

ISSN: 1390-8413

Volumen 10 | Número 2 | Diciembre 2016

Revista Científica

Ciencias Naturales y Ambientales



UNIVERSIDAD
DE GUAYAQUIL



Facultad
de Ciencias Naturales

Plantas acuáticas con potencial para fitoextracción de Cadmio en arrozales del Cantón Daule, provincia del Guayas, Ecuador

Aquatic plants with potential for phytoextraction of Cadmium in rice fields of Daule Parish, Province of Guayas, Ecuador

Beatriz Pernía^{1,*}, Mariuxi Mero², Jorge Muñoz³, Kenya Bravo³, Naskia Morán³, Josué Zambrano⁴, Xavier Cornejo⁵, Ámbar Benavides⁴ & Genoveva Torres²

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

² Investigador del Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales (IIRN), Universidad de Guayaquil, Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo, Guayaquil, Ecuador

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

⁴ Estudiante de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo, Guayaquil, Ecuador

⁵ Herbario GUAY, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo, Guayaquil, Ecuador

Recibido 19 de octubre 2016; recibido en forma revisada 7 de noviembre 2016, aceptado 14 de noviembre 2016
Disponible en línea 31 de diciembre 2016

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue hallar plantas fitoextractoras de Cd asociadas a las áreas de producción de arroz, con la finalidad de proponer una estrategia para la mitigación de la contaminación por este elemento. Se realizaron salidas de campo a la zona de estudio localizada en el Cantón Daule, en la provincia del Guayas, Ecuador. Se tomaron muestras de las siguientes especies asociadas a los cultivos, que habían previamente sido referenciadas como plantas hiperacumuladoras de Cd: *Azolla* sp., *Eichhornia crassipes* y *Limnocharis flava*. Las plantas se reprodujeron para realizar bioensayos de tolerancia y determinar su factor de bioconcentración (FBC). Para ello, las plantas en estudio se expusieron a 0, 0.25, 0.5, 1 y 2 mg/L Cd, durante 7 días. Las muestras se lavaron con agua destilada, se secaron en estufa, y se determinó la biomasa en peso seco en balanzas analíticas. La digestión de muestras se realizó con HNO₃ y H₂O₂, para la lectura de Cadmio se utilizó un Espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin Elmer Analyst 100). Las especies más tolerantes fueron *E. crassipes* y *L. flava*; *Azolla* sp. presentó inhibición de crecimiento. El índice de tolerancia de *Limnocharis* fue de 116,46 %, y de *Eichhornia* fue de 123,57%. El mayor FBC lo presentó *Azolla* (6136,13±25,28), seguido por *Eichhornia* (2656,74±1429,10) y finalmente por *Limnocharis* (1860±320). La mayor captación de Cd se observó en la biomasa de *Azolla* (6136±25,28 mg/Kg Cd), en raíces de *Eichhornia* (1482±368,41 mg/Kg Cd) y en raíces de *Limnocharis* (817,3±100,7 mg/kg Cd). En el tratamiento de 0.25 mg/L de Cd se encontraron los mayores porcentajes de remoción en las soluciones: 46,3% 100% y 30% para *Azolla*, *Eichhornia* y *Limnocharis*, respectivamente. Como una estrategia de mitigación, se propone el co-cultivo de las especies fitoextractoras aquí estudiadas para que compitan por el Cd con las plantas de *Oryza sativa*.

Palabras clave: *Azolla*, bioacumulación, cadmio, Ecuador, *Eichhornia crassipes*, fitoextractoras, *Limnocharis flava*, mitigación.

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



Abstract

The aim of the present work was to find native plants associated to rice crops for Cd phytoextraction in order to elaborate a strategy for mitigation of contamination by Cd. Field trips were conducted in the study area, located in Daule parish, province of Guayas, western Ecuador. The following species associated to rice crops, those previously recorded in the literature as hyperaccumulators of Cd, were sampled: *Azolla* sp., *Eichhornia crassipes* and *Limnocharis flava*. Tolerance and the bioconcentration factor (BCFs) were tested on plants reproduced in lab. During seven days those were exposed at 0, 0.25, 0.5, 1 and 2 mg/L Cd. Samples were rinsed with distilled water and oven-dried, the biomass was recorded dry on analytic weights. Samples were digested with HNO₃ and H₂O₂, Atomic Absorption Spectrophotometer (Perkin Elmer AAnalyst 100) was used for Cd reading. Species with high tolerance were *Eichhornia crassipes* and *Limnocharis flava*; meanwhile *Azolla* sp. displayed growth inhibition. Tolerance index for *Limnocharis* is of 116,46 %, and for *Eichhornia* is of 123,57%. Highest BCFs was recorded for *Azolla* (6136,13±25,28), followed by *Eichhornia* (2656,74±1429,10), and finally by *Limnocharis* (1860±320). Highest concentration of Cd was recorded on the biomass of *Azolla* (6136±25,28 mg/Kg Cd), roots of *Eichhornia* (1482±368,41 mg/Kg Cd), and roots of *Limnocharis* (817,3±100,7 mg/kg Cd). Highest percentages of retrieval on solutions of 46,3% 100% and 30% were found on a treatment of 0.25 mg/L of Cd for *Azolla*, *Eichhornia* and *Limnocharis*, respectively. A mixed culture of *Oryza sativa* jointly with the herein reported plant species for phytoextraction is recommended to compete with each other for Cd as an strategy for mitigation.

Key words: *Azolla*, bioacumulación, cadmio, Ecuador, *Eichhornia crassipes*, fitoextractoras, *Limnocharis flava*, mitigación.

Introducción

El Cd es uno de los metales pesados más tóxicos y móviles en los suelos agrícolas. Este es capaz de transferirse a las plantas y acumularse en las partes comestibles, generando reducción en la productividad de las cosechas y una variedad de efectos tóxicos agudos y crónicos en los seres humanos (Wan et al., 2016). Se ha asociado al Cd una serie de enfermedades tales como diabetes, osteoporosis, hipertensión, daño renal y cáncer (Clemens et al., 2013). En las plantas, altas concentraciones de Cd generan cambios a nivel morfológico, fisiológico y bioquímico, tales como inhibición del crecimiento, déficit hídrico, inhibición de la fotosíntesis y la germinación, estrés oxidativo, entre otros efectos que traen como consecuencia pérdidas económicas en la agricultura y ponen en peligro la seguridad alimentaria (Pernía et al., 2008; Sharma & Archana, 2016).

En Ecuador existen evidencias de contaminación por Cd en suelos agrícolas. Félix et al. (1986) hallaron Cd en suelos de cultivos de café (0,020-0,303 mg/kg Cd), palma africana (0,02-0,68 mg/kg Cd), banano (0,09-0,38 mg/kg Cd) y plátano (0,06-0,096 mg/kg Cd). De igual forma, Mite et al. (2010) encontraron altos contenidos de Cd en suelos de cultivo de cacao en varias provincias de Ecuador: Esmeraldas (0,22-0,88 mg/kg Cd), Santo Domingo (0,33-0,53 mg/kg Cd), Los Ríos (0,17-0,66 mg/kg Cd), Manabí (0,46-2,37 mg/kg Cd) y en Guayas (0,25-1,65 mg/kg Cd). Además, Chávez et al. (2015) hallaron valores de 0,66-2,59 mg/kg Cd en suelos de cultivo de cacao en la Provincia del Guayas.

En cuanto a los cultivos de arroz, Pozo et al. (2011) reportaron 0,04-0,39 mg/kg Cd en suelos a orillas

del río Babahoyo. Finalmente, nuestro equipo de investigación analizó la concentración de Cd en suelos de cultivo de arroz en los cantones Daule y Nobol, registrando valores de 0,26-2,86 mg/kg Cd (Muñoz et al., 2016). Según el Texto Unificado de Legislación Secundaria y Medio Ambiente, en el Libro VI, Anexo 2, sobre los criterios de calidad del suelo en Ecuador, se indica como límite máximo permisible 0,5 mg/kg Cd; sin embargo, las normas internacionales son aún más estrictas en cuanto a los suelos agrícolas, sugiriendo como valor crítico 0,43 mg/kg de Cd (USEPA, 2002). Esto indica que varios suelos de uso agrícola superan los límites permisibles, por lo que se hipotetiza que las plantas de cultivo en Ecuador podrían estar acumulando Cd.

Según algunos autores, la contaminación por Cd en la provincia de Guayas es de origen geogénico y antropogénico, pero se ha reportado que en los suelos agrícolas los principales responsables son el uso de fertilizantes fosfatados y las aguas de riego proveniente de ríos contaminados (Pozo et al., 2011; Chávez et al., 2015). La provincia del Guayas contiene la mayor cantidad de hectáreas cultivadas con arroz en Ecuador; se estiman unas 87.888 ha, de las cuales 17.027 ha corresponden al cantón Daule (Aguilar et al., 2015). Este cantón posee una tierra privilegiada para la producción de arroz por las condiciones únicas de sus suelos, su ubicación a escasos metros del nivel del mar con una alta luminosidad solar y la provisión constante de agua (Prefectura del Guayas, 2016). Sin embargo, estos suelos son irrigados con agua del río Daule, el cual se encuentra contaminado con Cd a razón de 0,011±0,003 mg/L Cd (Ramírez et al., 2016).

Dentro de las plantas de cultivo, el arroz (*Oryza sativa* L.) es una de las especies con mayor capacidad de

acumular Cd y transferirlo a su parte comestible y consecuentemente a la cadena trófica, por lo que es urgente tomar medidas para mitigar este problema. En Daule se detectaron valores altos de Cd en raíces $0,50 \pm 0$ mg/kg, en hojas $0,44 \pm 0,08$ mg/kg y en granos $0,19 \pm 0,050$ mg/kg de arroz (Muñoz et al., 2016).

En los últimos años se han desarrollado estrategias como la reducción de la biodisponibilidad del metal en el suelo, adicionando compuestos como silicato de calcio, hierro y magnesio para que compitan con el Cd (Liu et al., 2013; Zhao y Saigusa, 2007). Otros autores sugieren el uso de tecnologías que presentan la desventaja de ser más costosas, implican largos periodos de tiempo, generan daño a la estructura del suelo o causan contaminación secundaria (Khan et al., 2000). Es por ello que la estrategia más segura y rentable es la fitorremediación, esta es una biotecnología efectiva, económica y ambientalmente aceptada donde se utilizan plantas para descontaminar agua y suelos (Castrillo et al., 2012; Sytar et al., 2016).

En este sentido, en otros países se han utilizado plantas hiperacumuladoras de Cd tales como *Thlaspi caerulescens* o *Brassica juncea* (ambas Brassicaceae) en intercultivo en modo de rotación de cultivos con plantas de arroz, como estrategia para disminuir los niveles de Cd de los suelos agrícolas (Keller y Hammer 2004; Wu et al., 2011). Sin embargo, para evitar la introducción de especies exóticas, el objetivo del presente trabajo fue hallar plantas nativas fitoextractoras de Cd asociadas a las áreas de producción de arroz en el cantón Daule, en la provincia del Guayas, en la costa de Ecuador, y proponer una estrategia para la mitigación de la contaminación, cuya finalidad es: i) Evitar la introducción de especies, ii) Determinar el potencial de acumulación de Cd de las especies nativas seleccionadas, y, 3) Remover el Cd del medio.

Materiales y métodos

Área de estudio

El presente trabajo se realizó en el cantón Daule, ubicado a 22 msnm, con una temperatura promedio de 24°C y una precipitación promedio anual de 1500 msnm (Prefectura del Guayas, 2016). Dentro de su red hidrográfica se encuentra el río Daule, el cual abastece de agua a la mayor parte de los cultivos. El área de estudio (Fig. 1) se localizó en 3 arroceras cercanas al río Daule, sus coordenadas geográficas se muestran en la Tabla 1.

Especies seleccionadas

Se realizó una inspección en el área de estudio y se seleccionaron las especies de plantas descritas en la literatura como hiperacumuladoras de Cd (Fig. 2), éstas son: *Azolla* sp., *Eichhornia crassipes* y *Limnocharis flava*. Las plantas fueron colectadas en bolsas plásticas estériles y transportadas hasta el Instituto de Investigaciones y Recursos Naturales de la Universidad de Guayaquil (IIRN), donde se lavaron con agua corriente para eliminar epífitos, larvas y fueron

reproducidas para los bioensayos. A continuación se describen las características de las especies seleccionadas:

Azolla Lam., es un diminuto helecho acuático de la familia Salviniaceae. Este posee una alta velocidad de crecimiento, crece en simbiosis con la cianobacteria *Anabaena azollae* Strasb., la cual le permite fijar grandes cantidades de nitrógeno ambiental. Numerosos autores han descrito este helecho como acumulador de metales pesados (El-all et al., 2011; Tan et al., 2011; Sela et al., 1988; Pandey, 2012).

