo de células. *Mundo Científico* 7: 730-736.
- Pickersgill, B. (2007). Domestication of Plants in the Americas: Insights from Mendelian and Molecular Genetics. *Annals of Botany* 100: 925-940. doi:10.1093/aob/mcm193.
- Piperno, D. R., Andres, T. C., y Stothert, K. E. (2000). Phytoliths in *Cucurbita* and other Neotropical Cucurbitaceae and their Occurrence in Early Archaeological Sites from the Lowland American Tropics. *Journal of Archaeological Science*. 27:193-208.
- Plat, J et al (2019). Plant-based sterols and stanols in health y disease: "Consequences of human development in a plant-based environment?" *Progress in Lipid Research*. doi:10.1016/j.plipres.2019.02.003
- Pozner, R., y Novara, L. (2010). Cucurbitaceae. *Aportes Botánicos de Salta-Serie Flora*, 9(8), 1-57.
- Quispillo, J. (2013). Separación, purificación y posible identificación de metabolitos secundarios del escobillón rojo (*Callistemon speciosus*). Tesis de Grado. Riobamba-Ecuador.
- Ravishankar, K et al. (2012). Preliminary phytochemical screening and in-vitro antibacterial activity of *Cucurbita maxima* seed extract". *International journal of research in pharmacy and chemistry*, 2(1), 86-91.
- Rivas, C., Oranday, M. A., y Verde, M. J. (2016). Investigación en plantas de importancia médica. *Omnia Science*.
- Rondón, M et al. (2017). Preliminary phytochemical screening, total phenolic content and antibacterial activity of thirteen native species from Guayas province Ecuador. *Journal of King Saud University - Science*. Guayaquil-Ecuador.
- Saha, P., Mazumder, U. K., y Haldar, P. K. (2011). In vitro antioxidant activity of *Cucurbita maxima* aerial parts. *Free Radicals and Antioxidants*, 1(1), 42-48. doi:10.5530/ax.2011.1.8
- Salehi, B et al. (2019). Cucurbits Plants: A Key Emphasis to Its Pharmacological Potential. *Molecules*, 24(10), 1854.
- Semeniuk, L. V., Bela, A. J., Vonka, C. A., Romero, M. C., y Nuñez, M. B. (2018). Composición fitoquímica y nutricional de *Momordica charantia* y actividad antioxidante. *Dominguezia*, 34(1), 39-44.
- Siciliano, T., De Tommasi, N., Morelli, I., y Braca, A. (2004). Study of flavonoids of *Sechium edule* (Jacq) swartz (Cucurbitaceae) different edible organs by liquid chromatography photodiode array mass spectrometry. *J Agr Food Chem*. 52:6510-6515.
- Sieniawska, E y Baj, T. (2017). Tannins. In A, Hany; *Aromatic and Medicinal Plants - Back to Nature*.

- Singleton, V. L., Orthofer, R., Lamuela-Raventós, R. M., 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.* 299, 152-178.
- Thiruvengadam, M., y Ill-Min, C. (2015) Phenolic compound production and biological activities from in vitro regenerated plants of gherkin (*Cucumis anguria* L.). *Electronic Journal of Biotechnology.* Korea Del Sur. 7pp.
- Torri, M. (2013). Perception and Uses of Plants from Reproductive Health among Traditional Midwives in Ecuador: Moving Towards Intercultural Pharmacological Practices. *Midwifery.* 29, 809- 817.
- Ulloa-Ulloa, C y Jørgensen, P. M. (1995). Árboles y arbustos de los Andes del Ecuador. Abya-Yala, Quito.
- Valencia, C. (1995). Fundamentos de Fitoquímica. Primera edición. Editorial Trillas. Mexico. 235p.
- Valenzuela, G. M., Cravzov, A. L., Soro, A. S., Tanguinas, A. L., Giménez, M. C., y Gruszycycki, M. R. (2014). Relación entre actividad antioxidante y contenido de fenoles y flavonoides totales en semillas de *Cucurbita* spp. *Dominguezia*, 30(1), 19-24.
- Vogelsang, E. (2011). Plantas Ornamentales y Fitomedicina. Revista de la Facultad de Agronomía. La Plata - Venezuela. LUZ. pp. 157.
- Wang, L., Liu, F., Wang, A., Yu, Z., Xu, Y., y Yang, Y. (2017). Purification, characterization and bioactivity determination of a novel polysaccharide from pumpkin (*Cucurbita moschata*) seeds. *Food hydrocolloids*, 66, 357-364.
- Williams, D., Stone, M., Hauck, P., y Rahman, S. (1989). ¿Por qué se metabolizan los metabolitos secundarios (productos naturales)? *Diario de productos naturales*, 52 (6), 11891208. Doi: 10.1021 / np50066a001
- Yenda, B., V-Rao, B y Rao, G. (2014). In vitro antioxidant activity studies on leaves of *Cucurbita maxima*. *Int. J. Adv. Res. Sci Technol.* (4): 241-244.
- Yue, J., Xu, J., Cao, J., Zhang, X y Y, Zhao, (2013). Cucurbitane triterpenoids from *Momordica charantia* L. and their inhibitory activity against α -glucosidase, amylase and protein tyrosine phosphatase 1B (PTP1B). *Journal of Functional Foods.* China. 37: 624-631.
- Zhishen, J., Mengcheng T y W. Jianming. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64:555-559.

Niveles de cadmio en peces de alto consumo de aguas continentales en la Provincia de los Ríos, Ecuador

Cadmium levels in high consumption fish from continental waters
In the Province of los Ríos, Ecuador

Sharon Ruíz-Del Rosario^{1*} & Rubén Castro-Rendón²

¹Consultor egresado de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil.

²Docente investigador de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo, Guayaquil, Ecuador.

Recibido 1 de julio 2019; recibido en forma revisada 17 de agosto 2019, aceptado 15 de septiembre 2019
Disponible en línea 20 de diciembre 2019

Resumen

Se determinó la concentración de Cd en el hígado y músculo de Guanchiche (*H. microlepis*) y Dica (*Pseudocurimata bolengeri*). La concentración del metal en el tejido muscular de ambas especies fue menor al límite de cuantificación del método (<0,014 mg/Kg). La mayor concentración de Cd en hígado se observó en la especie *P. bolengeri* (0,63±0,188 mg/kg) y la menor concentración en *H. microlepis* (0,003±0,036 mg/kg), existen diferencias significativas en la concentración de Cd de los hígados de ambas especies (F= 33,74; p= 0,000). Letras diferentes indican diferencias significativas según ANOVA de una vía y test a posteriori de Tukey (p<0,05). La concentración de Cd en hígado se encontró por encima del límite máximo permisible (0,05 mg/Kg) establecido por la Unión Europea. La correlación entre peso y talla fue directamente proporcional entre sí (r=0,963; p=0,000) la concentración de Cd en hígado fue inversamente proporcional a la talla y peso y la madurez sexual se presentó directamente proporcional a la concentración de Cd (r=0,880; p=0,000). **Palabras Claves:** Cadmio, peces de aguas continentales, variables biométricas, *Hoplias microlepis*, *Pseudocurimata bolengeri*.

Abstract

The concentration of Cd in the liver and muscle of Guanchiche (*H. microlepis*) and Dica (*Pseudocurimata bolengeri*) was determined. The concentration of the metal in the muscle tissue of the species is less than the limit of quantification of the method (<0.014 mg / Kg). The highest concentration of Cd in the liver will be identified in the *P. bolengeri* species (0.63 ± 0.188 mg / kg) and the lower concentration in *H. microlepis* (0.003 ± 0.036 mg / kg), there are significant differences in the concentration of Cd of the livers of both species (F = 33.74; p = 0.000). One-way ANOVA and a posterior test of Tukey (p <0.05). The concentration of Cd in the liver is above the maximum permissible limit (0.05 mg / kg) established by the European Union. The correlation between weight and height was directly proportional to each other (r = 0.963; p = 0.000) the concentration of Cd in the liver was inversely proportional to height and weight and sexual maturity was directly proportional to the concentration of Cd (r = 0.880; p = 0.000).

Key words: Cadmium, inland fish, biometric variables, *Hoplias microlepis*, *Pseudocurimata bolengeri*.

Introducción

El proceso de industrialización acelerada en combinación con el rápido crecimiento de la población y las actividades agrícolas ha traído consigo el riesgo de aumentar el índice de contaminación en entornos naturales, como el suelo, el aire y el agua (Assubaie, 2015). Los sistemas acuáticos que suelen estar contaminados con metales pesados, representan un problema ambiental importante debido a su naturaleza tóxica, no

biodegradable y persistente. Los iones de metales pesados son absorbidos fácilmente por los peces debido a su alta solubilidad (Bielmyer-Fraser, 2018; El-Naggar et al., 2018; Azimi et al., 2017).

El consumo a largo plazo de peces que habitan en aguas contaminadas puede dar lugar a una bioacumulación de contaminantes en el receptor final (quizás humano) de la red alimenticia (Perera et al., 2015). Según la OMS, la exposición humana se produce en

* Correspondencia del autor:
E-mail: sharon.ruiz.sancan@gmail.com



mayor medida a través del consumo de alimentos contaminados (OMS, s.f.).

Debido a esto, estudios sobre la acumulación de metales como el cadmio han aumentado en importancia ya que es ampliamente difundido en la biosfera a pesar de las restricciones para su uso y está clasificado como uno de los metales más tóxicos. (Kaplan et al., 2011; Araújo & Cedeño-Macias, 2016).

El objetivo del presente estudio fue determinar variables biométricas (sexo, longitud y peso), concentraciones de cadmio en el hígado y músculo de dos especies de peces de aguas continentales de la provincia de Los Ríos y correlacionarlas entre sí.

La contaminación de agua dulce con muchos compuestos distintos, la concentración de metales pesados (Abbas, 2002), la toxicidad de estos, su propensión a la acumulación, la descarga de afluentes contaminados en ríos o en cualquier otro medio acuático puede afectar negativamente a la diversidad de especies y dañar ecosistemas vitales (Abbas, 2004).

Organismos acuáticos como los peces y los mariscos que viven en agua contaminada, pueden acumular metales pesados hasta que las concentraciones excedan su límite en un grado significativo a diferentes niveles en diversos órganos y tejidos debido a su alimentación y procesos metabólicos (El-Seify, 2011; El-Kadder, 1993). Distintos factores, como las propiedades físicas y químicas del agua, así como los cambios

estacionales, son la razón del aumento significativo de la bioacumulación de metales en estos organismos (Afshan et al., 2014).

A nivel mundial varios estudios han evidenciado acumulación de metales pesados como el Cd en *Paralabrax humeralis* (Valenciennes, 1828), *Cynoscion sp.*, *Oreocromis sp.*, *Coryphaena sp.* (Senior et al., 2016) y *Oncorhynchus mykiss* (Bertolotti & Moccetti, 2018).