Eichhornia crassipes (Mart.) Solms, es una planta acuática flotante perteneciente a la familia Pontederiaceae, comúnmente es conocida como Jacinto de agua. Esta posee un rápido crecimiento, una gran capacidad de reproducción y es originaria de Brazil (Patel, 2012). Ha sido introducida como una planta ornamental en algunos países tropicales y debido a su rápido crecimiento y adaptabilidad se ha convertido en una especie invasora (Patel, 2012). Por su capacidad de acumular metales pesados, especialmente Cd, en la actualidad se la está utilizando en el tratamiento de aguas servidas (Agunbiade et al., 2009; Carrión et al., 2012; Mahamadi, 2012; Zhang et al., 2015).

Limnocharis flava (L.) Buchenau, es una maleza acuática enraizada perteneciente a la familia Alismataceae. Habita en pantanos poco profundos, acequias, piscinas y campos de arroz anegado, se reproduce en aguas estancadas (Abhilash et al., 2008). Recientemente ha sido descrita como una especie hiperacumuladora de Cd (Anninget al., 2013; Rachmadiarti et al., 2012; Abhilash et al., 2009).

Cultivo de las plantas

Las plantas de *Eichhornia crassipes* se reprodujeron en piscinas ubicadas en el Laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil. *Azolla* sp. se reprodujo en envases de plástico de 30 cm diámetro y 2 L de solución nutritiva, para la cual se utilizó el fertilizante Multiflor® según las indicaciones del fabricante. *Limnocharis flava* se cultivó a partir de semillas colectadas de individuos que se encontraban creciendo junto a las plantas de arroz en el cantón Daule. Las semillas fueron transferidas a envases de plástico que contenían suelo del humedal y una capa de 10 cm de solución nutritiva. Las semillas germinaron a los 15 días y se dejaron crecer por 3 meses.

Tabla 1. Coordenadas geográficas del área de estudio.

Cantón	Muestra	UTM	
		X	Y
Daule	D1	610860	9793821
Daule	D2	609384	9796267
Daule	D3	608122	9799508
Daule	D4	624237	9782381
Daule	D5	621097	9783651
Daule	D6	616878	9781867

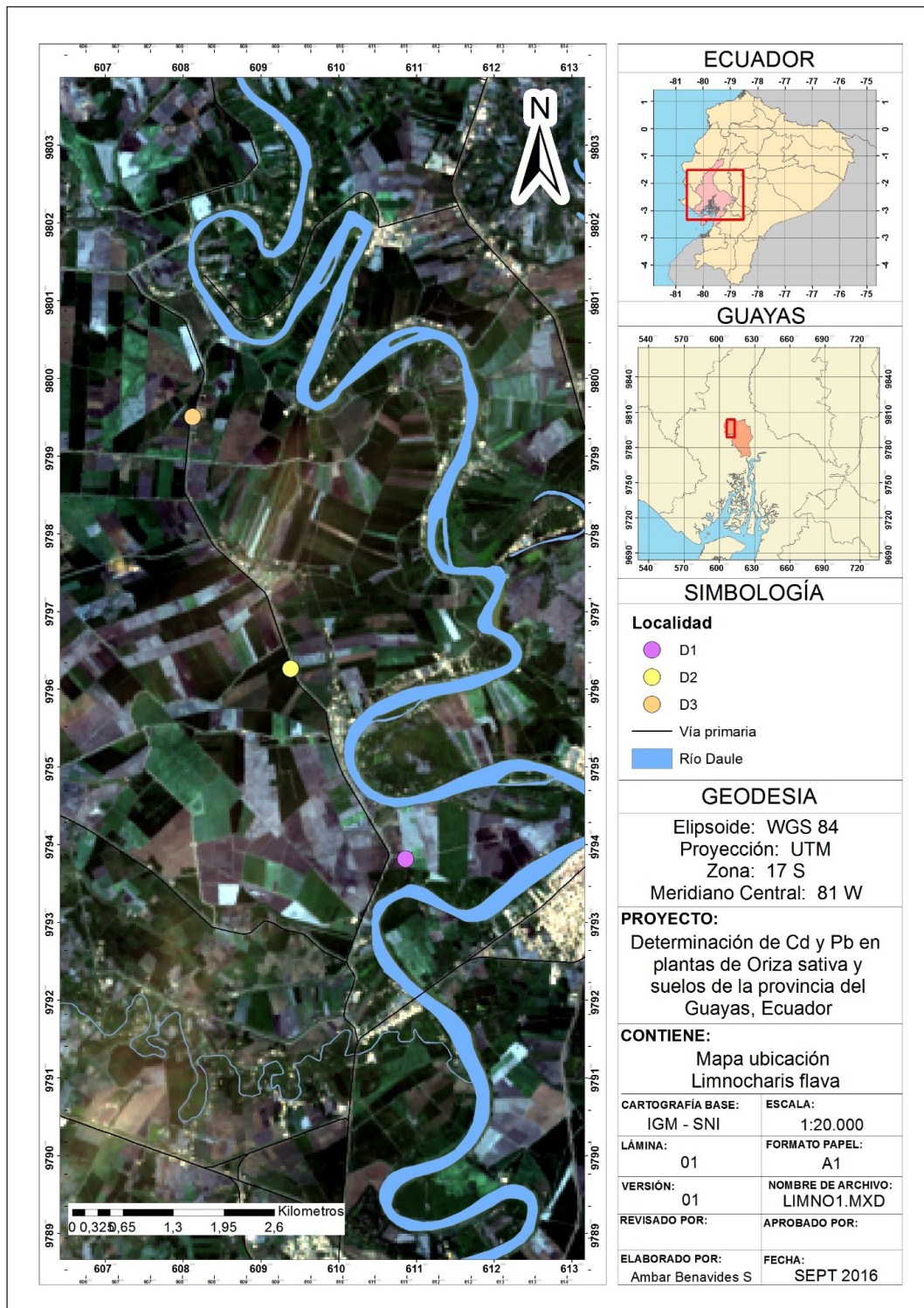


Figura 1. Mapa del área de estudio.

Las plantas se cultivaron a la sombra a temperatura ambiente de 24°-33°C, un fotoperiodo de 12h y radiación promedio de 4574,99 Wh-m²/10.

Bioensayos

Plantas de la misma edad y tamaño fueron aclimatadas en solución nutritiva por 15 días previo al experimento en envases de plástico de 15 cm de diámetro y capacidad de 2 L, a los cuales se les añadió solución nutritiva ajustada a un pH de 5,5 (pH promedio del suelo de las arroceras) utilizando HCl (1N). Posteriormente, en el caso de *L. flava* se les colocó una tapa de espumafón y en el centro de la tapa se abrió un agujero para insertar las plantas (Fig. 2). Una vez aclimatadas fueron expuestas por 7 días a una solución nutritiva (pH 5,5) con distintas soluciones de CdCl₂: 0 (grupo control), 0,25, 0,50, 1 y 2 mg/L CdCl₂. Como control abiótico se colocó otra unidad experimental con 2 mg/L CdCl₂ sin plantas. Los experimentos se realizaron por triplicado.

Después de los 7 días de exposición al Cd las plantas fueron lavadas con agua destilada para retirar los excesos de Cd y se dividieron en raíces, tallos y hojas. Se pesaron en una balanza analítica Sartorius modelo BL210S y se llevaron a peso seco constante a 70°C durante 3 días en una estufa Metler. Se determinó el peso fresco y la biomasa por órganos, así como la tolerancia al Cd. Para determinar la tolerancia al Cd en las plantas se comparó el peso seco de la raíz y del vástago entre plantas tratadas y no tratadas, utilizando la siguiente fórmula: Índice de tolerancia (%) = crecimiento en la solución + metal x 100/ Crecimiento en la solución-metal (Wilkins, 1978).

Procesamiento

La solución de cada uno de los tratamientos fue acidificada con 1% HNO₃ y filtrada con papel Whatman N°40. Las plantas una vez secadas fueron trituradas y se pesaron en una balanza analítica Sartorius modelo BL210S, fueron digeridas en ácido nítrico y peróxido de hidrógeno para luego ser calentadas a 70°C en una plancha de calentamiento (PMC), según la metodología de Thayaparan et al. (2013).

A continuación, las muestras procesadas fueron filtradas con papel Whatman N°40 para consiguientemente enrasarlas a 50 ml con agua bidestilada en matraces. Las muestras de soluciones y plantas digeridas fueron analizadas en un Espectrofotómetro de absorción atómica de llama Perkin Elmer modelo AAnalyst100, usando la metodología interna del laboratorio del IIRN basada en la metodología descrita en Standard Methods (2005). Para generar las curvas de calibración se utilizaron estándares comerciales de Cd (AccuStandar). Las muestras se leyeron a 228,8 nm para el Cd, con un límite de detección de 0,002 mg/kg. Todas las mediciones se realizaron por triplicado (n=3).

Factor de Bioconcentración

La capacidad de acumular metales pesados se determinó utilizando el Factor de Bioconcentración

(FBC). Este es la relación entre el Cd acumulado en la planta y el Cd presente en el medio (Brooks, 1998), y se determinó utilizando la siguiente fórmula:

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

Factor de Transferencia

El factor de Transferencia (FT) expresa la capacidad de transferir el metal pesado de las raíces al vástago (Brooks, 1998). Se determina con la siguiente fórmula:

$$FT = \frac{\text{Concentración de Cd en el vástago}}{\text{Concentración de Cd en la raíz}}$$

Análisis estadísticos

Los resultados se muestran como medias ± desviaciones estándar (n=3). Las gráficas se realizaron utilizando el programa OriginPro8. Se determinó la normalidad de los datos mediante una prueba de Anderson-Darling y la igualdad de varianzas por un test de Levene. Para comparar las medias de las biomásas, concentraciones de Cd, y factores de bioconcentración se empleó una ANOVA de una vía, tomando p<0.05 como valor significativo y un test a posteriori de Tukey. En los casos donde no hubo normalidad se aplicó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Para determinar la posible correlación entre el Factor de Bioconcentración (FBC) y las diferentes concentraciones de Cd se utilizó Regresión lineal y Correlación de Pearson y finalmente se empleó estadística multivariada para analizar la correlación entre todas las variables mediante un Dendrograma. Todas las pruebas estadísticas se realizaron utilizando el programa MINITAB versión 17.0.

Resultados

Las siguientes especies previamente referenciadas como plantas hiperacumuladoras de Cd han sido registradas asociadas a los cultivos en el cantón Daule en la provincia del Guayas, Ecuador (Fig. 1): *Azolla* sp., *Eichhornia crassipes* (en albarradas cercanas a los cultivos) y *Limncharis flava* (junto a los cultivos).

Efectos del Cd sobre la biomasa y el índice de tolerancia de las plantas

En *Azolla* sp. (Fig. 3) se observó una reducción en el crecimiento estadísticamente significativa desde los 0,25 mg/L (F= 13,80; p=0,000). El control presentó una biomasa de 0,395± 0,068 g y en el tratamiento con 0,25 mg/L CdCl₂ la biomasa se redujo a 0,064±0,001 g, lo que representa un 83,8%. En el tratamiento de 0,5 mg/L CdCl₂ la reducción fue de 57,3% y de 80,7% a 2 mg/L CdCl₂; sin embargo, las diferencias entre los tratamientos con Cd no fueron significativas (p>0,05). Esta reducción en la biomasa de *Azolla* indica toxicidad por parte del Cd para esta especie. También se observó una pigmentación púrpura en las hojas a altas concentraciones de Cd.

Por otro lado, los valores de biomasa promedio para *Eichhornia crassipes* no presentaron diferencias

significativas entre tratamientos ($F=0,62$; $p=0,656$), lo que demuestra tolerancia a este metal pesado. En hojas la biomasa se presentó en un rango de 0,61-0,87 g y en raíces 0,52-1,12 g (Fig. 4).

Para *Limnocharis flava* la biomasa promedio fue de 0,35-0,60 g, 1,01-1,30 g y 0,30-0,22 g en hojas, tallos y raíces, respectivamente (Fig. 5). En esta especie tampoco se encontraron diferencias significativas en la biomasa de los distintos órganos para los distintos tratamientos ($p>0,05$).

Con respecto al índice de tolerancia (IT), en *Azolla* el más bajo (18,49%) se apreció en el tratamiento de 0,25 mg/L CdCl₂ y se observó una reducción proporcional a la concentración de Cd desde 0,5-2mg/L CdCl₂ con una correlación lineal de $R^2=0,92$ (Fig. 6). *E. crassipes* y *L. flava* también presentaron una disminución del IT a 0,25 mg/L CdCl₂ de 72,48% y 89,01%, respectivamente. Sin embargo, estas especies presentaron altos IT cercanos al 100% a mayores concentraciones de Cd, llegando a superar este valor en *E. crassipes* 123% a 2 mg/L CdCl₂ y *L. flava* 116% a 1 mg/L, lo que podría interpretarse como un estímulo en el crecimiento.

Capacidad de acumulación de Cd en los órganos de las plantas, factor de Bioconcentración y factor de transferencia

La mayor captación de Cd se observó en la biomasa de *Azolla* sp. (6136±25,28 mg/Kg Cd), raíces de *Eichhornia crassipes* (1482±368,41 mg/Kg Cd) y raíces de *Limnocharis flava* (817,3±100,7 mg/kg Cd).

Azolla sp. alcanza valores de 634,00±131,64 mg/kg Cd, 1628,54±239,88 mg/kg Cd, 6136,12±25,28 mg/kg Cd y 1040,39±142,90 mg/kg Cd a 0,25, 0,5, 1 y 2 mg/L CdCl₂, respectivamente (Fig. 7A). Las diferencias entre la acumulación de Cd a 1 y 2 mg/L CdCl₂ son estadísticamente significativas según la prueba de Kruskal-Wallis, demostrándose que la concentración máxima a la que se debe exponer esta especie es a 1 mg/L CdCl₂ ($H=3,86$; $p=0,049$) (Fig. 6A).

Similar que en *Azolla* sp., *Eichhornia crassipes* acumuló la mayor concentración de Cd al ser expuesta a 1 mg/L CdCl₂: 514,44±208,11 mg Cd/kg en hojas y 1482,66±368,41 mg Cd/kg en raíces (Fig.7B). Al ser expuestas a 2 mg/L, se apreció una tendencia a disminuir la acumulación en las raíces y hojas, sin embargo, las diferencias no fueron significativas según Anova de una vía y test de Tukey ($p>0,05$).

Limnocharis flava fue la especie que menos acumuló Cd, con un máximo de 3,15±3,51 mg/kg Cd en hojas y 817,3±112,2 mg/kg Cd en raíces (Fig. 7C). Es importante destacar que el Cd no fue detectable en las hojas de esta especie en 0,25 mg/L CdCl₂, por lo que pareciera presentar un mecanismo de exclusión a nivel de las raíces.

En cuanto al FBC, todas las especies presentaron valores mayores a 1 (Tabla 2). El valor superior de

FBC lo presentó *Azolla* sp. con 6136,13±25,28, seguida por *E. crassipes* con 2656,74±1429,10 y finalmente por *L. flava* con 1860±320. En las tres especies el FBC se redujo significativamente para los tratamientos de 2 mg/L CdCl₂ ($p<0,05$).

En *Azolla* hubo un incremento del FBC proporcional a la concentración de Cd, desde 0,25-1 mg/L CdCl₂ con una correlación lineal de $R^2=0,97$ y una correlación de Pearson de $r=0,98$, decayendo a los 2 mg/L CdCl₂ (Fig. 8A). El FBC de *E. crassipes* (Fig. 8B), contrario a el de *Azolla* sp., presentó una correlación de Pearson inversamente proporcional a la concentración de Cd $r=-0,92$, al igual que *L. flava* = -0,91 (Fig. 8C).

El FT no superó el valor de 1 para ninguna de las especies, por lo que no se las puede considerar como hiperacumuladoras (Tabla 2). El máximo valor de FT en *E. crassipes* fue de 0,34±0,07 a 1 mg/L CdCl₂ y el mínimo 0,19±0,06 a 0,25 mg/L CdCl₂, aunque las diferencias no son significativas entre los tratamientos ($p>0,05$). En *L. flava* el máximo valor de FT fue aún menor con 0,047±0,031 a 2 mg/L CdCl₂ y el mínimo 0,006±0,001 a 0,25 mg/L CdCl₂, por lo que se puede concluir que esta especie presenta una baja o casi nula transferencia de Cd de la raíz a las hojas.

Remoción de Cd por las especies *Azolla*, *Eichhornia crassipes* y *Limnocharis flava*

El mayor porcentaje de remoción de Cd se detectó en *E. crassipes* con porcentajes de 100±0,00% en el tratamiento a 0,25 mg/L (Fig. 7). En segundo lugar, *Azolla* sp. removió 46,33±1,34% de Cd y finalmente *L. flava* eliminó sólo 30,98±5,29%. Aunque se logró disminuir las concentraciones de Cd en los tratamientos con *Azolla* sp. y *L. flava*, los valores de Cd en la solución siguen superando los LMP permitidos de 0,001 mg/L según el TULSMA y la OMS para agua de consumo humano. Sólo *E. crassipes* logró reducir la concentración de Cd a 0 mg/L en el tratamiento con la mínima concentración de Cd (0,25 mg/L CdCl₂). El porcentaje de remoción de Cd por *Azolla* sp. fue 46,33±1,34%, a 0,25 mg/L, reduciéndose este a mayores concentraciones de Cd en la solución: 29,22±3,33% y 30,00±2,50% a 0,5 y 1 mg/L CdCl₂ hasta llegar a 0% a 2 mg/L CdCl₂. Al realizar un análisis de correlación de Pearson se observó una relación inversamente proporcional entre la concentración de Cd en la solución y su porcentaje de remoción, por lo que, a mayor concentración de Cd en el medio, menor eficiencia presentará la planta para remover el metal ($r=-0,83$; $p=0,001$).

Por otro lado, *E. crassipes* removió el 100% del Cd en la solución a 0,25 mg/L CdCl₂, a 0,50 mg/L CdCl₂ se redujo el porcentaje a 95±2,11%, 70,73±28,44% y 76,4±17,56% a 1 y 2 mg/L CdCl₂, respectivamente. *L. flava* presentó la menor tasa de remoción de todas las especies estudiadas, con porcentajes de 29,25±9,01%, 30,98±5,29%, y 0% a 0,5, 1 y 2 mg/L CdCl₂.

Finalmente, para la interpretación integral de los datos se aplicó estadística multivariada donde se

Plantas en el área de estudio



Reproducción de las especies para los bioensayos

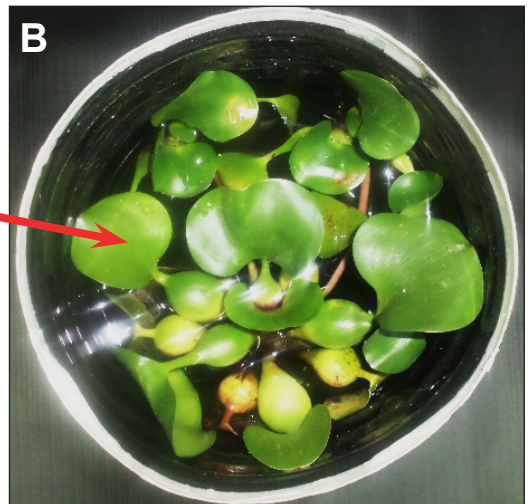
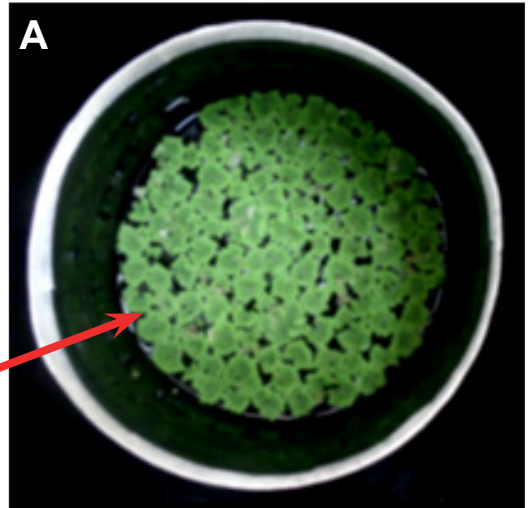


Figura 2. Especies de plantas reportadas como hiperacumuladoras de Cd halladas en el área de estudio. A. *Azolla* sp., B. *Eichhornia crassipes*, C. *Limncharis flava*.

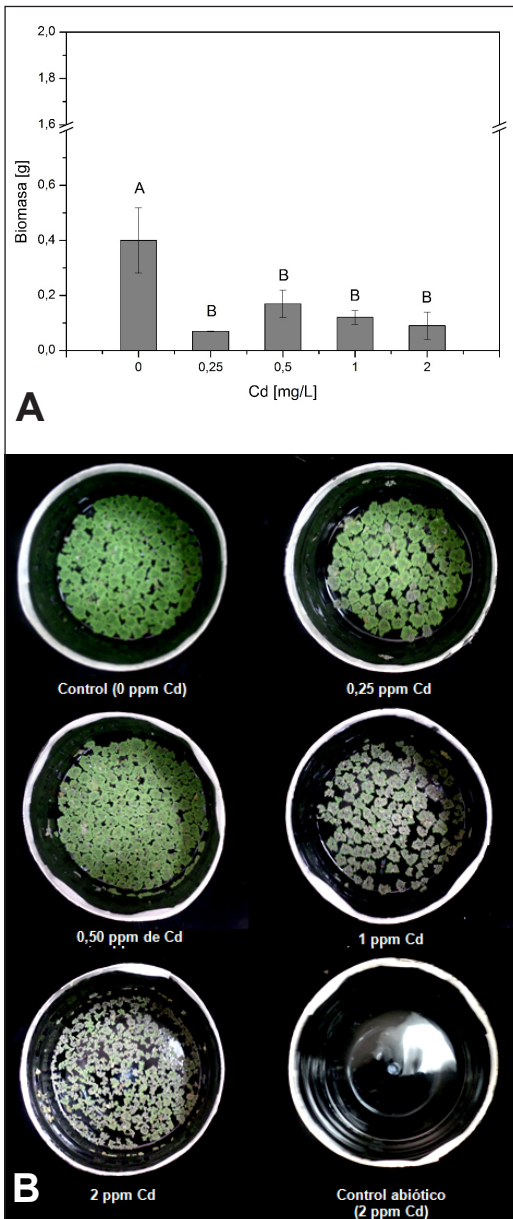


Figura 3. A. Efectos de la exposición al Cd sobre la biomasa de *Azolla sp.* expuesta durante 7 días a diferentes concentraciones de Cd (0, 0.25, 0.5, 1 y 2 mg/L). Los resultados se muestran como medias±desviación estándar (n=3). Letras iguales señalan que no hay diferencias estadísticamente significativas según Kruskal-Wallis ($p < 0.05$). B. Apariencia de los helechos a los 7 días donde se observa a partir de 1 ppm clorosis y necrosis, a 2 ppm muerte; también se observa una coloración púrpura en las hojas.

generó un dendrograma de correlación para estudiar la relación entre las variables (Fig. 9) y se llegó a las siguientes conclusiones: Existe una correlación entre el FBC y el porcentaje de remoción en *E. crassipes* y *L. flava*. También se apreció relación entre la

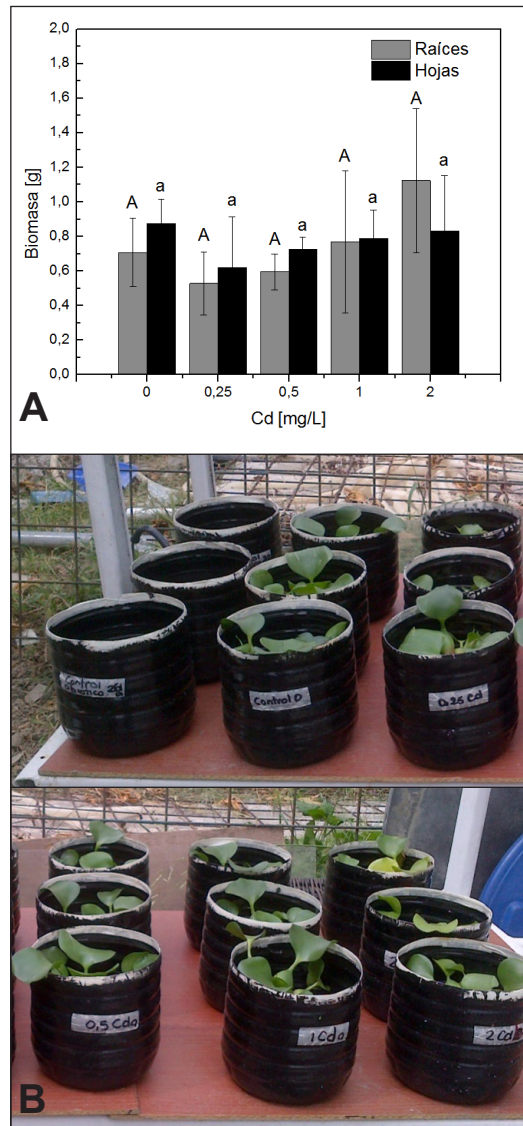


Figura 4. A. Biomasa de *Eichhornia crassipes* expuesta durante 7 días a diferentes concentraciones de Cd (0, 0.25, 0.5, 1 y 2 mg/L). Los resultados se muestran como medias±desviación estándar (n=3). Letras iguales señalan que no hay diferencias estadísticamente significativas según Anova de 1-vía ($p < 0.05$) y test a posteriori de Tukey. B. Foto de las plantas a los 7 días de exposición al Cd.

concentración de Cd en la solución y el Cd acumulado en las raíces para ambas especies. Finalmente, en *E. crassipes* el FT se correlaciona con la concentración de Cd en las hojas y en *L. flava* la relación está dada principalmente por el Cd acumulado en los tallos.