En Ecuador, se describen concentraciones de Cd en *Coryphaena hippurus* (Araújo & CedeñoMacias, 2016), *Katsuwonus pelamis* y *Thunnus albacares* (Flores et al., 2018).

En peces de aguas continentales, los estudios encontrados se basan específicamente en aspectos taxonómicos y de distribución, por lo cual es necesario saber la concentración de Cd en estos peces por ser alto consumo en la Provincia de los Ríos.

Materiales y Métodos

Área de estudio

En el área de estudio se establecieron 4 puntos de muestreo, siendo los puntos A, B localizados en el Río Babahoyo, C en el Río San Pablo y D en el Río Catarama (Figura 1).

Diseño experimental

El muestreo se realizó durante la época seca, durante los meses de octubre, noviembre e inicios de diciem-

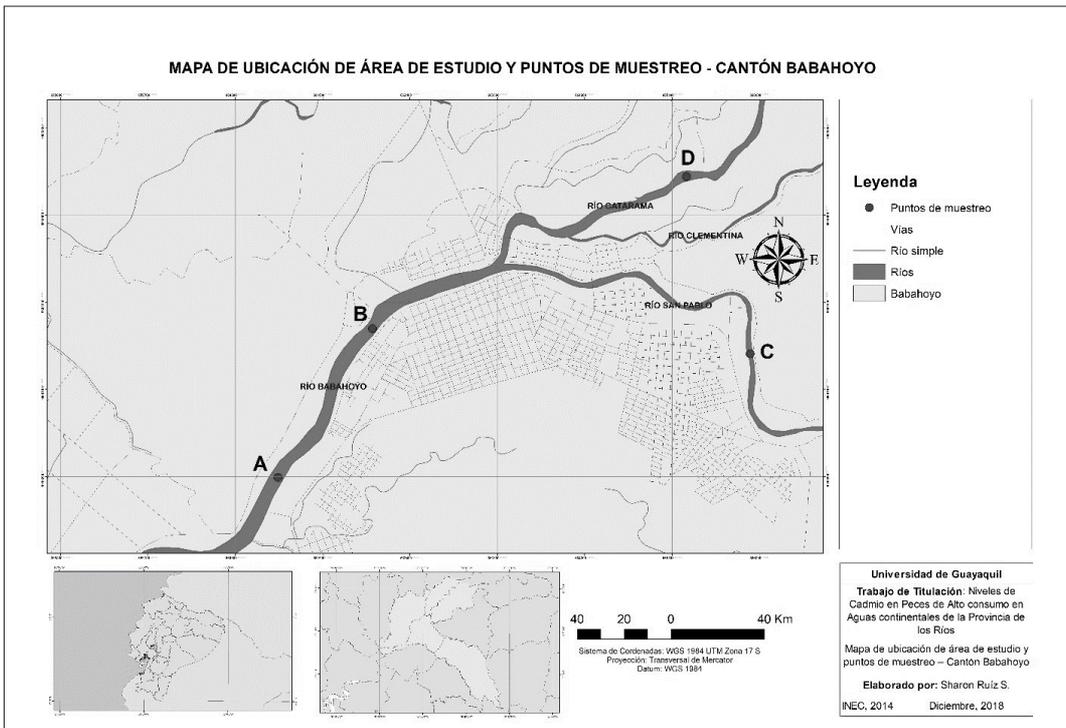


Figura 1. Mapa de Ubicación de área de estudio y puntos de muestreo.

bre del año 2018. Se recolectaron 40 individuos en total de las dos especies seleccionadas en los puntos A, B (Río Babahoyo), C (Río San Pablo) y D (Río Catarama). Se seleccionaron 8 muestras de hígado y 8 muestras de músculo para cada especie. Empleando guantes, bisturí y pinzas esterilizadas entre cada muestra, se removió el músculo de la piel, extrayéndolo desde la cola a la cabeza, posteriormente se extrajo el hígado; todas las muestras fueron colocadas en fundas herméticamente cerradas, etiquetadas y congeladas para su posterior análisis en el laboratorio.

Metodología

Para determinar la talla y peso de los individuos, una vez capturados se midieron mientras estaban frescos y húmedos lo más cerca posible al estado al estado vivo. Se colocó cada individuo sobre el ictiómetro en línea recta, con la cabeza hacia la izquierda tocando la parte perpendicular de la base, se enderezó el cuerpo verificando que la boca estuviera cerrada y la cola tocando la base (puede ser difícil obtener la talla total si la cola está estropeada) y finalmente se determinó la talla.

Una vez obtenida la talla se determinó el peso de cada individuo con una balanza calibrada marca CAMRY ISO 9001, debidamente esterilizada antes de pesarlos, para que el peso no sea alterado.

Para determinar la madurez sexual y el sexo se hizo mediante disección ventral, se cortó desde el orificio urogenital hacia la cabeza (todos los artículos pinzas, bisturí, pesa fueron debidamente esterilizados luego de cada muestra), se clasificó macroscópicamente las gónadas y se determinó el sexo (Gil et al., 2015).

Se empleó una escala macroscópica para determinar la madurez sexual, esta cuenta con cuatro estadios: Inactivos, en maduración, maduras y desovadas (Vélez, 1998).

Las hembras analizadas estuvieron en un estadio II y III de maduración sexual. La maduración inicia con periodos de lluvia, en los cuales aumenta el caudal de los ríos y se modifican las condiciones ambientales, esta culmina con el proceso de migración reproductiva aguas arriba, donde se da el desove, generalmente en el curso principal del río (FAO, 2018).

Procesamiento de las muestras

Las muestras fueron congeladas y posteriormente transportadas en una hielera a 4 °C con suficiente hielo hasta el Laboratorio de Análisis Químico y Microbiológico de Alimentos de la Subsecretaría de Calidad e Inocuidad (SCI) del Ministerio de Acuicultura y Pesca, donde se realizaron los análisis de metales pesados.

Las muestras fueron homogenizadas en un procesador de alimentos, posteriormente usando balanza analítica se pesó en vasos de teflón 0.30 ± 0.05 g de cada muestra para luego ser digeridas en un microondas usando 6 mL de ácido nítrico concentrado. Los equipos empleados fueron previamente lavados con abundante HNO₃ al 1% y agua ultrapura (18.3 MΩ).

Para determinar la concentración de Cd se aplicó el método de espectrometría de absorción atómica por horno de grafito empleando un espectrofotómetro VARIAN modelo SpectrAA 220Z.

Cuando se utiliza la técnica de horno de grafito en conjunción con la espectrofotometría de absorción atómica, una alícuota representativa de la muestra se coloca en el horno de grafito, esta es evaporada a sequedad, carbonizada y atomizada. Un mayor porcentaje de átomos de analito se vaporizan y se disocian para su absorción, es posible el uso de volúmenes de muestra más pequeños o la cuantificación de concentraciones más bajas de elementos. En este caso se utiliza el horno para atomizar la muestra. La radiación de un elemento excitado pasa a través del vapor que contiene átomos en estado fundamental de ese elemento. La intensidad de la radiación transmitida disminuye en proporción a la cantidad del elemento en estado fundamental en el vapor. Los átomos de Cd se colocan en el haz de radiación aumentando la temperatura del horno, lo que hace que la muestra inyectada se volatilice. Un monocromador aísla la radiación característica de la lámpara de cátodo hueco o la lámpara de descarga sin electrodos, y un dispositivo fotosensible mide la radiación transmitida atenuada (U.S. Environmental Protection Agency, 2007).

Resultados

Variables biométricas

Las variables biométricas no presentaron diferencias significativas para la especie *Hoplias microlepis* entre las diferentes localidades ($p > 0.05$). El promedio de longitud de los peces fue de 28.00 ± 4.00 cm, 26.33 ± 3.06 cm y 29.00 ± 2.83 cm para las localidades A, B y D, respectivamente. Con respecto al peso, tampoco se apreciaron diferencias significativas entre las localidades A, B y D ($p > 0.05$), con promedios de 243.3 ± 88.6 g, 173.3 ± 56.9 g y 242.0 ± 76.4 g, respectivamente (Tabla 1).

Además *Pseudocurimata boulengeri* sólo se halló en la localidad C y presentó una longitud promedio de 19.5 ± 0.9 cm y un peso de 104.75 ± 14.13 g (Tabla 2).

Concentración de cadmio en hígado

Se determinó que existen diferencias significativas en la concentración de Cd de los hígados de ambas especies ($F = 33,74$; $p = 0,000$). Letras diferentes indican diferencias significativas según ANOVA de una vía y test a posteriori de Tukey ($p < 0,05$) (Figura 4). Para *Hoplias microlepis* el valor promedio de concentración de Cd en hígado fue de 0,0043 en cambio en *Pseudocurimata boulengeri* fue de 0,317, con un valor atípico de 0,63 mg/Kg de Cd, encontrándose por encima del límite máximo permisible (0,05 mg/Kg) establecido por la Unión Europea (Figura 2).

Concentración de Cadmio en músculo

La concentración del metal en el tejido muscular de ambas especies fue menor al límite de cuantificación del método ($< 0,014$ mg/Kg).

Tabla 1. Lista de muestras punto A y B (Río Babahoyo), D (Río Catarama). *Lt(cm)= Talla total, Wt (g)= Peso con gónadas, MS= Madurez sexual.

<i>Hoplias microlepis</i> (Guanchiche)				
Punto de muestreo	Lt (cm)*	Wt (g)*	Sexo	MS*
A	28	248.2	hembra	3
	32	329.4	hembra	3
	24	152.4	hembra	3
D	23	110	macho	4
	27	190	hembra	3
Punto de muestreo B	27	188	hembra	3
	31	296	hembra	3

Tabla 2. Lista de muestras punto C (Río San Pablo). *Lt(cm)= Talla total, Wt (g)= Peso con gónadas, MS= Madurez sexual

<i>Pseudocurimata boulengeri</i>				
Punto de muestreo	Lt (cm)*	Wt (g)*	Sexo	MS*
C	21	106	hembra	3
	20	134	hembra	3
	19	108	hembra	3
	18	84	macho	4
	19	96	hembra	3
	20	106	hembra	3
	19	100	hembra	3
	20	104	hembra	3

Tabla 3. Correlación de las variables biométricas con la concentración de Cd en hígado.