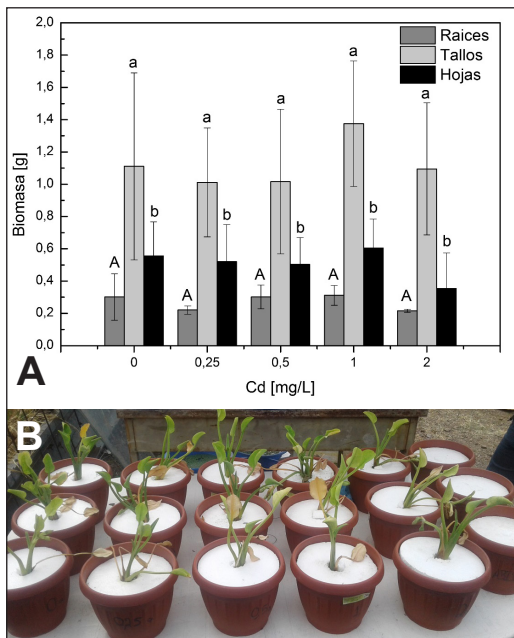


Figura 5. A. Biomasa de *Limnocharis flava* expuesta durante 7 días a diferentes concentraciones de Cd (0, 0.25, 0.5, 1 y 2 mg/L). Los resultados se muestran como medias±desviación estándar (n=3). Letras iguales señalan que no hay diferencias estadísticamente significativas según Anova de 1-vía (p<0.05) y test a posteriori de Tukey. **B.** Foto de las plantas a los 7 días de exposición al Cd., se observa hojas senescentes en todos los tratamientos incluyendo el control.

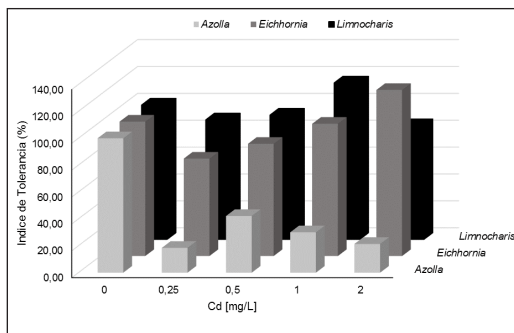


Figura 6. Índice de tolerancia de *Azolla* sp., *Eichhornia crassipes* y *Limnocharis flava* expuestas a distintas concentraciones de Cd durante 7 días.

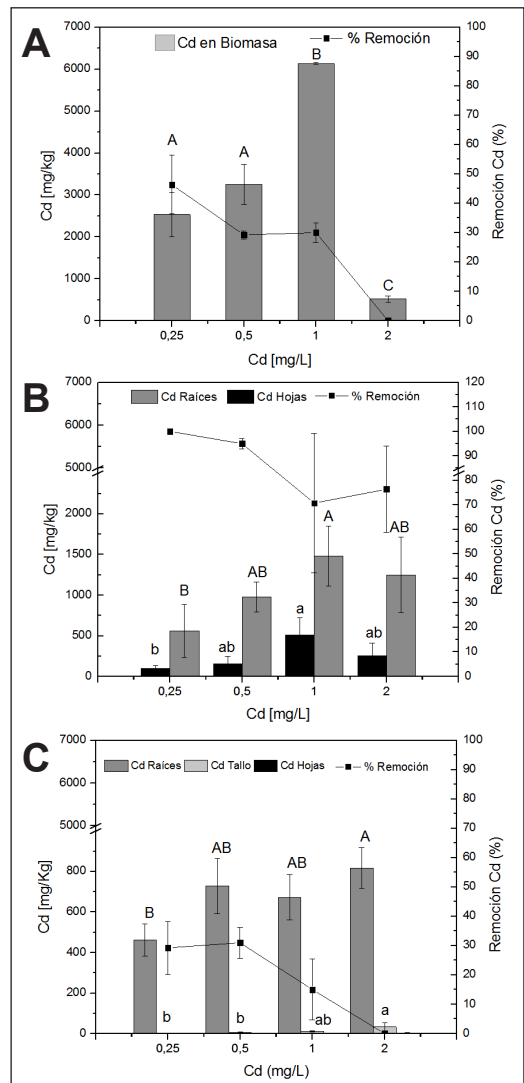


Figura 7. Acumulación de Cd (barras) en raíces, tallos y hojas raíces e inflorescencias de plantas de **A.** *Azolla* sp. **B.** *Eichhornia crassipes* y **C.** *Limnocharis flava*, expuestas durante 7 días a diferentes concentraciones de Cd (0, 0.25, 0.5, 1 y 2 mg/L) en cultivo hidropónico. En puntos se muestra el porcentaje de remoción de Cd en la solución nutritiva en el tiempo. Las barras y los puntos representan la media±desviación estándar (n=3). Letras iguales señalan que no hay diferencias estadísticamente significativas en comparación a la concentración de Cd en cada órgano según Kruskal-Wallis o ANOVA de 1-vía y test de Tukey (p<0.05).

Discusión

En el área de estudio se hallaron 3 especies de plantas con potencial para remover Cd de arrozales. De estas especies, *E. crassipes* se utilizó como control positivo por estar ampliamente reportada literatura como fitoextractora de metales pesados en agua desde los

años 70 y por ser utilizada en tratamientos de aguas servidas. *E. crassipes* fue propuesta por Rosas et al. (1984) como un buen indicador de Cd en agua por su capacidad de acumular este metal de 10^3 a 10^4 veces por encima de su nivel en el agua. En el presente trabajo se registró un valor de 1483 ± 368 mg/kg de Cd en las raíces, cercano al valor hallado por Rosas et al., (1984) de 1377 mg/kg de Cd en raíces en plantas

Tabla 2. Factor de Bioconcentración (FBC) y Factor de Transferencia (FT) de las plantas *Azolla Ksp.*, *Eichhornia crassipes* y *Limnocharis flava* expuestas a distintas concentraciones de Cd por 7 días. Letras iguales señalan que no hay diferencias estadísticamente significativas según Anova de 1-vía ($p < 0.05$) y test a posteriori de Tukey.

Cd [mg/L]	FBC Factor de Bioconcentración	FT Factor de Transferencia
<i>Azolla caroliniana</i>		
0,25	2536,02±526,58 ^B	-
0,5	3257,08±479,77 ^B	-
1	6136,13±25,28 ^A	-
2	520,20±71,45 ^C	-
<i>Eichhornia crassipes</i>		
0,25	2656,74±1429,10 ^A	0,19±0,06 ^A
0,5	2282,27±426,39 ^A	0,17±0,10 ^A
1	1997,12±565,56 ^A	0,34±0,07 ^A
2	754,35±294,13 ^A	0,20±0,07 ^A
<i>Limnocharis flava</i>		
0,25	1860±320 ^A	0.006±0.001 ^A
0,5	1471±279 ^A	0.009±0.003 ^A
1	686.5±114.9 ^B	0.020±0.002 ^A
2	427.4±48.1 ^B	0.047±0.031 ^A

expuestas a 1 ppm de Cd. *E. crassipes* acumuló la mayor concentración de Cd en las raíces, por lo que este órgano puede ser utilizado para el monitoreo de metales pesados. Los resultados del presente trabajo coinciden con los otros autores que han señalado que esta especie acumula el mayor porcentaje del metales en sus raíces (Rosas et al., 1984; Carrión et al., 2012; Olivares-Rieumont et al., 2007). De aquí que esta especie puede ser utilizada también para monitorear la contaminación por Cd en los arrozales.

Además, *E. crassipes* fue la especie que removió la mayor concentración de Cd de la solución, eliminando en un 100% el metal pesado cuando se encuentra a bajas concentraciones (0,25 mg/kg CdCl₂). Probablemente esta eficiencia en la remoción se debe a su alta tasa de crecimiento y a sus raíces expandidas. También se ha descrito que *E. crassipes* posee altos contenidos de celulosa y de grupos funcionales carboxilos (COO-), hidroxilos (-OH-), amino (-NH₂) y sulfidrilos (-SH), responsables de su capacidad de adsorción de metales pesados (Patel, 2012). Otros trabajos también han reportado altos porcentajes de remoción de Cd para *E. crassipes*. Según Maine et al. (2001) la capacidad de remoción de Cd de es de 74% en 24 h, Mishra & Tripathi (2008) encontraron una reducción de Cd del 92% en 14 días y de 81% al exponerla a 1 ppm de Cd por 12 días.

En cuanto a los efectos tóxicos del Cd, *E. crassipes* no presentó disminución de su crecimiento. Estos

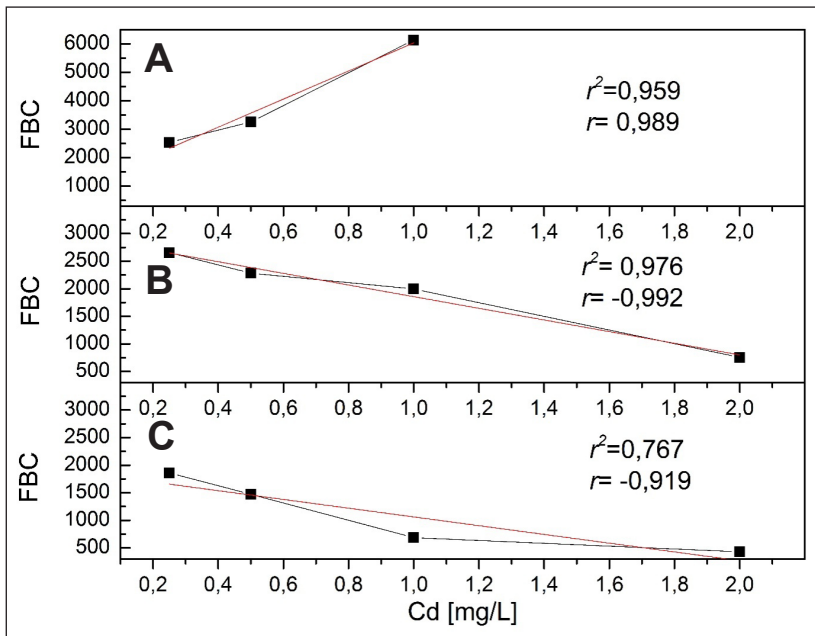


Figura 8. Regresión lineal y correlación de Pearson entre el Factor de Bioconcentración (FBC) y las diferentes concentraciones de Cd (0, 0.25, 0.5, 1 y 2 mg/L) para las especies A. *Azolla* sp. B. *Eichhornia crassipes* y C. *Limnocharis flava*.

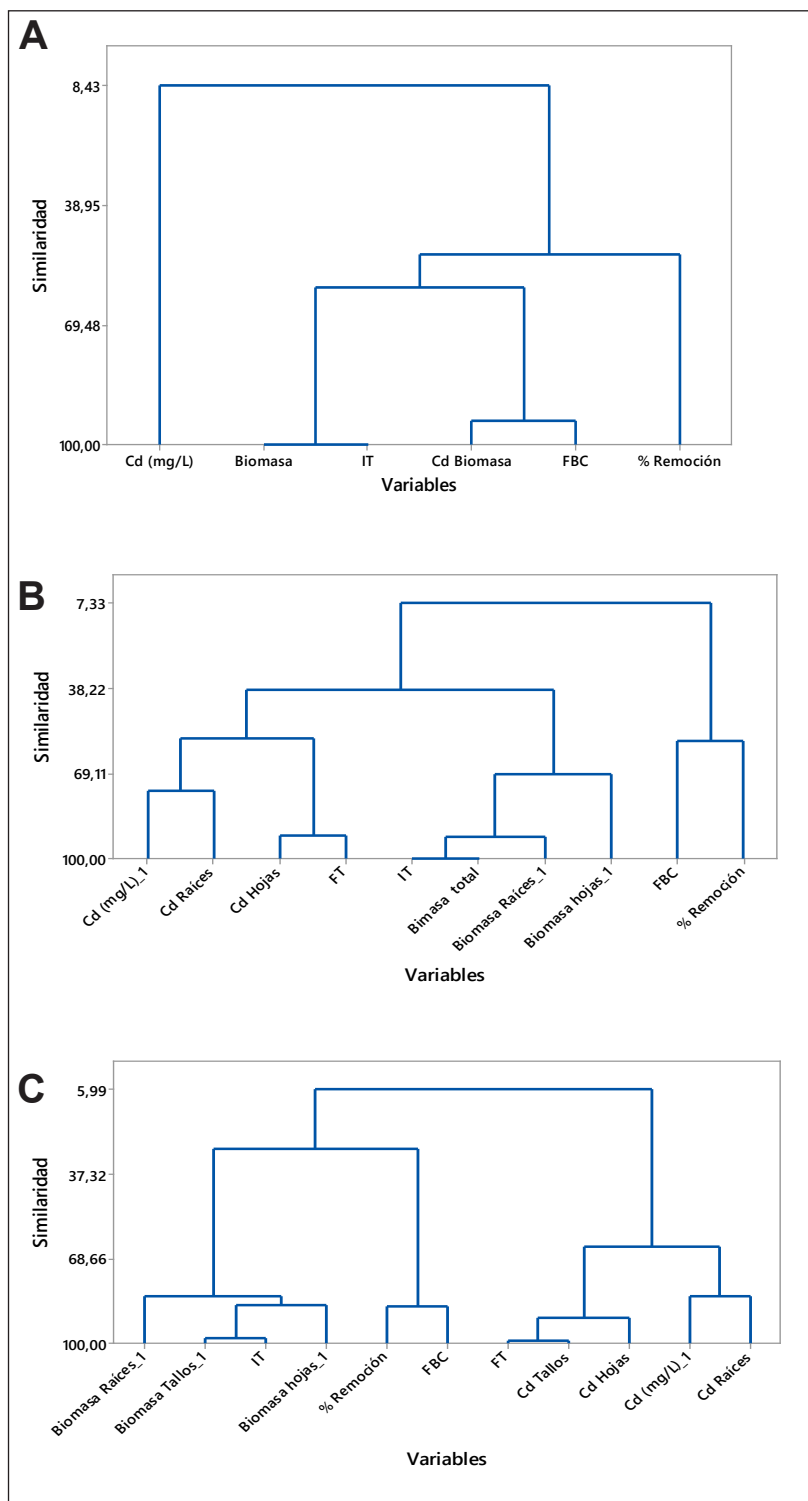


Figura 9. Dendrograma de correlación entre las variables Biomasa, Índice de Tolerancia (IT), concentración de Cd en raíces (Cd Raíces), tallos (Cd Tallos), hojas (Cd Hojas); Factor de Bioconcentración (FBC), Factor de transferencia (FT), porcentaje de remoción y Cd en la solución (Cd(mg/L) para: A. *Azolla* sp., B. *Eichhornia crassipes*, C. *Limnocharis flava*.

resultados coinciden con los de otros autores quienes señalan que esta especie es muy tolerante al Cd. Sin embargo, en *E. crassipes* se observó clorosis en hojas jóvenes en el tratamiento 2 mg /L CdCl₂. La clorosis se ha descrito como un biomarcador de toxicidad por Cd en las plantas y se presenta como consecuencia de la inhibición de la fotosíntesis por la interferencia que genera el Cd en la síntesis de clorofila (Pernía et al., 2008; Dalla Vecchia et al., 2005; Mishra et al., 2006).

Otra evidencia del efecto del Cd sobre *E. crassipes* fue la disminución en su FBC, a medida que incrementó la concentración del metal pesado en el medio y que se correlacionó con la disminución en el porcentaje de remoción de Cd en la solución. Al igual que nosotros, Rosas et al. (1981) observaron un menor porcentaje de remoción a altas concentraciones de Cd, lo que podría deberse, por un lado, a una reducción en la tasa de transpiración como consecuencia del cierre estomático que induce este metal, o al daño a nivel genético e inhibición de la división celular que se ha registrado para esta especie a partir de 1 mg/L Cd.

La desventaja de *E. crassipes* es que se ha considerado como una de las 100 especies invasoras más agresivas según la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza y una de las 10 peores malezas a nivel mundial (Ruiz et al., 2008). Esta especie reduce el contenido de oxígeno del agua ya que genera eutrofización, destruye la biodiversidad nativa por competencia, interfiere en la cadena trófica y es refugio de algunos vectores de enfermedades y patógenos (Patel, 2012). A nivel de la agricultura, bloquea los canales de irrigación y obstruye el flujo de agua a las cosechas, por lo que no se puede recomendar su uso en las arroceras.

Por otro lado, *Azolla* sp. es un helecho acuático con alta velocidad de crecimiento cuya combinación con cultivos de arroz es una práctica que se ha llevado a cabo desde hace más de 100 años, por su efecto beneficioso sobre los arrozales (Castro et al., 2002). En Ecuador ha sido aplicada en el área de Daule por el grupo de investigación del Dr. Mariano Montaña, con excelentes resultados (Montaña, com. pers).

De todas las especies estudiadas en el presente trabajo, *Azolla* sp. fue la que acumuló las mayores concentraciones de Cd en su biomasa. Se ha descrito que la unión inicial de los metales a la *Azolla* sp. se da por la unión a grupos cargados negativamente en la pared celular, carboxilos, fosfatos, pectinas y celulosa (Ganji et al., 2005). En este trabajo, la concentración de Cd máxima en *Azolla* sp. fue de 6000 mg/kg, esta es mucho mayor a la reportada para *Azolla caroliniana* de 165 mg/kg Cd y por Tan et al. (2011) de 1364 mg/ Cd. (Pandey, 2012).

Azolla sp. acumula grandes concentraciones de Cd y presenta varias características apropiadas, debido a que es de fácil reproducción, posee una alta productividad de biomasa, crece en numerosos ambientes y es capaz de fijar nitrógeno atmosférico

gracias a la presencia de su simbiote *Anabaena azollae* (Peters, 1984). Además, la *Azolla* se ha utilizado como biofertilizante para cultivos de arroz, debido a que incrementa el contenido de nitrógeno, la materia orgánica y el potasio en el suelo e incrementa la producción de granos (Tung y Shen, 1985; Castro et al., 2003). Además, ha demostrado su eficiencia en la adsorción de arsénico y otros metales como cromo hexavalente y trivalente, mercurio, zinc, níquel, plomo y otros de soluciones acuosas y efluentes contaminados (Ganji et al., 2005; Thayaparan et al., 2013; Sufian et al., 2013). También se ha descrito que reduce la pérdida de agua y nitrógeno y reduce la proliferación de mosquitos en los sembríos de arroz (Tung & Shen 1985).

La desventaja de *Azolla* sp. es que no tolera grandes concentraciones de Cd, lo que se evidenció con una disminución en la biomasa de los helechos expuestos al metal pesado. Esta reducción en el crecimiento se ha descrito como uno de los efectos tóxicos más comunes del Cd en las plantas, debido a que afecta la fotosíntesis y la toma de nutrientes (Castrillo et al., 2007; Pernía et al., 2008). En el presente trabajo solo *Azolla* sp. fue afectada en su crecimiento por el Cd, éstos resultados concuerdan con los obtenidos por El-all et al. (2011), quienes observaron una fuerte reducción en el crecimiento de esta especie al exponerla a 2 ppm de Cd y Gaur et al. (1994), quienes determinaron un EC₅₀ de 0,8 µM Cd para *Azolla pinnata*.

Otro hecho importante, es que en *Azolla* sp. se apreció una fuerte reducción en el crecimiento a 0,25 mg/L CdCl₂, lo cual podría deberse a que a bajas concentraciones de Cd no se habían activado los mecanismos de detoxificación tales como la producción de fitoquelatinas, antocianinas, incremento en la concentración de tioles y prolina, descritos por algunos autores (Dai et al., 2012; Pernía et al., 2008). La disminución a 2 mg/L podría ser atribuida directamente a la toxicidad del Cd. Otro aspecto que se observó fue una coloración púrpura en las hojas de plantas expuestas a altas concentraciones de Cd (Fig. 2B). Esta coloración podría deberse a la generación de antocianinas como respuesta al estrés oxidativo generado por el Cd. En *Azolla imbricata* se describió un incremento en la concentración de antocianinas como mecanismo de detoxificación de Cd (Dai et al., 2012).

Aunque esta especie acumuló altas concentraciones de Cd, la tasa de remoción en el agua no superó el 50%. Este bajo porcentaje de remoción podría deberse a la poca biomasa que generó el helecho. Otros autores han encontrado mayores porcentajes de remoción de Cd, como es el caso de Bharthi y Banerjee (2012) quienes reportaron una reducción de Cd de agua servida en una mina de carbón de 61,7% por *Azolla pinnata* (Bharti y Banerjee, 2012).

En líneas generales, la biomasa total mayor se obtuvo en *L. flava* (1,66-2,29 g) seguida por *E. crassipes*

con valores de 1,14-1,58 g; en *Azolla* sp. los valores fueron muy bajos (0,07-0,16 g), esto explica el bajo porcentaje de remoción observado para esta especie, aun cuando presenta el mayor FBC.

Los resultados para *L. flava* dieron contrarios a lo reportado por otros autores, quienes la sugirieron como planta hiperacumuladora de Cd y en el presente trabajo fue la menos eficiente en remover el Cd y su tasa de transferencia al vástago fue muy baja. Abhilash et al. (2009), sugieren el uso de *L. flava* como fitofiltradora de Cd por presentar un FBC de 934,86 en 30 días de exposición al Cd, un FT mayor a 1 y por presentar una tasa de crecimiento rápida. Sin embargo, en el presente trabajo el FBC fue el doble al reportado por Abhilash et al. (2009) y el FT no superó el valor 1. Es probable que la diferencia en los resultados se daba a los días de exposición ya que ellos trabajaron con 30 días y nosotros con solo 7 días. Además, Abhilash et al. utilizaron pH 7 en sus cultivos y nosotros pH 5,5 para imitar las condiciones de los arrozales de Daule, por lo que el metal pesado se encontraba más biodisponible y es por ello que en este estudio las plantas deben haber acumulado una mayor concentración en las raíces.

Syukor et al. (2015), indican que esta especie es capaz de remover 44% del Cd en una solución en 13 días, en nuestro estudio *L. flava* removió sólo el 30% de Cd de la solución. Sin embargo, es tolerante al Cd ya que su biomasa no se vio afectada, éstos resultados coinciden con Abhilash et al. (2009), quienes incluso observaron un estímulo en el crecimiento a bajas concentraciones de Cd.

Entre las desventajas de *L. flava* podemos citar que ha sido considerada como una maleza en los cultivos de arroz en Ecuador (INIAP, 2007). Además, puede llegar a ser dominante, en las zonas de cultivo bajo riego adquiere un desarrollo significativo en tamaño y frondosidad, crece en canales de desagüe de las parcelas y compite por espacio y nutrientes con las plantas de arroz (Zambrano, 1974; CIAT, 1983).

De las especies estudiadas, las que presentaron un mayor índice de tolerancia fueron *E. crassipes* y *L. flava*, se observó que se correlaciona con el hecho de no verse afectado el crecimiento en estas especies, por lo que probablemente presente mecanismos de tolerancia tales como la unión del Cd a las paredes celulares cargadas negativamente o a la presencia de fitoquelatinas en estas especies.

Según Brooks (1998), para que una especie se considere hiperacumuladora de Cd debe acumular más de 100 mg/kg de Cd en su biomasa, debe tener un FBC y un FT mayores a 1. El FBC de las tres especies fue mayor a 1; sin embargo, el FT no fue mayor a 1, por lo que bajo nuestras condiciones experimentales no pueden ser consideradas plantas hiperacumuladoras de Cd.

Otro aspecto importante que se observó fue que, a mayor concentración de Cd en la solución, menor

tasa de remoción. En los análisis de correlación se observó dependencia entre la remoción de Cd y el FBC. Es probable que se deba a la reducción en el FBC por parte de la planta y este a su vez podría estar relacionado con una disminución en la tasa de transpiración como consecuencia del cierre estomático que ocurre a consecuencia de la entrada del Cd en las células oclusivas de los estomas donde sustituye al Ca.