	Wt (g)	Lt (cm)	MS
Lt (cm)	0,963 0,000		
MS	-0,805 0,001	-0,713 0,004	
Cd Hígado	-0,719 0,004	-0,677 0,008	0,880 0,000

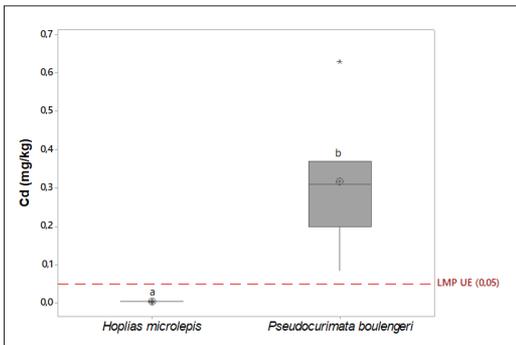


Figura 2. Concentración de Cd en el hígado de las especies *P. boulengeri* y *H. microlepis* capturados en la provincia de Los Ríos

Correlación entre las variables biométricas y la concentración de Cd

La correlación entre peso y talla fue directamente proporcional entre sí ($r=0,963$; $p=0,000$) la concentración de Cd en hígado fue inversamente proporcional a la talla y peso y la madurez sexual se presentó directamente proporcional a la concentración de Cd ($r=0,880$; $p=0,000$) (Tabla 3).

Niveles de concentración Cd entre *H. microlepis* y *P. boulengeri*

La mayor concentración de Cd se observó en *P. boulengeri* ($0,63 \pm 0,188$ mg/kg) y la menor concentración en *H. microlepis* ($0,003 \pm 0,036$ mg/kg).

Discusión

La concentración de Cd en músculos de las especies estudiadas estuvo por debajo de los límites de cuantificación del método; la acumulación de este metal en los músculos de organismos acuáticos siempre se muestra como comparativamente baja (El-Moselhy, 2014).

Allen (1995), sugiere que los tejidos musculares no entran en contacto directo con los tóxicos, tampoco son un sitio activo de desintoxicación y, por lo tanto, el Cd no se transporta desde otros tejidos a los músculos.

Los hígados presentaron valores superiores al límite de cuantificación, probablemente debido a que este órgano tiende a acumular niveles más altos de metales que el músculo (Bonsignore et al., 2013; Hussein & Khaled, 2014), por lo cual es el órgano mayormente estudiado como indicador ambiental de contaminación del agua (Licata et al., 2005; Storelli et al., 2005). Ciertos investigadores indican que la movilización del cadmio desde otros órganos del cuerpo al hígado tiene el objetivo de detoxificarlo y podría contribuir a la acumulación de este elemento en estos órganos (Jayakumar & Paul, 2006).

En *P. boulengeri* los niveles de Cd en hígado fueron significativamente más altos que en *Hoplias microlepis* esto debido a que los patrones de acumulación son mayores en *P. boulengeri* que en *H. microlepis*. Este patrón ha sido reportado en otras especies de aguas continentales, las diferencias interespecie en la acumulación de metales podría relacionarse a los hábitos de vida y alimentarios (Twardowska et al., 2006). El hígado y otros órganos como los riñones son los principales involucrados en actividades de detoxificación (Kumar et al., 2007).

No hubo correlación significativa entre la madurez sexual y el contenido de Cd en tejido muscular en ninguna de las dos especies, sin embargo, un comportamiento contrario se observa entre la madurez sexual y el contenido de Cd en hígados al ser directamente proporcional. Farkas (2001), sugiere que, para las etapas maduras de distintas especies de peces, la absorción de metales es predominante y por lo tanto la carga de metales pesados refleja más el estado de contaminación del sedimento y su biota, en lugar del agua del ambiente.

Probablemente el método de muestreo fue un factor que incidió en la notoria diferencia en contenido de Cd interespecie, las muestras de *P. boulengeri* fueron obtenidas en un mismo sector, donde el ecosistema acuático está influenciado por zonas urbanas y cultivos de arroz, y es conocido que el Cd es uno de los principales contaminantes en este tipo de cultivos y su posterior transferencia a la cadena alimentaria es un problema ambiental global (Rizwan et al., 2016). En contraste, el *H. microlepis* fue capturado en diferentes sectores de la cuenca baja del río Guayas. El hábitat de este se caracterizó por ser de mayor extensión, estar influenciado por cultivos de caña, y zona urbana.

Sridhara, (2008) sugiere que en actividades antropogénicas como la agricultura se encuentra presente el Cd debido al uso de fertilizantes químicos, que llega a las aguas subterráneas por medio de la filtración. Se conoce también que las descargas agrícolas y residuos domésticos contienen una variedad de contaminantes tóxicos en la que incluyen sólidos suspendidos, compuestos orgánicos, compuestos inorgánicos, pesticidas y varios compuestos metálicos tóxicos (Woodling et al., 2001; Kumar et al., 2007).

Investigadores como Mero et al. (2019) han encontrado lugares en la cuenca baja del Río Guayas y sus afluentes donde existe contaminación por Cd y este supera los límites máximos permisibles en sedimento según normas canadienses y ecuatorianas. Este es absorbido por la fauna y la flora introduciéndose en la cadena alimenticia (Irwin et al., 1997). Los efectos tóxicos del Cd pueden ocurrir con el aumento de las posiciones tróficas (Croteau et al., 2005; Croteau y Luoma, 2005).

Sin embargo, autores como Nakayama et al. (2010) indican que los bajos niveles de Cd generalmente están inversamente correlacionados con el nivel trófico. Los valores de ingesta varían de acuerdo los hábitos alimenticios de cada individuo. Una ingesta prolongada de Cd genera graves daños a la salud, según la OMS, la ingesta semanal tolerable de Cd es 0.007 mg/kg suponiendo un peso corporal de 60 kg (World Health Organization, 2011).

A pesar de los resultados obtenidos en la investigación donde se demuestra que la concentración de Cd en músculo está por debajo de los límites máximos permisibles según normativa nacional e internacional se debe tener en cuenta la ingesta prolongada de otros alimentos contaminados por Cd de alto consumo en Ecuador.

Finalmente, se comprueba la hipótesis al correlacionar las variables biométricas con la concentración de Cd existente en las especies y esta es inversamente proporcional a la longitud total y el peso, mientras que está directamente correlacionada con la madurez sexual de cada especie.

Conclusiones

Se evidenció concentración de Cd en músculo de las dos especies, pero estuvieron por debajo del límite de

cuantificación. Contrariamente en hígado de las especies seleccionadas se evidenció una mayor concentración, para *H. microlepis* el valor máximo de concentración de Cd en hígado fue de 0,0064, en cambio en *P. boulengeri* fue de 0,63, valores que superan los límites máximos permisibles (0,05 mg/Kg) establecido por la Unión Europea (2019).

Las variables biométricas no presentaron diferencias significativas para la *H. microlepis* entre las diferentes localidades ($p > 0.05$). El promedio de talla en *H. microlepis* fue de 26,95. Con respecto al peso, tampoco se apreciaron diferencias significativas entre las localidades ($p > 0.05$), con un peso promedio de 168.66 g. Mientras que para *P. boulengeri* presentó una talla promedio de 19.5 cm y un peso de 104.75 g.

El nivel de Cd entre las dos especies presentó diferencias significativas.

Recomendaciones

- Determinar la concentración de Cd en otras especies de peces de aguas continentales.
- Analizar niveles de Cd de las mismas especies recolectadas en el presente estudio en una época distinta.
- Expandir el área de estudio a lo largo de toda la vertiente occidental ecuatoriana.
- Determinar la concentración de otros metales pesados en peces de alto consumo de aguas continentales.
- Investigar porque hay mayor porcentaje de hembras que de machos en las especies estudiadas.

Referencia

- Abbas, H., Zaghloul, K. & Mousa, M. 2002. Effect of some heavy metal pollutants on some biological and histopathological changes in the blue tilapia *Oreochromis aureus*. Egypt J Agric Res, 80(3): 1395-411.
- Abbas, H. & Mahmoud, H. 2004. Hematological and biochemical changes in *Oreochromis aureus* and *Clarias gariepinus* exposed to mixture of copper and lead salts. Egypt Basic Appl Physiol, 1(3): 89-106.
- Afshan, S., Ali, S., Ameen, U., Farid, M., Bharwana, S., Hanna, F. & Ahmad, R. 2014. Effect of Different Heavy Metal Pollution on Fish. Research Journal of Chemical and Environmental Sciences, 2(1): 7-4-79. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/269784904_Effect_of_Different_Heavy_Metal_Pollution_on_Fish
- Allen, P. 1995. Chronic accumulation of cadmium in the edible tissues of *Oreochromis aureus* (Steindachner): modification by mercury and lead. Arch Environ Contam Toxicol, 29(1): 8-14.
- Araújo, C. V. M. & Cedeño-Macias, L. A. 2016. Heavy metals in yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) landed on the Ecuadorian coast. Science of The Total Environment, 541:149-154. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.09.090
- Assubaie, F. 2015. Assessment of the levels of some heavy metals in water in Alahsa Oasis farms, Saudi Arabia, with analysis by atomic absorption spectrophotometry. Arabian