En Ecuador estas especies pueden ser utilizadas como candidatas a bioindicadoras de contaminación por metales pesados en los arrozales o como fitorremediadoras de Cd en medios que no superen 1 mg/L de Cd. Se propone una estrategia para la mitigación de la contaminación por Cd en el cantón Daule mediante el co-cultivo de *L. flava* y *Azolla* sp., debido a que crecen bien en los arrozales y podrían utilizarse en sinergia, donde *L. flava* podría acumular Cd del suelo y *Azolla* sp. del agua, de esta manera competirían con las plantas de *Oryza sativa* por el Cd. Se recomienda realizarse bajo estricta supervisión para evitar que las plantas se conviertan en invasoras.

Una vez extraído el metal pesado por las plantas, estas deben ser retiradas de las zonas contaminadas, incineradas e inmovilizadas, para lo cual podrían ser utilizadas en la fabricación de cemento o asfalto para las carreteras o bien ser acumuladas y guardadas en un sitio seguro.

Otro aspecto importante es que algunos autores han sugerido el uso de estas especies invasoras como comida para los animales de granja y peces (Ruiz et al., 2008; Zambrano 1974). De igual forma, *L. flava* ha sido consumida por personas de bajos recursos (Rachmadiarti et al., 2012), por esto es importante hacer un llamado a la población a no consumir estas plantas ni darlas de comer a los animales, previo a un análisis de metales pesados para salvaguardar la seguridad alimenticia. En el cantón Daule se recomienda tratar estas plantas como residuos peligrosos, debido a que en ejemplares procedentes de la zona se registraron valores superiores a los recomendados por la FAO/OMS (2000) para alimentos de origen vegetal (0,05 mg/Kg Cd).

Conclusiones

Azolla sp., *Eichhornia crassipes* y *Limnocharis flava* son plantas fitoextractoras de Cd asociadas a las áreas de producción de arroz en el cantón Daule, en la provincia del Guayas, Ecuador. Su potencial para acumular grandes concentraciones de Cd está determinado en el orden: *Azolla* sp. > *Eichhornia crassipes* > *Limnocharis flava*, y para remover el metal en la solución, en el orden: *Eichhornia crassipes* > *Azolla* sp. > *Limnocharis flava*. Aunque las tres especies acumularon valores elevados de Cd en su biomasa y su FBC fue mayor a 1 presentando un gran potencial como fitoextractoras, su FT fue menor a 1, por lo que bajo nuestras condiciones experimentales no pueden ser consideradas plantas hiperacumuladoras de Cd.

Se propone una estrategia para la mitigación de la contaminación por Cd en el cantón Daule mediante el uso de la sinergia de *Azolla* sp. y *Limnocharis flava* en co-cultivo con *Oryza sativa* bajo estricta supervisión, para evitar que se conviertan en invasoras. No se recomienda el uso de *Eichhornia crassipes* en cultivos de arroz en el área, debido a que presenta más potenciales desventajas que ventajas.

Referencias

- Abhilash, P. C., N. Singh, V. P. Syllas, B. Ajay Kumar, J. C. Mathew, R. Satheesh y A. P. Thomas. 2008. Eco-distribution mapping of invasive weed *Limnocharis flava* (L.) Buchenau using geographical information system: Implications for containment and integrated weed management for ecosystem conservation. *Taiwania* 53(1):30-41.
- Abhilash, P. C., V. C. Pandey, P. Srivastava, P. S. Rakesh, S. Chandran, N. Singh y A. P. Thomas. 2009. Phytofiltration of cadmium from water by *Limnocharis flava* (L.) Buchenau grown in free-floating culture system. *Journal of Hazardous Materials* 170: 791-97.
- Aguilar, D., D. Andrade, D. Alava, J. Burbano, M. Díaz, A. L. Garcés, W. Jiménez, D. Leiva, V. Loayza, W. Muyulema, P. Jeréz, V. Ruiz, B. Simbaña y R. Yépez. 2015. Estimación de superficie sembrada de arroz (*Oryza sativa* L.) y maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en las épocas de invierno y verano año 2015, en las provincias de Manabí, Los Ríos, Guayas, Santa Elena, Loja y El Oro. Quito.
- Agunbiade, Foluso O., Bamidele I. Olu-Owolabi y Kayode O. Adebowale. 2009. Phytoremediation potential of *Eichhornia crassipes* in metal-contaminated coastal water. *Bioresource Technology* 100:4521-4526.
- Anning, A. K., P. E. Korsah y P. Addo-Fordjour. 2013. Phytoremediation of wastewater with *Limnocharis flava*, *Thalia geniculata* and *Typha latifolia* in constructed wetlands. *Int. J. Phytoremediation* 15:452-464.
- Bharti, Sandhya y K. Banerjee. 2012. Phytoremediation of the coalmine effluent. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 81:36-42.
- Brooks, R. R. 1998. *Plants that hyperaccumulate heavy metals. Their role in phytoremediation, microbiology archaeology, mineral exploration and phytomining*. CAB. Wallingford, UK. 380 p.
- Carrión, C., C. Ponce de León, S. Cram, I. Sommer, M. Hernández y C. Vanegas. 2012. Aprovechamiento potencial del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en Xochimilco para fitorremediación de metales. *Agrociencia* 46: 609-620.
- Castrillo, M., B. Pernía, J. Alvarado y J. Domínguez. 2007. Response to cadmium exposure in crop and weed plants. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology* 146: S255-266.
- Castrillo, M., B. Pernía, A. De Sousa y R. Reyes. 2012. Utilization of different aspects associated with cadmium tolerance in plants to compare sensitive and bioindicator species. En: N. A. Anjum, M. E. Pereira, I. Ahmad, A. C. Duarte, S. Umar, N. A. Khan (eds.). *Phytotechnologies: Remediation of Environmental Contaminants*, cap. 24:427-440.
- Castro, R., R. Novo y R. I. Castro. 2002. Uso del género *Azolla* como biofertilizante en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales* 23:5-10.
- Castro, R., R. Novo y R. I. Castro. 2003. Influence of *Azolla-Anabaena* symbiosis on rice (*Oryza sativa* L.) crop as a nutritional alternative. *Cultivos Tropicales* 24:77-82.
- Chávez, E., Z. L. He, P. J. Stoffella, R. S. Mylavaram, Y. C. Li, B. Moyano y V. C. Baligar. 2015. Concentration of cadmium in cacao beans and its relationship with soil cadmium in southern Ecuador. *Science of the Total Environment* 533:205-214.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1983. *Principales malezas en el cultivo del arroz en América Latina: Guía de Estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema*. Contenido científico: J. González. Producción R. Zelaya, O. Arregocés. Colaboración: E. Escobar. Cali, Colombia. CIAT. 48 p.
- Clemens, S., M. G. Aarts, S. Thomine y N. Verbruggen. 2013. Plant science: The key to preventing slow cadmium poisoning. *Trends Plant Sci.* 18:92-99.
- Dai, L.-P., X.-J. Dong y H. H. Ma. 2012. Molecular mechanism for cadmium-induced anthocyanin accumulation in *Azolla imbricata*. *Chemosphere* 87:319-325.
- El-all, A.B., E. M. Aref y H. A. M. Hassanein. 2011. Bioaccumulation of heavy metals by the water fern *Azolla pinnata*. *Egypt. J. Agric. Res.* 89:1261-1276.
- FAO y OMS. 2000. Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias. Comisión del Codex Alimentarius, 3-7. file:///C:/Users/IIRN/Downloads/al0324As.pdf.
- Félix, Imelda, F. Mite, M. Carrillo y M. Pino. 1986. Avances de investigación del proyecto Determinación de metales contaminantes en cultivos de exportación y su repercusión sobre la calidad de los mismos. En: *VIII Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo*, 1-8.
- Ganji, M. T., M. Khosravi y R. Rakhshae. 2005. Biosorption of Pb, Cd, Cu and Zn from the wastewater by treated *Azolla*. *Int. J. Environ. Sci. Tech* 1(4):265-71.
- Gaur, J., N. Noraho y Y. Chauhan. 1994. Relationship between heavy metal accumulation and toxicity in *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid. and *Azolla pinnata* R. Br. *Aquatic Botany* 49:183-92.
- INIAP. 2007. *Manual del cultivo de arroz*. Guayaquil: INIAP Archivo Histórico. <https://books.google.com/books?id=IXozAQAMAAJ&pgis=1>.
- Keller, C. y D. Hammer. 2004. Metal availability and soil toxicity after repeated croppings of *Thlaspi caerulescens* in metal contaminated soils. *Environmental Pollution* 131(2):243-54.
- Khan, A. G., C. Kuek, T. M. Chaudhry, C. S. Khoo y W. J. Hayes. 2000. Role of plants, mycorrhizae and phytochelators in heavy metal contaminated land remediation. *Chemosphere* 41(1-2):197-207.
- Liu, Danqing, Chunhua Zhang, Xue Chen, Yazhou Yang, Shu Wang, Yujiao Li, Hao Hu, Ying Ge y W. Cheng. 2013. Effects of pH, Fe, and Cd on the uptake of Fe²⁺ and Cd²⁺ by rice. *Environmental Science and Pollution Research* 20(12):8947-54.
- Mahamadi, C. 2012. Water hyacinth as a biosorbent: a review. *African Journal of Environmental Science and Technology* 5(13):1137-45.
- Maine, A., V. Duarte y L. Sun. 2001. Cadmium uptake by floating macrophytes 2. *Water Res.* 35(11):2629-34.
- Mishra, S., S. Srivastava, R. Tripathi, R. Govindarajan, S. Kuriakose y M. Prasad. 2006. Phytochelatin synthesis and response of antioxidants during cadmium stress in *Bacopa monnieri* L. *Plant Physiology and Biochemistry: PPB / Société Française de Physiologie Végétale* 44(1):25-37.
- Mishra, Virendra y B. Tripathi. 2008. Concurrent removal and accumulation of heavy metals by the three aquatic macrophytes. *Biore* 99:7091-97.
- Mite, F., M. Carrillo y W. Durango. 2010. Avances del monitoreo de presencia de cadmio en almendras de cacao, suelo y agua en Ecuador. En: *XII Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo XII Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo*, 17-19.
- Muñoz, J., B. Pernía, M. Mero, E. Larreta, Á. Benavides, L. Ramírez-Moreira, J. Zambrano, et al. 2016. "Determinación de cadmio y plomo en plantas de arroz y suelos de Daule y Nobol. En: *2do. Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología UTMACH*. Machala.
- Olivares-Rieumont, S., L. Lima, D. De La Rosa, D. W. Graham, I. Columbie, J. L. Santana y M. J. Sánchez. 2007. Water Hyacinths (*Eichhornia crassipes*) as indicators of heavy

- metal impact of a large landfill on the Almendares river near Havana, Cuba. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 79(6):583-87.
- Pandey, Vimal Chandra. 2012. Phytoremediation of heavy metals from Fly Ash Pond by *Azolla caroliniana*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 82. Elsevier: 8-12.
- Patel, S. 2012. Threats, management and envisaged of aquatic weed *Eichhornia crassipes*: an overview. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology* 11(3):249-59.
- Pernía, B., A. D. E. Sousa, R. Reyes y M. Castrillo. 2008. Biomarcadores de contaminación por cadmio en plantas. *Interciencia* 33:112-19.
- Peters, G. A. 1984. *Azolla-Anabaena* symbioses: basic biology, use, and prospects for the future. *Developments in Plant and Soil Sciences*, 1-14.
- Pozo, W., T. Sanfelio y G. Carrera. 2011. Metales pesados en humedales de arroz en la cuenca baja del río Guayas. *Maskana* 2(1):17-30.
- Prefectura del Guayas. 2016. Provincia del Guayas.
- Rachmadiarti, F., L. A. Soehono, W. H. Utomo, B. Yanuwiyadi y H. Fallowfield. 2012. Resistance of yellow velvetleaf (*Limncharis flava* (L.) Buch.) exposed to lead. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences* 2(6):210-15.
- Ramírez, N., B. Pernía, M. Mero, E. Larreta, A. Noboa-Cárdenas, L. Ramírez-Moreira, D. López, et al. 2016. *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1828) como bioindicador de la presencia de cadmio en el río Guayas, Daule y Babahoyo. *Rev. Cient. Cien. Nat. Ambien.* 10(1):19-28.
- Rosas, I., M. Carbajal, S. Gómez-Arrollo, R. Belmont y R. Villalobos. 1984. Cytogenetic effects of cadmium accumulation hyacinth on water (*Eichhornia crassipes*). *Environmental Reseach* 395:386-95.
- Ruiz, T., E. Martín, G. Lorenzo, E. Albano, R. Morán y J. M. Sánchez. 2008. The water hyacinth, *Eichhornia crassipes*: an invasive plant in the Guadiana river basin (Spain). *Aquatic Invasions* 3(1):42-53.
- Sela, M., E. Tel-Or, E. Fritz y A. Huttermann. 1988. Localization and toxic effects of cadmium, copper and uranium in *Azolla*. *Plant Physiology* 88:30-36. doi:10.1104/pp.88.1.30.
- Sharma, R. K. y G. Archana. 2016. Cadmium minimization in food crops by cadmium resistant plant growth promoting Rhizobacteria. *Applied Soil Ecology* 107. Elsevier B.V.: 66-78. doi:10.1016/j.apsoil.2016.05.009.
- Sufian, J., A. Golchin, A. Avanes y S. Moradi. 2013. Potentials of *Azolla* (*Azolla caroliniana*) for uptake of arsenic from contaminated waters with different levels of salinity. *IJACS* 6(12):778-83.
- Sytar, Oksana, M. Brestic, N. Taran y M. Zivcak. 2016. *Plants used for biomonitoring and phytoremediation of trace elements in soil and water*, chapter 14. En: *Plant Metal Interaction*. Elsevier Inc. doi:10.1016/B978-0-12-803158-2.00014-X.
- Syukor, A. R. Abdul, S. Sulaiman, N. Islam Siddique, A. W. Zularisam y M. I. M. Said. 2015. Integration of phytogreen for heavy metal removal from wastewater. *Journal of Cleaner Production* (Accepted). Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.jclepro.2015.10.103.
- Tan, Cai-yun, Xiao-quan Shan, Guo-zhong Xu, Yu-man Lin y Zu-liang Chen. 2011. Phytoaccumulation of cadmium through *Azolla* from aqueous solution. *Ecological Engineering* 37(11):1942-46. Elsevier B.V.: doi:10.1016/j.ecoleng.2011.01.010.
- Thayaparan, M., S. Iqbal, P. Chaturanga y M. C. M. Iqbal. 2013. Rhizofiltration of Pb by *Azolla pinnata*. *International Journal Of Environmental Sciences* 3(6):1811-21. doi:10.6088/ijes.2013030600002.
- Tung, H. F. y T. C. Shen. 1985. Studies of the *Azolla pinnata-Anabaena azollae* Symbiosis: current growth of *Azolla* with rice. *Aquatic Botany* 22:145-52.
- USEPA. 2002. Supplemental guidance for developing soil screening. *U.S. Environmental Protection Agency*.
- Wan, Yanan, Yao Yu, Qi Wang, Yuhui Qiao y Huafen Li. 2016. Cadmium uptake dynamics and translocation in rice seedling: influence of different forms of selenium. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 133:127-34. doi:10.1016/j.ecoenv.2016.07.001.
- Wilkins, B. D. 1978. The measurement of tolerance to edaphic factors. *New Phytol.* 80:623-33. doi:10.1111/j.1469-8137.1978.tb01595.x.
- Wu, Fei long, Dai yan Lin, and De chun Su. 2011. "The Effect of Planting Oilseed Rape and Compost Application on Heavy Metal Forms in Soil and Cd and Pb Uptake in Rice." *Agricultural Sciences in China* 10 (2). Chinese Academy of Agricultural Sciences: 267-74. doi:10.1016/S1671-2927(11)60004-7.
- Zambrano, J. 1974. Las malezas acuáticas. *Revista de La Facultad de Agronomía* 2(4):87-94.
- Zhang, Feng, Xin Wang, Daixia Yin, Bo Peng, Changyin Tan, Yunguo Liu, Xiaofei Tan, and Shixue Wu. 2015. Efficiency and mechanisms of Cd removal from aqueous solution by biochar derived from water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). *Journal of Environmental Management* 153. Elsevier Ltd: 68-73. doi:10.1016/j.jenvman.2015.01.043.
- Zhao, Xiu lan y Masaihiko Saigusa. 2007. Fractionation and solubility of cadmium in paddy soils amended with porous hydrated calcium silicate. *Journal of Environmental Sciences* 19(3):343-47. doi:10.1016/S1001-0742(07)60056-4.

Diversidad y abundancia de la quiropteroфаuna en la Estación Científica Pedro Franco Dávila, durante los meses mayo-agosto 2015

Diversity and abundance of bats in the Pedro Franco Dávila Scientific Station, during may-august 2015

Andrea Au Hing^{1, *} & Jaime A. Salas²

¹ Egresada de la Universidad de Guayaquil- Facultad de Ciencias Naturales
Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo, Guayaquil, Ecuador. +593997856742

² Docente-Investigador de la Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales
Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo, Guayaquil, Ecuador.
Email: salaszjaime@hotmail.com. +593984425062

Recibido 7 de mayo 2016; recibido en forma revisada 16 de septiembre 2016, aceptado 25 de octubre 2016
Disponibile en línea 31 de diciembre 2016

Resumen

El presente estudio se realizó en la Estación Científica Pedro Franco Dávila, Jauneche, localizada en el cantón Palenque, provincia de Los Ríos. El principal objetivo fue evaluar el estado de conservación de la quiropteroфаuna en este remanente de bosque semideciduo. Durante la noche, se emplearon redes de niebla a nivel de suelo y subdosel con un esfuerzo de muestreo de 1533 h/red, durante los meses de mayo a agosto del 2015; mientras que durante el día se procedió a la búsqueda de refugios. Se elaboraron curvas de rango-abundancia y acumulación de especies, y se calcularon índices de diversidad de Shannon-Wiener y de equitatividad de Pielou. Adicionalmente, se revisaron sus categorías de amenaza. Se capturaron un total de 46 individuos, pertenecientes a 10 especies, 7 géneros y 2 familias, la especie dominante fue *Sturnira bakeri* (29%), seguida de *Desmodus rotundus* y *Glossophaga soricina*, con 15% cada una, respectivamente. *Saccopteryx bilineata* se halló en un árbol de *Ficus sp.* (Moraceae). Los gremios tróficos identificados son: frugívoro, omnívoro, nectarívoro, hematófago e insectívoro. Los valores de diversidad ($H' = 1.98$; $J' = 0.86$), indican una media. *Sturnira bakeri*, *Glossophaga soricina*, *Carollia brevicauda* y *Saccopteryx bilineata* constituyen nuevos registros para la estación científica.

Palabras clave: AICOM, bosque semideciduo, gremios tróficos, Jauneche, murciélagos, refugios.

Abstract

The present study was carried out in Pedro Franco Dávila Scientific Station (Palenque parish, province of Los Ríos). The aim was to evaluate the status of conservation of chiropteroфаuna in the remaining semideciduous forest. At night, mist nets were displayed at soil and subcanopy levels, sampling 1533 h/web, from May to August 2015; meanwhile during the day, bat refugia were searched. Abundance-range and species accumulation curves were elaborated, Shannon-Wiener and Pielou evenness diversity index were calculated; additionally, the threatened categories of the species were reviewed. A total of 46 individuals, belonging to 10 species, 7 genera and 2 families were captured. *Sturnira bakeri* (29%) is dominant, followed by *Desmodus rotundus* and *Glossophaga soricina* with 15% each, respectively. *Saccopteryx bilineata* was found on a tree of *Ficus sp.* (Moraceae). The trophic guilds that were recognized are: frugivorous, omnivorous, hematophagous and insectivorous. Diversity numbers ($H' = 1.98$; $J' = 0.86$), indicate a medium diversity. *Sturnira bakeri*, *Glossophaga soricina*, *Carollia brevicauda* and *Saccopteryx bilineata* are new records for the scientific station.

Keywords: AICOM, bats, Jauneche, refuges, semideciduous forest, trophic guilds.

Introducción

Los murciélagos es uno de los grupos de mamíferos más diversos y abundantes en el mundo, y el de mayor

número de especies en Ecuador. Ecuador cuenta con 427 especies de mamíferos, donde cerca del 39,8% corresponde a los quirópteros, éstos ocupan el segundo lugar con 8 familias, 64 géneros y 170

* Correspondencia del autor:
E-mail: andau92@hotmail.com



especies, de las cuales 4 son endémicas (Tirira, 2016).

El conjunto de adaptaciones y cambios evolutivos que presentan es único entre los órdenes de mamíferos, como la capacidad de volar y el desarrollo de un sistema de ecolocalización, derivado de sus costumbres nocturnas (Tirira, 2007).

Pese a ser componentes importantes de la biodiversidad en el país, existen localidades en la región occidental, donde los estudios de la quiroptero fauna son escasos o ausentes, como la Estación Científica Pedro Franco Dávila (Jauneche), esta es una reserva manejada por la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil, donde previamente se han realizado escasos trabajos sobre mamíferos (Parker y Carr, 1992; Zambrano *et al.*, 2011). Debe tenerse presente que los murciélagos cumplen importantes funciones en procesos ecológicos, especialmente como polinizadores de plantas (Whittaker y Jones, 1994; Galindo, 1998; Moreno *et al.*, 2011), dispersores de semillas (Estrada *et al.*, 2007; Bredt *et al.*, 2012; Fenton y Simmons, 2015) y controladores de poblaciones de insectos plagas (Patterson y Willig, 2005; Jones *et al.*, 2009; McCracken *et al.*, 2012).

Históricamente, el occidente de Ecuador ha presentado profundas transformaciones de paisaje, provocado principalmente por la apertura de vías, tala ilegal, la ampliación de la frontera agrícola y ganadera (Dodson y Gentry, 1991; Aguirre y Kvist, 2005; MAE 2013; Sierra, 2013), causando fragmentación en remanentes

boscosos, y aislamiento en sus poblaciones. En sitios donde el cambio de uso de suelo para agricultura ha sido vertiginoso, como es el caso de Jauneche, varias taxa de vertebrados entre ellos los murciélagos, pueden estar sujetos a procesos de defaunación (Redford, 1992; Ramírez-Mejía y Mendoza, 2010), por lo que se pueden convertir un grupo con riesgo de extinción local. Se considera que el uso indiscriminado de agroquímicos en zonas agrícolas son una amenaza para su conservación (Burneo *et al.*, 2015).

Por lo antes planteado, nuestra finalidad fue evaluar de forma preliminar el estado de conservación de los murciélagos en Jauneche, considerando su diversidad y abundancia, durante los meses de mayo y agosto del 2015.

Materiales y métodos

Área de estudio

El presente estudio se realizó en la Estación Científica Pedro Franco Dávila, también conocida con el nombre de Reserva Jauneche ($1^{\circ}14'28.5''S$; $79^{\circ}40'07.8''W$), esta presenta un tipo de bosque tropical semidecídulo, y cuenta con una extensión de 139,8 hectáreas. Está localizada en la provincia de Los Ríos, cantón Palenque, cerca de las poblaciones de Palenque y Mocache (Figura 1).

Fase de campo

Se instalaron 4 redes de niebla (entre 6, 9 y 12 metros de largo), las cuales permanecieron abiertas desde las 18:00 a 23:00, revisándose en lapsos de

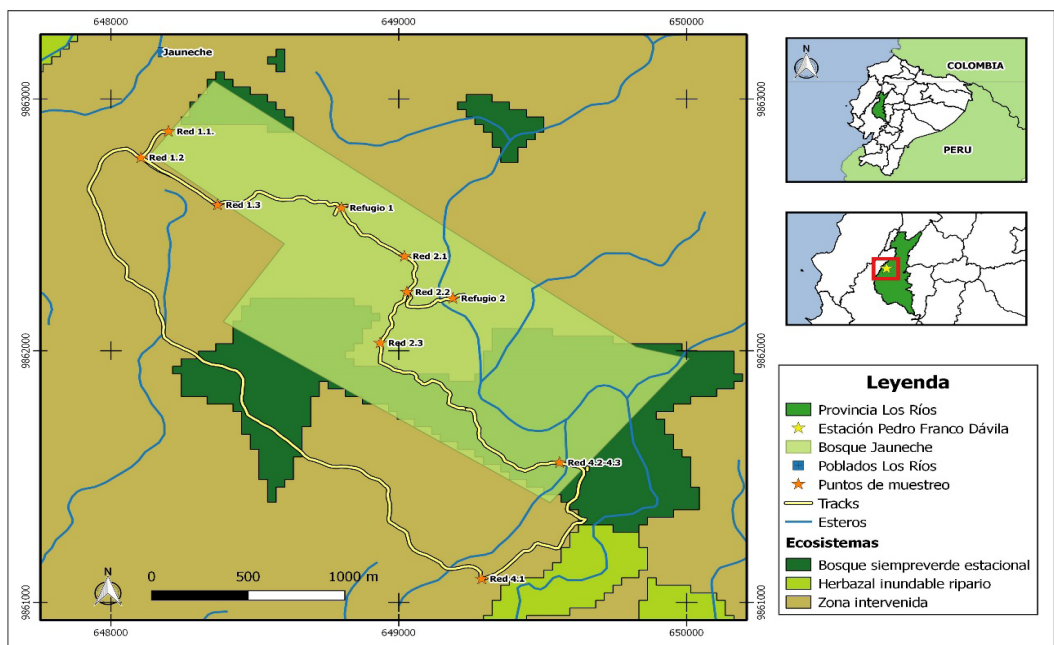


Figura 1. Mapa de Jauneche, Cantón Palenque, Provincia de Los Ríos.