- Journal of Chemistry, 8(2): 240-245. doi:10.1016/j.arabj.2011.08.018
- Azimi, A., Ahmad, A., Mashallah, R., Meisam, A. (2017). Removal of heavy metals from industrial wastewaters: a review. Chem Bio Eng Reviews, 4(1): 37-59. doi:10.1002/cben.201600010
- Bertolotti, F., & Moccetti, N. (2018). Concentration of lead, mercury and cadmium in fish muscle and water samples from the Rio Santa, Ancash - Peru. Salud Tecnología Veterinaria, 6(1): 35-41. doi:10.20453/stv.v6i1.3376
- Bielmyer-Fraser, G. K., Harper, B., Picariello, C. & Albritton-Ford, A. (2018). The influence of salinity and water chemistry on acute toxicity of cadmium to two euryhaline fish species. Comparative Biochemistry and Physiology, Part C: Toxicology & Pharma, 23-27. doi:10.1016/j.cbpc.2018.08.005
- Bonsignore, M., Salvagio Manta, D., Oliveri, E., Sprovieri, M., Basilone, G., Bonanno, A., Falco, F., Traina, A., Mazzola, S., (2013). Mercury in fishes from Augusta Bay (southern Italy): risk assessment and health implication. Food Chemical Toxicology, 56: 184-194. doi:10.1016/j.fct.2013.02.025
- Croteau, M., Luoma, S. & Stewart, A. (2005). Trophic transfer of metals along freshwater food webs: Evidence of cadmium biomagnification in nature. Limnologia y Oceanografía, 50(1), 1511-1519. doi:10.4319/lo.2005.50.5.1511
- Croteau, M. & Luoma, S. (2005). Delineating copper accumulation pathways for the freshwater bivalve *Corbicula* using stable copper isotopes. Environmental Toxicology and Chemistry, 24(11): 2871-2878.
- El-Seify, M., Zaki, M., Desouky, A., Abbas, H., K. Abdel Hady, O. & Abouzaid, A. (2011). Study on Clinopathological and Biochemical Changes in Some Freshwater Fishes Infected with External Parasites and Subjected to Heavy Metals Pollution in Egypt. Life Science Journal, 8(3):401-405
- El-Kadder M., Tork, I. & Magda, A. (1993). Heavy metals pollution in drinking water and methods of removals. Alex J Vet Sci. A(1):65-9
- El-Moselhy, K. M., Othman, A. I., Abd El-Azem, H., & El-Metwally, M. E. A. (2014). Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of fish in the Red Sea, Egypt. Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences, 1(2): 97-105. doi:10.1016/j.ejbas.2014.06.001
- El-Naggar, N., Hamouda, R., Mousa, I., Abdel-Hamid, M. & Rabei, N. (2018). Statistical optimization for cadmium removal using *Ulva fasciata* biomass: Characterization, immobilization and application for almost-complete cadmium removal from aqueous solutions. Scientific Reports, 8(1). doi: 10.1038/s41598-018-30855-2
- FAO (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de <http://www.fao.org/3/I9540ES/I9540es.pdf>
- Gil, F., Ayala, M., & López, O. (2015). Estómago, hígado, intestino, bazo y páncreas de los peces. Anatomía Veterinaria, Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia. Recuperado de: <https://www.um.es/anatvet/Documentos/CursoPeces/pdfs/Estomago%20higado%20intestino%20bazo%20pancreas%20de%20los%20pec.es.pdf>
- Farkas, A., Salánki, J. & Specziár, A. (2001). Relation Between Growth and the Heavy Metal Concentration in Organs of Bream *Abramis brama* L. Populating Lake Balaton. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 43(2), 236-243. doi:10.1007/s00244-002-1123-5
- Flores, E., Pozo, W., Pernía B., Sánchez, W. (2018) Niveles de cadmio en atún fresco y enlatado para consumo humano en Ecuador. MASKANA, 9(2).
- Hussein, A. & Khaled, A. (2014). Determination of metals in tuna species and bivalves from Alexandria, Egypt. Egyptian Journal of Aquatic Research, 40(1): 9-17
- Irwin, R., VanMouwerik, M., Stevens, L., Seese, M., & Bashaw, W. (1997). Environmental contaminants encyclopedia: Copper entry. National Park Service, Water Resources Divisions, Water Operations Branch, Fort Collins, CO., USA. 1-99. Recuperado de: <https://www.nature.nps.gov/water/ecencyclopedia/assets/contaminantpdfs/vanadium.pdf>
- Jayakumar P. & Paul VI (2006) Patterns of cadmium accumulation of the catfish *Clarias batrachus* (Linn.) exposed to sublethal concentration of cadmium chloride. Veterinarski Arhiv 76:167-177
- Kaplan, O., Yildirim, N.C., Yildirim, N. & Cimen, M. (2011). Toxic Elements in Animal Products and Environmental Health. Asian Journal of Animal and Veterinary Advances, 6(3), 228-232. doi:10.3923/ajava.2011.228.232
- Kumar, P., Prasad, Y., Patra, A.k., Swarup, D. (2007). Levels of Cadmium and Lead in Tissues of Freshwater Fish (*Clarias batrachus* L.) and Chicken in Western UP (India). Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 79(4): 369-400. doi:10.1007/s00128-007-9263-
- Licata, P., Trobetta, D., Cristani, M., Naccari, C., Martino, D., Calò, M. & Naccari, F. (2005). Heavy metals in liver and muscle of bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) caught in the straits of Messina (Sicily, Italy). Environmental Monitoring and Assessment, 107(1-3): 239-248.
- Mero, M., Pernía, B., Ramírez-Prado, N., Bravo, K., Ramírez, L., Larrera E. & Egas, F. (2019) CONCENTRATION OF CADMIUM IN WATER, SEDIMENTS, Eichhornia crassipes AND Pomacea canaliculata IN THE GUAYAS RIVER AND TRIBUTARIES. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 35(3): 623-640. doi:10.20937/RICA.2019.35.03.09
- Nakayama, S., Ikenaka, Y., Muzandu, K., Choongo, K., Oroszlany, B., Teraoka, H., Mizuno, N. & Ishizuka, M. (2010). Heavy metal accumulation in lake sediments, fish (*Oreochromis niloticus* and *Serranochromis thumbergi*) and crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in Lakeltezhi-tezhi and Lake Kariba, Zambia. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 59(2): 291-300.
- OMS. (S.f.). Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas. Organización Mundial de la Salud. Obtenido de https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/cadmium/es/
- Perera, P., Kodithuwakku, S., Sundarabarathy T. & Edirisinghe, U. (2015). Bioaccumulation of Cadmium in Freshwater Fish: An Environmental Perspective. Insight Ecology, 4(1): 1-12. doi:10.5567/ECOLOGY-IK.2015.1.12
- Rizwan, M., Ali, S., Adrees, M., Rizvi, H., Zia-ur-Rehman, M., Hannan, F. & Ok, Y. (2016). Cadmium stress in rice: toxic effects, tolerance mechanisms, and management: a critical review. Environmental Science and Pollution Research, 23(18): 17859-17879. doi:10.1007/s11356-016-6436-4
- Senior, W. Cornejo-Rodríguez, M., Tobar, J., Ramírez-Muñoz, M. & Márquez, A. (2016). Heavy metals (cadmium, lead, mercury) and arsenic in frozen fish of high consumption in Ecuador. Zootecnia Tropical, 34 (2): 143-153.
- Storelli, M., Giacomini, R., Storelli, A. & Marcotrigiano, G. (2005). Accumulation of mercury, cadmium, lead and arsenic in swordfish and bluefin tuna from the Mediterranean Sea: a comparative study. Marine Pollution Bulletin, 50(9): 1004-1007.
- U.S. Environmental Protection Agency (2007). Method 7010. Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometry Recuperado de: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/7010.pdf>
- Velez, D. & Montoro, R. (1998). Arsenic Speciation in Manufactured Seafood Products. Journal of Food Protection, 61(9):1240-1245. doi.org/10.4315/0362-028X-61.9.1240
- World Health Organization (2000). Chapter 6.3 Cadmium. General description. Copenhagen. Recuperado de: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0016/123073/AQG2ndEd_6_3_Cadmium.PDF

Caracterización geológica y mineralógica de las vetas “San José” y “La Arenosa”, en la mina Santa Marianita de la parroquia Malvas, cantón Zaruma provincia de El Oro

Geological and mineralogical characterization of “San José” and “La Arenosa” veins, in Santa Marianita mine of Malvas parish, Zaruma district El Oro province

Luis Satián^{1*} & Jorge Alonso²

¹Consultor, egresado Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales.

²Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales. Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo. Telf. 0983480131, Guayaquil, Ecuador.

Recibido 5 de septiembre 2019; recibido en forma revisada 15 de octubre 2019, aceptado 5 de noviembre 2019
Disponible en línea 20 de diciembre 2019

Resumen

Este estudio se realizó con el objetivo de caracterizar la geología y mineralogía de las vetas “San José” y “La Arenosa” de la mina Santa Marianita, la concesión minera Murciélagos, Vizcaya perteneciente a la empresa minera Blacio Aguilar, localizada en el cantón Zaruma, Provincia de El Oro, en el suroccidente del Ecuador. Las estructuras mineralizadas en mención pertenecen al distrito minero Zaruma-Portovelo con dominio estructural de rumbo norte - sur y tendencia de buzamiento hacia el este. Se definió la paragénesis mineral por análisis macroscópicos de muestras de mano, análisis microscópicos de láminas delgadas y secciones pulidas que determinaron la composición mineralógica para la respectiva interpretación y comparación entre ambas vetas. Se realizaron mapas geológicos a partir de mapas topográficos a escala 1:200 digitalizados en el software AUTOCAD. En las secciones pulidas se encontraron sulfuros, óxidos y carbonatos junto a indicadores geológicos que definieron al depósito como un yacimiento epitermal de baja sulfuración.

Palabras claves: mineralogía, rumbo, buzamiento, paragénesis, yacimiento epitermal.

Abstract

This study aimed to characterize the geology and mineralogy of the “San José” and “La Arenosa” veins of the Santa Marianita concession to the company Minera Blacio Aguilar located in the Zaruma canton, Province of El Oro, in southwestern Ecuador. The mineralized structures in question belong to the Zaruma-Portovelo mining district with a structural dominance of a north - south direction and a tendency to dip to the east. Mineral paragenesis was defined by macroscopic analysis of hand samples, microscopic analysis of thin sheets and polished sections that determined the mineralogical composition for the respective interpretation and comparison between both veins, for this purpose geological maps were made from topographic maps to 1: 200 scale digitized in AUTOCAD software. Sulphides, oxides and carbonates were found in polished sections along with geological indicators that defined the deposit as a low sulfidation epithermal deposit.

Keywords: minerology, heading, diving, paragenesis, rhyolite, epithermal deposit.

Introducción

El aprovechamiento de los minerales metálicos es la principal actividad de sustento económico para la población del cantón Zaruma. La parroquia rural Malvas que pertenece a su jurisdicción territorial, tiene características geológicas y sistemas de mineralización típicos del subdistrito minero El Oro que ocupa la parte SE de la faja de mineralización

aurífera polimetálica Zaruma-Portovelo. Este estudio pretende dar a conocer el control técnico y geológico de labores mineras de exploración y explotación dentro de los límites de la concesión minera Murciélagos-Vizcaya en la Mina Santa Marianita que pertenece a la empresa Minera Blacio Aguilar, pues se requiere una extracción óptima de minerales y métodos precisos para la búsqueda de futuras reservas.

* Correspondencia del autor:
E-mail: luiv_93@hotmail.com



Los estudios geológicos cerca de la zona de estudio y trabajos previos en galerías y subniveles de explotación sugieren que el potencial minero para la extracción de minerales metálicos es el motivo para caracterizar geológica y mineralógicamente las vetas “San José” y “La Arenosa”, estructuras que atraviesan el área de la concesión minera Murciélagos-Vizcaya en labores de exploración y explotación bajo el régimen de pequeña minería.

La evaluación geológica y mineralógica de estas estructuras mineralizadas será posible a través del mapeo geológico, muestreo de labores y levantamientos topográficos que permitirán caracterizar el yacimiento. Una vez concluidos los trabajos de campo y laboratorio, además del respectivo análisis e interpretación de resultados, será posible optimizar el impacto económico para la empresa, debido a que las labores mineras futuras estarán sujetas al modelo geológico minero que se propone a continuación.

Gracias a la exploración minera moderna es posible reconocer y estudiar todo tipo de afloramientos y filones hidrotermales.

Metodología

Se ha desarrollado el siguiente trabajo con cuatro etapas que son: trabajo de campo, actividades de laboratorio, trabajos de gabinete y análisis de resultados.

Trabajo de campo

El trabajo se inició con el levantamiento topográfico subterráneo mediante cinta y brújula y sus resultados fueron graficados mediante el software AUTOCAD 2019. El mapeo geológico en el interior de la mina se realizó en conjunto con el levantamiento topográfico subterráneo y consistió en el levantamiento de la información geológica, mineralógica y estructural a una escala de 1:200.

El muestreo para obtener muestras de mano para descripciones macroscópicas detalladas se realizó a un intervalo de 25 metros con la extracción de 34 muestras, así como 2 para secciones delgadas y 7 para secciones pulidas; para esto fueron considerados los cambios de texturas y mineralogía a lo largo de las vetas “San José” y “La Arenosa”. El muestreo para análisis químico de laboratorio tuvo el mismo criterio de elección en cuanto a puntos de interés, considerando además las texturas de las menas y tipos de mineralización, seleccionando 10 puntos para el análisis de los elementos Au, Ag y Cu.

Actividades de laboratorio

Corresponde a los análisis químicos de laboratorio de los muestreos seleccionados en 10 puntos o zonas de interés de las vetas “San José” y “La Arenosa” que consideran variación geológica, mineralógica y estructural a lo largo de las estructuras mineralizadas en estudio.

Se considera también parte de esta actividad el análisis y descripción macroscópica de 34 muestras de mano además de la descripción microscópica de 2 secciones delgadas para rocas de caja de difícil diagnóstico y 7 secciones pulidas para caracterizar la mineralogía de las vetas.

Trabajo de gabinete

Corresponde a la recopilación de información de investigaciones anteriores como antecedentes bibliográficos para la base del siguiente estudio. Se incluyen también el proceso de elaboración de mapas topográficos y geológicos con la utilización de software AUTOCAD y ARCGIS, además de la preparación del siguiente escrito.

Análisis de los resultados

Con la descripción de muestras de mano tomadas de material de veta y roca de caja a nivel macroscópico fue posible identificar mineralogía, asociaciones y alteraciones hidrotermales siendo posible la interpretación y relación de algún tipo de estructura geológica con el yacimiento mineral.

Se consideró evaluar las siguientes propiedades de los minerales: color de mineral, color de raya, brillo y transparencia además del tipo de fractura, diafanidad, tenacidad y propiedades magnéticas. Se evaluaron también otras propiedades como el tamaño absoluto y relativo de los cristales, geometría y la clasificación mineral presente en base a la composición mineralógica dominante. El análisis modal de rocas de caja y veta se realizó en referencia a una estimación visual de la muestra macroscópica utilizando tablas porcentuales de representación de ocurrencia mineral.

La descripción microscópica de 2 secciones delgadas para el estudio petrográfico de rocas de caja de difícil diagnóstico en la veta “San José” se realizó con el objetivo de definir la composición mineralógica del tipo de roca que presentó una variación geológica y estructural con la roca de caja madre descrita macroscópicamente con muestras de mano.

La descripción de 7 secciones pulidas se realizó con el objetivo de definir la composición mineralógica de la veta “San José” y “La Arenosa”, siendo posible la identificación de sulfuros no distinguibles mediante descripciones macroscópicas de muestra de mano, pudiendo además definir la paragénesis mineral para las 2 vetas. Para el análisis porcentual de porcentajes de mineral se utilizaron los mismos criterios de las descripciones microscópicas de secciones delgadas.

Resultados

Descripción de muestras de mano

A partir del análisis macroscópico de muestras de mano de las vetas “San José” y “La Arenosa” se definió la composición mineralógica de los sistemas mineralizados y se realizó la comparación entre ambas vetas. Se definieron también texturas de mena

y ganga, así como alteraciones las hidrotermales presentes.

En la veta “San José” predominan los sulfuros de cobre, hierro y plomo, además de silicatos, óxidos y carbonatos de cobre a lo largo de toda la extensión longitudinal del cuerpo mineralizado. La alteración hidrotermal predominante es la alteración propilítica que involucra epidota, clorita, carbonatos, además de sericita, pirita y óxidos de hierro junto a la alteración argílica caracterizada por la formación de minerales arcillosos.

En la veta “La Arenosa” la cantidad de sulfuros, carbonatos de cobre y silicatos es menor en relación a la veta “San José” pero los óxidos se encuentran en mayor porcentaje. La alteración hidrotermal predominante es la alteración argílica, junto a la alteración propilítica en menor proporción.

En base a la descripción macroscópica de muestras de mano con mineralogía predominante de plagioclasas, feldespatos, piroxenos, minerales máficos y cuarzo se determinó que la roca de caja en la veta “San José” y “La Arenosa” es una andesita con variedades de andesita horbléndica si predominan la horblenda y andesita piroxénica si predominan los piroxenos.

En la caracterización mineralógica de la veta “San José” se identificaron los siguientes minerales de mena: pirita, calcopirita, esfalerita, galena, bornita, tennantita - tetraedrita, covelita, azurita y malaquita, acompañados de minerales de ganga como cuarzo, carbonatos, hematita y azularia.

Dentro de las texturas de mena encontradas se definen texturas de crecimiento primario como son las texturas crustiforme y coliforme en casi toda la extensión longitudinal de las vetas.

En la caracterización mineralógica en la veta “La Arenosa” se han identificado los siguientes minerales de mena: pirita, calcopirita, bornita, covelita acompañado de cuarzo como principal mineral de ganga.

Como texturas de mena presente se destacan la textura crustiforme y coliforme.

Descripción microscópica de secciones delgadas

Dos zonas de difícil diagnóstico por fuerte grado de alteración de la roca encajante de las vetas “San José” fueron descritas a través de 2 secciones delgadas:

Muestra vsn-012

La descripción microscópica de la sección delgada VSN-012 y la ubicación por su composición mineral con el Diagrama QAPF (Figura 1) define a la roca como una roca ígnea extrusiva con xenolitos deformados alargados de 0.5 a 4 cm, la mineralización está compuesta por clorita, epidota y sericita alterada a esmectita. Se define la roca como una toba riolítica. (Figura 2).

Muestra vsn-020

La descripción microscópica de la sección (VSN-020) define a la roca como riolita, textura porfídica caracterizada por la presencia de cuarzo, fenocristales de clorita, epidota y remanentes de plagioclasas, un alto grado de alteración puede observarse en este análisis dominado por la presencia de arcillas y sericita.

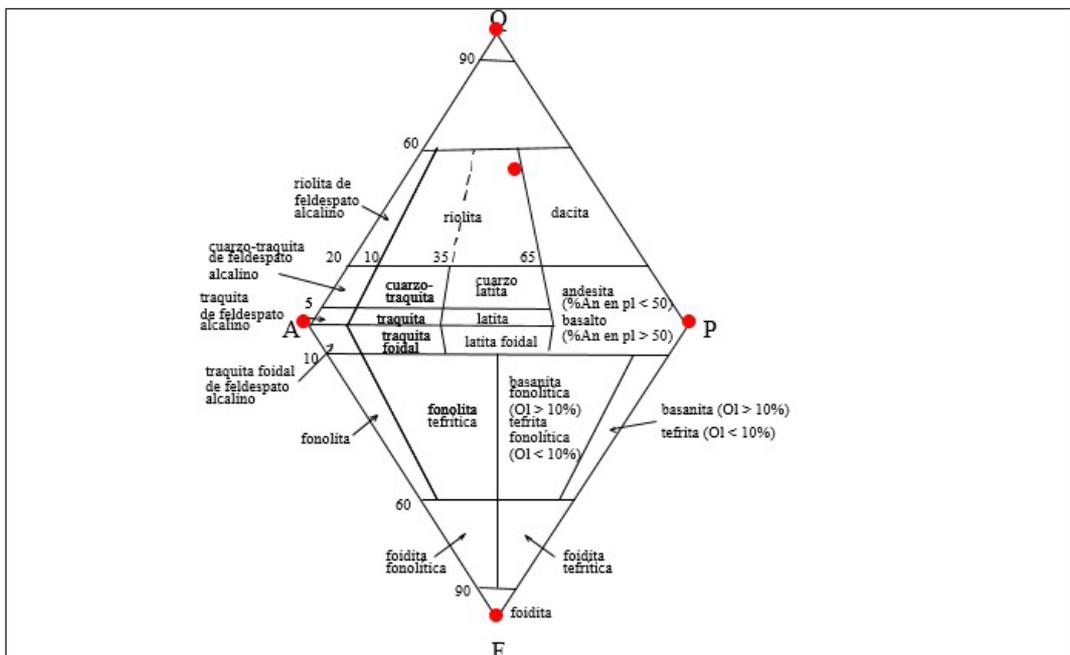


Figura 1. Diagrama QAPF para clasificación de rocas de difícil diagnóstico en área de estudio, muestra VSN-020.

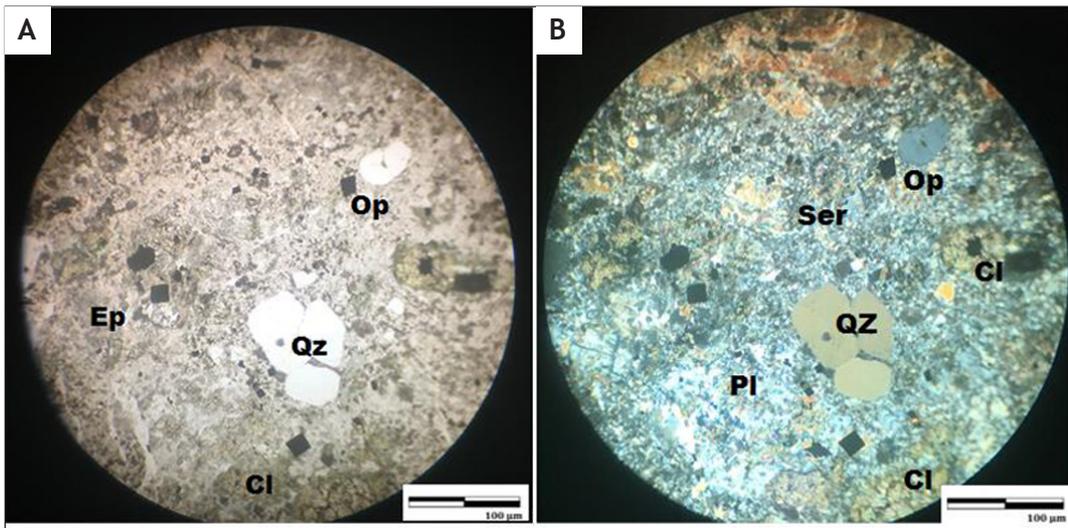


Figura 2. Vista en microscopio petrográfico de sección delgada VSN-012, Microfotografía A en nicoles II, Microfotografía B en nicoles X Aumento 4X.

Descripción microscópica de secciones pulidas

Se realizó la descripción de 7 secciones pulidas para el estudio de la composición mineralógica de la veta “San José” y “La Arenosa”, distribuyendo 6 secciones pulidas para la primera veta debido a su variada mineralogía y 1 sección pulida para la segunda estructura mineralizada debido al bajo porcentaje de minerales en relación a la primera estructura mineralizada y un fuerte grado de alteración de la roca por oxidación de sulfuros debido al agua que circula por fracturas.

MUESTRA VSS-001

Se identifica una matriz de cuarzo y clorita con sulfuros asociados: pirita y calcopirita. Se distingue limonita alrededor de la calcopirita diseminada, lo que indica una alteración de los minerales de hierro.

Se establece cuarzo como mineral principal de la matriz, en donde se han incrustado cristales euhedrales a subhedrales de pirita, asociados a calcopirita xenomorfa.

Con inmersión en aceite se aprecia limonita isotropa con incrustaciones de minerales aciculares de alta reflectividad (posiblemente Pirrotina), asociados a calcopirita xenomorfa.

La estimación visual de la sección pulida estableció la siguiente ocurrencia mineral: cuarzo (35%), Clorita (3%), Limonita (4%), Pirita (40%) y Calcopirita (18%).

MUESTRA VSS-005

Se identifica: Pirita, Calcopirita, Calcosina y Bornita, formando una mena masiva con una matriz de cuarzo. Se presenta además minerales de alteración argílica (limonita).

Se observa matriz de cuarzo con cristales relativamente grandes de pirita y calcopirita) alterada, además

de cristales de calcosina reemplazando a la pirita y parcialmente a la calcopirita. Un análisis más a detalle sugiere la alteración de calcopirita (subhedral) a calcosina.

La estimación visual de la sección pulida estableció la siguiente ocurrencia mineral: Cuarzo (5%), Limonita (2%), Pirita (10%), Calcopirita (30%), Calcosina (5%), Bornita (3%), otros sulfuros (45%).

MUESTRA VSN-001

Se identifica: Pirita y Calcopirita, diseminadas a lo largo de la matriz de y roca encajante, con una alteración superficial. En los extremos de la sección pulida se puede identificar calcosina asociada a calcopirita.

Se observa calcopirita con incrustaciones de pirita xenomorfa. En la sección es posible identificar reflexiones internas propias del borde del mineral en sus inicios de alteración.

Pirita subidiomorfa y calcopirita están en asociación con granos de cuarzo.

La estimación visual de la sección pulida estableció la siguiente ocurrencia mineral:

Cuarzo (13%), Pirita (8%), Calcopirita (21%), Calcosina (3%), Otros (55%).

MUESTRA VSN-002

Se identifica Cuarzo, pirita y Calcopirita asociados a Malaquita, Calcosina y covelina.

Se observa cristales idiomorfos de pirita (Py) en cristales xenomorfos de calcopirita (Cpy), es posible la asociación con Tetrahedrita (no posible la identificación-hábito particular).

Se identifica alteraciones (Cc y Cv) en los bordes de los granos de la calcopirita lo que indica un evento de reemplazo mineral.

La estimación visual de la sección pulida estableció la siguiente ocurrencia mineral: Cuarzo (20%), Malaquita (6%), Pirita (10%), Calcopirita (25%), Calcosina (3%), Covelina (3%), Otros (33%).

MUESTRA VSN-005

Se observa mena con vetillas de cuarzo masivo y en forma de drusa rellenando microfracturas. La mineralización se encuentra en la roca de caja y está compuesta de: sulfuros (pirita, Calcopirita), Bornita y Calcosina; óxidos Hematita-limonita y minerales alterados de cobre-carbonatos Malaquita. Puede observarse Pirita sobre calcopirita alterándose a Covelina.

La estimación visual de la sección pulida estableció la siguiente ocurrencia mineral: Cuarzo (8%), Hematita (3%), Limonita (2%), Malaquita (14%), Pirita (10%), Calcopirita (35%), Calcosina (10%), Covelina (7%), otros (11%).

MUESTRA VSN-016

Se observa una vetilla de cuarzo de 2cm de potencia sin mineralización. Se aprecian sulfuros: Calcosina (Cc), Calcopirita sobre pirita asociada a microcristales de cuarzo. La alteración de los minerales de cobre ha dado lugar a la formación de carbonatos Malaquita diseminada y Covelina.

Se identifica Calcopirita xenomorfa en pirita idiomorfa además de hematita alrededor de cuarzo y pirita. No se observan fases de alteración.

La estimación visual de la sección pulida estableció la siguiente ocurrencia mineral: Cuarzo (30%), Malaquita (3%), Pirita (27%), Calcopirita (12%), Calcosina (10%), Covelina (3%), otros (15%).

MUESTRA VAN-001

Se observa matriz de cuarzo con clorita diseminada, presente en asociaciones de sulfuros: Pirita, Calcopirita y Covelina. Se distingue Hematita alrededor de la pirita y Limonita en la interfase mena-caja. Se identificó calcopirita alterándose a covelina con formación posterior de pirita idiomorfa.

Se observa también malaquita (Ml) en granos de calcopirita alterado.

La estimación visual de la sección pulida estableció la siguiente ocurrencia mineral: Cuarzo (55%), Hematita (9%), Limonita (11%), Pirita (10%), Calcopirita (5%), Covelina (3%), otros (7%).

Un ejemplo de las principales muestra de secciones pulidas observadas en el microscopio de luz reflejada se presenta en la figura 3 (VSS-005, VSN-002 Y VSN-016).

Paragénesis mineral

Los minerales presentes en la veta se caracterizan por varias fases de apertura y relleno de fluidos atribuidos a diferentes procesos hidrotermales.

Por encontrarse en la zona de oxidación en estas estructuras mineralizadas la descomposición de la calcopirita forma calcosina, covelina, cuprita y malaquita, pero suele estar siempre asociado con bornita. La alteración de sulfuros puede formar carbonatos, sulfatos, óxidos e hidróxidos. La pirita en la veta “La Arenosa” suele transformarse en limonita debido al contacto con la atmósfera pasando de sulfuro de hierro a hidróxido de hierro y por reemplazo puede pasar de pirita a esfalerita, calcopirita, bornita, galena y covelina través de enriquecimiento secundario de Ag y Cu. La pirrotina encontrada en la veta “San José” suele reemplazar a la pirita. La bornita suele ser reemplazada por covelina, mientras que la calcosina por pirita.

Análisis de resultados de laboratorio para elementos Au, Ag en y Cu.

Los elementos de interés para complementar la caracterización geológica y mineralógica de las vetas San José y La Arenosa son: Oro, Plata, y Cobre.

El análisis químico de las muestras se realizó en el Laboratorio Golden Lab ubicado en el cantón Portovelo, el oro fue determinado por el método de ensayo al fuego con terminación en espectrofotometría de absorción atómica (EF-AA) y el cobre se determinó por espectrofotometría de absorción atómica AA).

En base a la caracterización mineralógica de las vetas “San José” y “La Arenosa” junto a los resultados en (g/ton) y (%) de los elementos químicos de interés para el presente estudio se define a la veta “San José” como la estructura mineralizada con valores más representativos en ley mineral, atribuidos a mineralización dominante de sulfuros de cobre y hierro además de óxidos junto a carbonatos, parámetros no representativos para resultados de ley mineral en la veta “La Arenosa”.

Los resultados de análisis químico de laboratorio para este estudio se recogen en base a un total de 10 muestras que se refieren como anexos del siguiente trabajo en la tabla 1.

Discusión

Integrando los parámetros geológicos que se analizaron en el siguiente estudio producto de análisis microscópicos macroscópicos y químicos de las muestras tomadas en las vetas “San José” y “La Arenosa” mediante los métodos de muestreo por canales y volumétricos junto a sus respectivas interpretaciones realizadas, se elaboraron dos mapas geológicos para la zona de estudio divididos en 3 secciones para los sectores centro, sur y norte de la veta “San José” y 1 sección para la veta “La

Arenosa” representados sobre el mapa topográfico base a escala 1:200. El objetivo del mapeo de las mencionadas estructuras mineralizadas fue definir su caracterización litológica, mineralógica, las

estructuras presentes y sus texturas. Se realizó también el análisis de la roca estéril o roca de caja como, así como el de las vetas siendo estas analizadas *in-situ* y complementadas con un estudio detallado

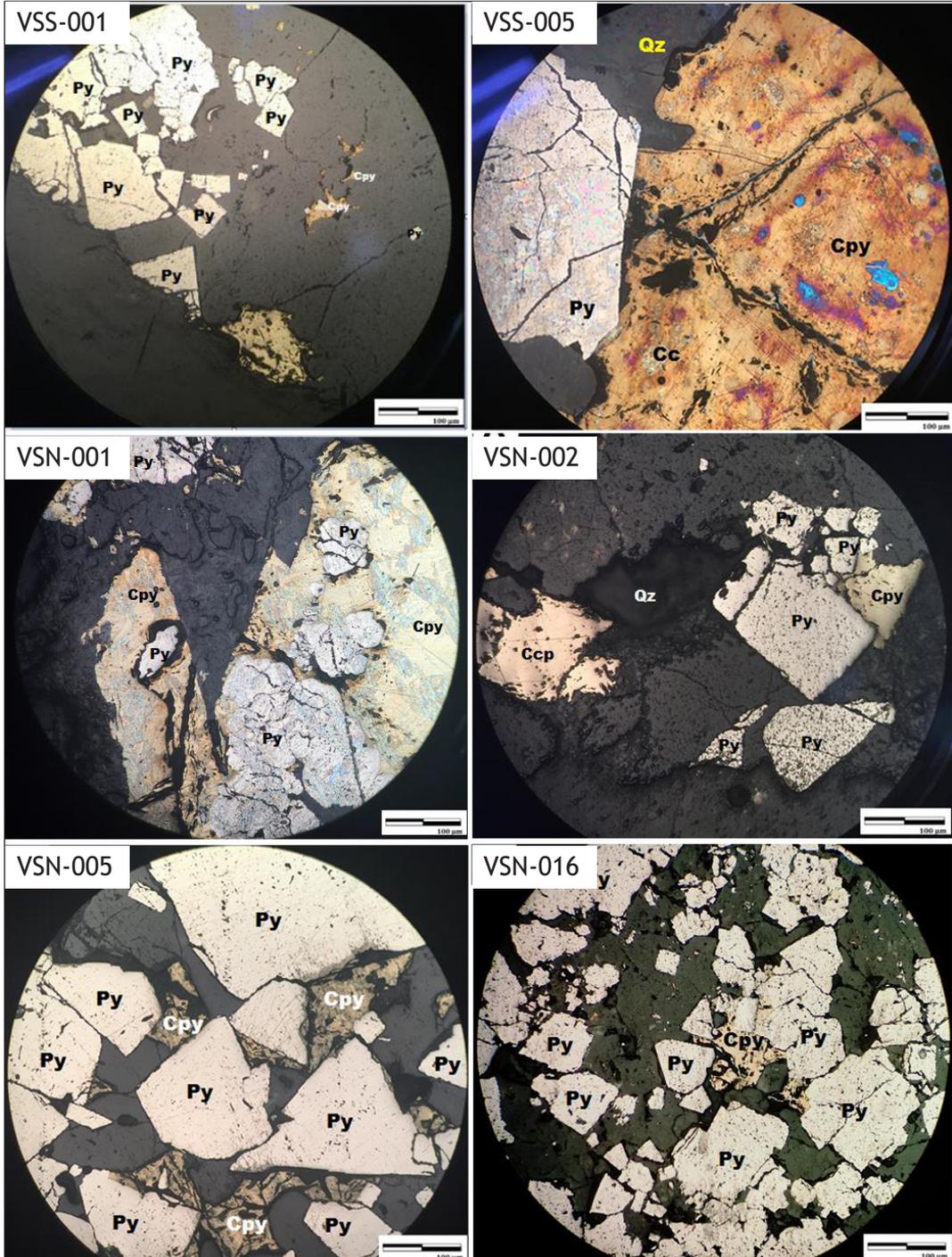


Figura 3. Ista de principales secciones pulidas en microscopio de luz reflejada, objetivo de aumento 10X en nicóles II.

Tabla 1. Resultados de análisis químicos de muestreos realizados para elementos Au y Ag en (g/ton) y Cu en (%).

MUESTRA	Au-g/TM	Ag-g/TM	%Cu Cobre
	Oro-total	Platatal	
	E.F	E.F	AA
VSJN-001	3,33	93,73	3,88
VSJN-002	0,33	104,53	2,40
VSJN-003	1,67	17,07	0,62
VSJN-005	0,47	77,07	2,16
VSJS-001	0,27	65,87	3,38
VSJS-002	0,27	10,07	0,27
VAS-001	0,67	16,53	0,15
VAS-002	0,33	11,80	0,19
VAS-003	0,13	3,20	0,11
VAS-004	0,20	3,80	0,12

de secciones delgadas y secciones pulidas, resultados que se presentan en este capítulo. Finalmente, con el estudio por análisis químico se definió la concentración en g/ton de los elementos Au, Ag y en % para Cu para determinar entre las 2 vetas la zona mineralizada con mayor interés económico con el objetivo de planificar futuras labores mineras subterráneas.

Conclusiones

La investigación realizada en la zona de estudio definió estructuras mineralizadas en forma de vetas con orientación preferencial N-S y ligeras variaciones NO-SE y NESO y zonas de falla con orientación preferencial SE, confirmando el modelo estructural definido para el distrito minero Zaruma - Portovelo (Bonilla, 2009).

La mineralización de la veta “San José” está dominada por sulfuros de cobre, sulfuros de hierro, óxidos y silicatos. La alteración de minerales de cobre dio lugar a la formación de carbonatos.

Se encontraron estructuras tipo stockworks que aparecen en la veta “San José” producto de un fracturamiento no tan amplio para el relleno de soluciones mineralizantes por consiguiente no se forman vetas sino vetillas de pocos milímetros de espesor que no representan mineral económicamente rentable.

La mineralización en la veta “San José” está relacionada a las texturas de relleno crustiforme y coliforme donde las leyes minerales fueron mayores en relación y comparación a la veta “La Arenosa”. La mineralización en la veta “La Arenosa” presenta un porcentaje menor de carbonatos, los óxidos son más frecuentes en relación a la veta “San José”

mientras que sulfuros de cobre y hierro aparecen en porcentajes bajos.

La evaluación de los resultados del análisis químico de los elementos Au, Ag y Cu realizados por muestreos en las vetas “San José” y “La Arenosa” definen a la veta “San José” como la estructura mineral que representa mayor interés económico en relación a la veta “La Arenosa” donde las leyes minerales para los tres elementos analizados fueron relativamente más bajas.

La interpretación de análisis mineralógico definió la paragénesis de las vetas “San José” y “La Arenosa” caracterizada por los minerales cuarzo, calcopirita, pirita, esfalerita, y en menor proporción hematita, bornita, covelina y calcosina confirmando y relacionando la hipótesis de Bonilla (2009) que describe como minerales primarios de mena a la pirita, calcopirita, bornita, galena junto a la tetraedrita-tennatita, plata, oro y como minerales de enriquecimiento secundario como la covelina y la calcosina con el cuarzo como mineral dominante de ganga.

Las vetas “San José” y “La Arenosa” se formaron a poca profundidad en relación a la superficie Guilbert y Park (1986), definen a los yacimientos que se forman bajo esta condición como depósitos epitermales producto de volcanismo con actividad hidrotermal que se da a poca profundidad y bajas temperaturas.

En los depósitos de baja sulfuración predominan las vetas asociados estructuras tipo stockworks (Bonilla, 2009). En la veta “San José” en base a este tipo de estructuras se caracterizó este yacimiento como un depósito epitermal de baja sulfuración (Arribas y Hedenquist, 2000).

Se definen 2 tipos de alteración hidrotermal para las estructuras mineralizadas que son motivo de estudio: alteración argílica en la veta “La Arenosa” representada por la presencia de minerales arcillosos y alteración propilitica para la veta “San José” donde la epidota y plagioclasas alteradas son indicios de este tipo de alteración.

Los resultados de análisis químico de laboratorio para Au y Ag expresado en g/ton además de Cu en % para la veta “San José” son más representativos en relación a la veta “La Arenosa” debido a un mayor porcentaje de mineralogía presente constituida principalmente por sulfuros de cobre y hierro, óxidos, carbonatos y silicatos.

Recomendaciones

Se recomienda mantener actualizada la base topográfica subterránea en los frentes de trabajo de las vetas “San José” y “La Arenosa” con el objetivo de controlar los avances en las labores de trabajo y

planificar proyectos que definan la exploración para búsqueda de nuevas estructuras mineralizadas.

Continuar a medida que avancen los trabajos de explotación con la documentación de mapas geológicos de las vetas “San José” y “La Arenosa” y su respectiva interpretación realizando la evaluación y elaboración de criterios como posible solución a situaciones que puedan interrumpir el normal seguimiento para la explotación de las estructuras mineralizadas.

Se recomienda efectuar constantes muestreos channel sampling y grab sampling para análisis químico en las vetas “San José” y “La Arenosa” para mantener un control continuo y una correcta selección del material que se extrae en cada frente de trabajo. Para la planificación de nuevos frentes de trabajo con objetivo de extracción de material de mena, se recomienda la valoración de los resultados de análisis químicos en Au, Ag en (g/ton) y Cu en % antes de la ejecución de labores que permitan la extracción del mineral.

Se recomienda realizar pozos, subniveles y rebajes donde los estudios geológicos y análisis geoquímicos de muestreos en las vetas tengan relación de interés de tal manera que el impacto siempre sea económicamente positivo para la empresa.

Debería considerarse lugares de interés para la explotación y extracción de material en vetas donde se presenten las texturas coloforme y crustiformes complementando su asociación con el cuarzo cristalino, la magnetita y la esfalerita considerando también que en las zonas de brecha donde exista una significativa concentración de minerales de cobre es factible la extracción de material con una correcta explotación selectiva.

Referencias

- Añazco, J.P., 2017, Paragénesis de las vetas del sector Minas Nuevas, “O Nivel”, ubicado en el distrito aurífero-polimetálico Portovelo-Zaruma [Tesis de grado] Quito, Universidad Central del Ecuador.
- Bonilla, W. 2009, Metalogenia del distrito minero Zaruma-Portovelo, República del Ecuador, [Ph.D. thesis]: Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires, 219 p.
- Chuqui, R.G., 2018, Zonificación metalogénica de vetas de los sectores M y R de la mina Goldmins, ubicada en la parroquia Malvas, cantón Zaruma de la Provincia de El Oro Portovelo [Tesis de grado] Quito, Universidad Central del Ecuador.

Normas para la publicación de artículos “Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales”

Guidelines for publishing articles “Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales”

La Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales, es una revista científica-académica de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil. Su objetivo es contribuir a la producción científica, su socialización y debate, en el ámbito de las Ciencias Naturales y Ambientales. La publicación es semestral en los meses de julio y diciembre.

Los autores pueden someter sus trabajos a la Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales, en español o inglés. Deben asumir los siguientes lineamientos, los artículos que no lo sigan serán rechazados o devueltos para que se realicen las correcciones pertinentes:

Tipos de artículos

1. La Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales publicará artículos sobre diversos aspectos de las Ciencias Naturales, pudiendo ser de cuatro tipos:

- De investigación, que reportan investigación básica original relacionada con los campos de las ciencias antes descritas, usando enfoques cualitativos, cuantitativos o mixtos.
- De revisión, que contribuyan al progreso de la producción de conocimiento en alguno de los campos de las ciencias antes descritas. Se trata de manuscritos orientados a sintetizar investigación científica previa, a discutir problemas metodológicos o conceptuales.
- De discusión, que contribuyan a la discusión de los diversos aspectos de las Ciencias antes descritas.
- De ensayo.

No se publicarán artículos que expresen exclusivamente opiniones, anécdotas o interpretaciones no fundamentadas.

Originalidad

2. Los trabajos deben ser originales e inéditos. No deben haber sido presentados en otra editorial simultáneamente.

Componentes de los escritos

3. La estructura de los documentos presentados contendrán los siguientes apartados:

a) Título

- b) Resumen
- c) Palabras clave
- d) Introducción
- e) Materiales y métodos
- f) Resultados
- g) Discusión
- h) Conclusiones
- i) Recomendaciones
- j) Referencias

4. El “Título” debe incluir la siguiente información:

- a) Título del artículo, éste debe estar en Español e Inglés.
- b) Nombre completo del autor o de los autores; éste debe tener un sólo apellido, en caso de incluir el apellido materno los dos apellidos deben estar unidos con un guión, por ejemplo: Torres-Pinto.
- c) Nombre y dirección completa de la institución, centro de estudio o trabajo actual a la que pertenece y posición que desempeña, incluyendo números telefónicos y correo electrónico.

Los datos personales facilitados por los autores a esta revista se usarán exclusivamente para los fines declarados por la misma, no estando disponibles para ningún otro propósito.

- 5. El resumen debe estar escrito en español e inglés y no debe superar las 200 palabras. Éste debe resumir la información sobre el propósito, objetivos e hipótesis del trabajo, así como su procedimiento, resultados y conclusión.
- 6. Después del resumen se indicarán cuatro palabras clave en español e inglés, esas deben de estar escritas en orden alfabético según cada idioma. Con este fin se utilizará el Tesoro de la UNESCO (Consulte en: <http://databases.unesco.org/thesp/>).
- 7. Las referencias deben de incluirse todas y únicamente las publicaciones citadas en el texto.

Normas de estilo

- 8. Los trabajos deben ser compatibles con Microsoft Word. La extensión no debe superar las 7.000 palabras, incluyendo el título, el resumen, las referencias bibliográficas, tablas y figuras.
- 9. Deben estar configurados en formato A4, con letra Times New Roman de 12 puntos con interlineado de 1,5, a una columna, justificado al margen izquierdo.

* Correspondencia de la revista:

E-mail: revistacienciasnaturales@ug.edu.ec



10. Para la entrega del documento, las tablas y las figuras deben estar aparte del archivo, no incluido.
11. Las imágenes, las fotografías en blanco y negro deben tener una resolución mínima de 300 dpi, las fotografías a color deben tener una resolución mínima de 600 dpi y las ilustraciones o dibujos en blanco y negro deben tener una resolución de 1.200 dpi. en formato .jpg, .tiff, .raw o psd.
12. Las tablas deberán estar en excel o algún editor de hojas de cálculo.
13. Se recibirán un máximo de 5 figuras y 5 tablas por artículo, salvo resolución editorial para casos particulares.
14. Toda tabla y figura debe estar citado dentro del texto del manuscrito.
15. Las leyendas de las tabla o figuras, se deben colocar al final del documento, después de la bibliografía, debidamente numeradas.
16. Para la redacción de los trabajos los autores deberán apearse a las pautas del Manual de Estilo de Chicago de acuerdo con los siguientes ejemplos:

Cuando se haga referencia de manera general a una obra, se escribirá el apellido del autor, el año de publicación y el número de página, dentro de un paréntesis: (Alberti, 2002), o en el caso de dos autores (Rodríguez y García: 1998); si son más de dos autores se anotará (Sánchez *et al.*, 2003).

En el caso de citar obras del mismo autor publicadas en el mismo año, esas se ordenarán alfabéticamente y se les distinguirá con una letra minúscula después del año: "La poesía no puede sacar partido del arrepentimiento, pues no bien se plantea este último, el escenario es interno" (Kierkegaard, 1992a)... "Un momento así exige tranquilidad, no debe ser perturbado por la reflexión" (Kierkegaard, 1992b). Se debe citar en orden cronológico.

La bibliografía debe estar escrita en el mismo sistema, ordenada alfabética y cronológicamente según corresponda. No usar mayúsculas continuas. Los apellidos y nombres de los autores deben estar completos, es decir, no deben anotarse solo abreviaturas. Como norma general, los títulos de libros se reseñarán en cursiva; y los títulos de artículos con tipografía normal; véanse los siguientes ejemplos:

Para revistas:

- Van Beusekom, C. F. 1971. Revision of *Meliosma* (Sabiaceae) section *Lorenzanea* excepted, living and fossil, geography and phylogeny. *Blumea* 19: 355-529.
- Johnson, L. A. S. & B. G. Briggs. 1975. On the Proteaceae: The evolution and classification of a southern family. *Bot. Jour. Linnean Soc.* 70:83-182.

Para libros:

- Holdridge, L. R. 1967. *Life zone ecology*. Edición revisada. Tropical Science. Center. San José, Costa Rica.

- Pennington, T. D. 1997. *The genus Inga, Botany*. The Royal Botanic Gardens, Kew, United Kingdom.
- Jørgensen, P. M. & S. León-Yáñez. 1999. *Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador*. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 75: 1-1181.

Para series monográficas:

- Berg, C. C. 1998. Moraceae (excl. *Ficus*). *Flora of Ecuador* 60: 1-128.
- Henderson, A. 2000. *Bactris* (Palmae). *Flora Neotropica Monograph* 79: 1-181.

Para capítulos de libros:

- Herrera, W. 1985. Clima de Costa Rica. En: L. D. Gómez (ed.). *Vegetación y clima de Costa Rica*. Vol. 2. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.
- Herrera-MacBryde, O., T. R. Maldonado, V. Jiménez & K. Thomsen. 1997. Osa Península and Corcovado National Park Costa Rica. En: S. D. Davis, V. H. Heywood, O. Herrera-MacBryde, J. Villa-Lobos & A. C. Hamilton (eds.). *Centres of Plant Diversity. A guide and strategy for their conservation* Vol. 3, World Wildlife Fund, International Conservation Union.

Para referencias a sitios web:

Para publicaciones disponibles en línea:

- Bestland, E. A. & G. Retallack. 1994. *Geology and paleoenvironments of the Clarno unit, John Day Fossil Beds National Monument, Oregon. Final report*. http://www.nps.gov/history/history/online_books/joda/besttland-retallack1/index.htm Consulta Agosto 2014.

Para publicaciones disponibles en línea que están en permanente actualización:

- Stevens, P. F. 2001, en adelante. Angiosperm Phylogeny Website. Version 9, June 2008 [en actualización continua]. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>.

Para páginas web de instituciones:

- The New York Botanical Garden (NYBG). Consulta 2010. *The C. V. Starr Virtual Herbarium* <http://sciweb.nybg.org/science2/VirtualHerbarium.asp> The New York Botanical Garden, Bronx, New York.

En caso de haber dos o más publicaciones de un mismo autor:

- Cornejo, X. 2009. Two new species of *Pentagonia* (Rubiaceae, Hippotidae) from Colombia and Ecuador. *Novon* 19:25-31.
- . 2010. *Pentagonia lanciloba*: A new Rubiaceae (Hippotidae) from northwestern Ecuador. *Brittonia* 62:7-11.

En caso de haber dos o más publicaciones de un mismo autor y durante el mismo año, agregar un literal después del año:

Cornejo, X. & H. H. Ittis. 2008a. The reinstatement of *Cappariastrum* (Capparaceae). *Harvard Pap. Bot.* 13:229-236.

---- & ----. 2008b. A revision of the American species of the genus *Crateva* (Capparaceae). *Harvard Pap. Bot.* 13:121-135.

Proceso editorial

17. El documento recibido por el editor responsable pasa por dos procesos de selección:
 - a) El primero se lleva a cabo en el Consejo Editorial Interno, quien determinará la pertinencia y solvencia científica del manuscrito.
 - b) El segundo proceso lo realiza el Consejo Editorial Externo, según el sistema de revisión por pares (doble ciego). En el caso de resultados discrepantes se remitirán a un tercer dictamen, el cual será definitivo.
18. El Consejo Editorial notificará a los autores la decisión de los evaluadores en cuanto a la aceptación, solicitud de revisión o rechazo del artículo.
19. Si el artículo es aceptado para la publicación, los editores combinarán los comentarios de los revisores con sus propias observaciones editoriales y regresarán el manuscrito al autor principal para su revisión final. Para su aceptación final, el autor debe entonces realizar las correcciones y cambios necesarios. Usualmente el tiempo dado para los cambios no será mayor a dos semanas.
20. La coordinación editorial de la revista se reserva el derecho de hacer corrección de estilo y cambios editoriales que considere necesarios para mejorar el trabajo.
21. Una vez diagramado el texto, se enviará una prueba de composición del artículo para corregir errores y su aprobación. En este punto no será posible hacer cambios en el manuscrito, sino solamente corregir errores. El autor debe retornar la prueba de impresión a los editores máximo una semana después de haberla recibido.
22. Si un artículo es publicado en la Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales, el artículo será subido a la página web: <https://www.revistas.ug.edu.ec/index.php/cna>

Declaración de responsabilidad

23. Como parte del proceso de envío, se requiere que los autores indiquen si sus envíos cumplen con las siguientes indicaciones:
 - a. El envío no ha sido publicado previamente ni se ha enviado previamente a otra revista (o se ha proporcionado una explicación al Editor responsable).
 - b. El fichero enviado está en formato Microsoft Word o compatible, y no tiene una extensión superior a 7.000 palabras.
 - c. El texto tiene interlineado 1.5; el tamaño de fuente es 12 puntos y el tipo es Times New Roman; y todas las ilustraciones, figuras y tablas están dentro del texto en el sitio que les corresponde y no al final.
 - d. El texto cumple con los requisitos bibliográficos y de estilo de la norma Chicago.
 - e. La página "Título" incluye todos los datos identificativos de los autores.

Derechos de autor

24. Las obras que se publican en esta revista están sujetas a los siguientes términos:
 - a. El Servicio de Publicaciones de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil (la editorial) conserva los derechos patrimoniales (copyright - © 2015, Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil, Ecuador) de las obras publicadas, y favorece y permite la reutilización de las mismas bajo la licencia de uso indicada en el literal b.
 - b. Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales se publica en versión escrita bajo una licencia <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/ec/>. Se pueden copiar, usar, difundir, transmitir y exponer públicamente, siempre que: i) se cite la autoría y la fuente original de su publicación (revista e editorial); ii) no se usen para fines comerciales; iii) se mencione la existencia y especificaciones de esta licencia de uso.

Presentación

25. Los artículos deben ser enviados mediante archivos adjuntos al e-mail: revistacienciasnaturales@ug.edu.ec, con copia al editor responsable: carmenbonifaz@hotmail.com.

Contenidos de la Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales Vol. 13(2)

Determinación de la capacidad de remoción de cadmio por <i>salvinia auriculata</i> Aubl. en agua contaminada / Determination of the capacity of removal of cadmium by <i>salvinia auriculata</i> Aubl. in polluted water	73
.....Melanie Ayala-Luna, Beatriz Pernía & Xavier Cornejo.....	
Contenido estomacal del bagre lisa (<i>Ariopsis guatemalensis</i> Günther, 1864) en el Estero Salado de Guayaquil, Ecuador / Stomach content of the smooth catfish (<i>Ariopsis guatemalensis</i> Günther, 1864) in the Estero Salado Estuary of Guayaquil, Ecuador	84
.....Danilo Bejarano-Zambrano & Antonio Torres	
Actividad biológica y composición química en extractos de <i>Cucurbita ecuadorensis</i> H.C. Cutler & Whitaker / Biological activity and chemical composition in extracts of <i>Cucurbita ecuadorensis</i> H.C. Cutler & Whitaker	92
.....Jhon Castillo & Shirley Moncayo	
Niveles de cadmio en peces de alto consumo de aguas continentales en la Provincia de los Ríos, Ecuador / Cadmium levels in high consumption fish from continental waters In the Province of los Ríos, Ecuador	105
.....Sharon Ruíz-Del Rosario & Rubén Castro-Rendón ..	
Caracterización geológica y mineralógica de las vetas “San José” y “La Arenosa”, en la mina Santa Marianita de la parroquia Malvas, cantón Zaruma provincia de El Oro / Geological and mineralogical characterization of “San José” and “La Arenosa” veins, in Santa Marianita mine of Malvas parish, Zaruma district El Oro province	111
.....Luis Satián & Jorge Alonso ..	
Normas para la publicación de artículos “Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales” / Guidelines for publishing articles “Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales”	