Figura 2. Especies encontradas en la Estación Científica Pedro Franco Dávila: A. *Desmodus rotundus*; B. *Artibeus lituratus*; C. *Artibeus fraterculus*; D. *Phyllostomus discolor*; E. *Phyllostomus hastatus*; F. *Carollia perspicillata*; G. *Carollia brevicauda*; H. *Sturnira bakeri*; I. *Glossophaga soricina*; J. *Saccopteryx bilineata*.

15 a 30 minutos. Las redes se colocaron en puntos estratégicos, a nivel de suelo y subdosel, alrededor de cuerpos de agua, bordeando la estación, cerca de posibles refugios o principalmente donde se observaron claros arbóreos (Kunz y Parson, 2009).

Los murciélagos capturados fueron extraídos de las redes, y transportados al campamento en fundas de tela, donde fueron fotografiados, e identificados mediante la guía de campo de mamíferos de Ecuador (Tirira, 2007). También se anotó información adicional como: hora de captura, edad, condiciones reproductivas, presencia de ectoparásitos, y medidas morfométricas como: longitud total (LT), longitud

cabeza y cuerpo (CC), longitud de la cola (LC), longitud de la pata (LP), longitud de la oreja (LO), longitud de tibia (Ti) y antebrazo (AB); posteriormente fueron liberados. Durante el día, se realizó un reconocimiento de refugios o sitios de reposo de los murciélagos.

Fase de gabinete

Se calculó el esfuerzo de muestreo multiplicando el largo por el ancho de las redes de niebla, por el número de horas abiertas, el número de noches y el número de redes empleadas (Pérez-Torres, 2004). De forma complementaria, utilizando el paquete estadístico EstimateSWin910 se elaboraron las curvas de acumulación de especies con los registros

de capturas de murciélagos (Colwell, 2008), curvas de rango-abundancia (Longino y Colwell, 1997) y se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener y de Equitatividad de Pielou, ambos índices con un intervalo de confianza del 95% (Magurran, 1988).

Además, se observó la proporción de los gremios alimenticios, según Kalko (1997) y el estado de amenaza de las especies capturadas se basó en el Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador (Tirira, 2011) y en la Lista Roja de la UICN (2015).

Resultados

El total de murciélagos capturados durante el periodo de estudio fue de 46 individuos, correspondientes a 2 familias, 7 géneros y 10 especies, (esfuerzo de captura= 1533 h/red) (Tabla 1, Figura 2). La familia Phyllostomidae fue la más diversa con nueve especies. Entre los registros de los filostómidos las subfamilias: Stenodermatinae y Carollinae presentaron las abundancias relativas más altas (36% y 26% respectivamente; figura 3). Las especies dominantes fueron: *Sturnira bakeri*, *Desmodus rotundus* y *Glossophaga soricina* (Figura 4).

De acuerdo a los criterios de Listas Rojas de la UICN (2015) y de Ecuador (Tirira 2011), las especies colectadas se encuentran en Preocupación menor

(LC). De las 4 especies de murciélagos considerados endémicos de la ecorregión tumbesina para Ecuador (Tirira, 2012), sólo *Artibeus fraterculus* fue capturado en este estudio.

El índice de diversidad fue $H = 1,98 \text{ bits/ind} \pm 0,38$. Mientras que el índice de equitatividad de Pielou muestra que las especies son altamente uniformes ($J=0,86$) en cuanto al mismo número de individuos.

La curva de acumulación de especies observadas (S_{est}) mostró un incremento creciente que no se estabilizó al término del muestreo, lo que indica que aún hay especies de quirópteros por registrar en Jauneche; esto fue confirmado por el estimador no paramétrico *Chao 1*, que predijo un número mayor de especies que las observadas (Figura 5).

Así mismo, la curva de rango-abundancia muestra a *Sturnira bakeri* como la especie más abundante, seguida de *Desmodus rotundus* y *Glossophaga soricina*. Simultáneamente, *Artibeus fraterculus*, *A. lituratus*, *Phyllostomus hastatus* y *P. discolor* son cuatro especies raras durante el muestreo.

El gremio trófico con mayor riqueza específica fue el frugívoro (6 especies), los gremios nectarívoro, hematófago, omnívoro e insectívoro solo están representados con una especie (Figura 6).

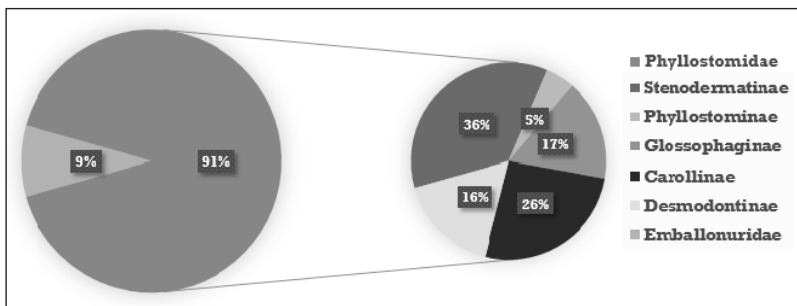


Figura 3. Porcentajes (%) de abundancia de las familias y subfamilias de quirópteros.

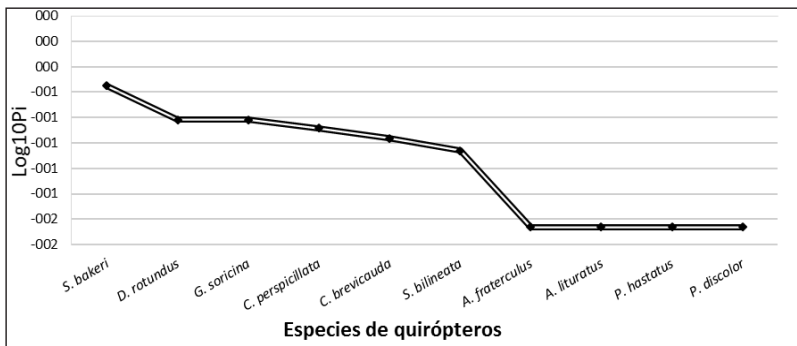


Figura 4. Curva de abundancia relativa de las especies de quirópteros, en la Estación Científica Pedro Franco Dávila, a partir de las salidas de campo durante los meses Mayo-Agosto del 2015.

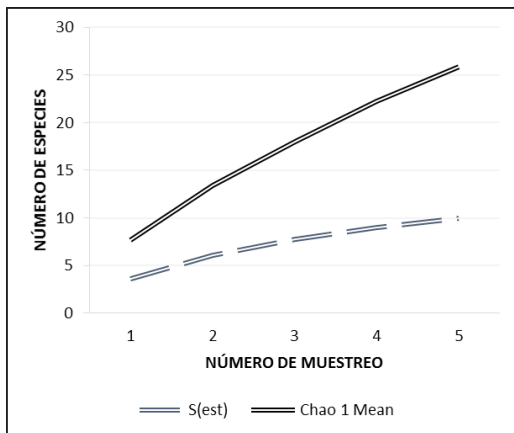


Figura 5. Curva de acumulación de especies observadas S (est) y del estimador $Chao 1$ según las capturas efectuadas en el presente estudio.

Discusión

Los quirópteros incluyen especies de todos los niveles tróficos, por lo que establecen relaciones con especies vegetales importantes tanto en la economía del hombre como en el mantenimiento de los ecosistemas (Kunz, 1988; Sazima y Sazima, 1978; Howell, 1979; Gorchoy *et al.*, 1993). En nuestro trabajo hallamos 5 de los 7 gremios tróficos reportados en murciélagos (Kalko *et al.*, 1996), encontrándose ausentes especies de hábitos carnívoros e ictiófagos (Figura 6).

A pesar de su importancia y del incremento de estudios en este grupo en el país, aún hay muchos aspectos de su biología y diversidad regional que son desconocidos, y esto dificulta la elaboración de planes para su conservación (Fenton *et al.*, 1992; Burneo *et al.*, 2015). Esto no ha sido la excepción en Jauneche, pues el único trabajo donde se han reportado data de hace 24 años (Parker y Carr, 1992), con 12 especies de murciélagos. En esta investigación se reporta un total de 10 especies, de las cuales *Sturnira bakeri*, *Glossophaga soricina*, *Carollia brevicauda* y *Saccopteryx bilineata* constituyen nuevos registros para la reserva, no obstante, se consideran especies de amplia distribución y generalistas (Tirira, 2007; Tirira y Arévalo, 2012).

Los murciélagos frugívoros constituyeron el mayor porcentaje de individuos capturados en este estudio (Figura 6), lo cual concuerda con lo reportado en otras investigaciones realizadas en el neotrópico (Kalko *et al.*, 1996; Clarke *et al.*, 2005; Simmons y Voss, 2009). También reportamos una alta abundancia relativa en las subfamilias Stenodermatinae (36%) y Carollinae (26%) (Figura 3), probablemente debido a que son especies de amplia distribución (Tirira, 2007). Ambas subfamilias tienen como característica la función ecológica de dispersión de semillas, por lo que se podría asumir que *Sturnira bakeri*, *Carollia perspicillata*, *C. brevicauda*, *Artibeus fraterculus*

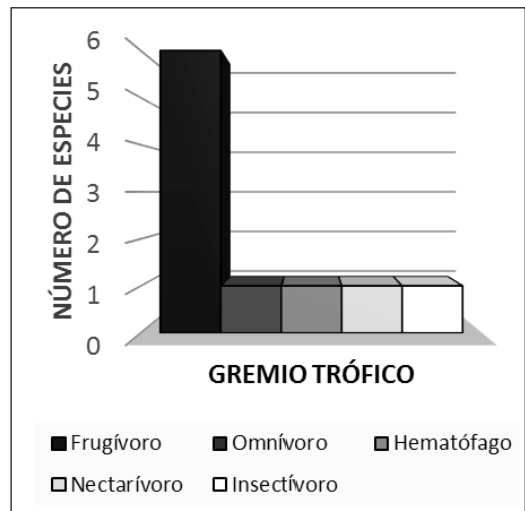


Figura 6. Riqueza específica de murciélagos por gremio trófico, a partir de los ejemplares colectados en la Estación Científica Pedro Franco Dávila, durante los meses Mayo-Agosto/2015.

y *A. lituratus* estarían contribuyendo a la sucesión secundaria del bosque de Jauneche, la cual está fuertemente determinada por los cultivos extensivos que tiene alrededor (Mapa).

Por ejemplo, varios de los ejemplares de *Carollia perspicillata* y *C. brevicauda* fueron capturados cerca de plantas de *Piper sp.*, lo cual es consistente a reportes previos sobre los hábitos del género *Carollia* (Bonaccorso *et al.*, 1979; Flemming, 1988; Lindner y Morawetz, 2006), pues se alimenta principalmente de los frutos de plantas de los géneros *Piper sp.* (Piperaceae), *Anthurium sp.* (Araceae) y *Vismia sp.* (Clusiaceae). El género *Artibeus* se caracteriza por su preferencia a frutos de la familia Moraceae, aunque suelen ser generalistas en cuanto a su dieta (Barquez *et al.*, 1999).

Algunas especies de murciélagos de costumbres generalistas han preferido habitar en edificaciones humanas, en especial usan casas abandonadas, techos, alcantarillas, puentes, entre otros lugares (Webster y Jones, 1984; Morton, 1989). En el presente estudio se encontró un refugio artificial, en una casa abandonada ocupado por murciélagos como *Phyllostomus hastatus*, el cual se considera un indicador de sitios alterados o perturbados, pues se sabe que son organismos omnívoros y generalistas que pueden alimentarse tanto de insectos, frutos, inclusive de pequeños vertebrados (Santos *et al.*, 2003).

Otra especie que se reportó en su refugio fue *Saccopteryx bilineata*, representada por 4 individuos encontrados en las oquedades de un árbol de *Ficus sp.* (Moraceae); esta especie ha sido caracterizada por buscar refugio en árboles huecos, grietas, pequeñas

cavernas o sobre la corteza de troncos (Yancey *et al.*, 1998), lo cual se confirma en este estudio. *Saccopteryx bilineata* está presente en la costa, Amazonia y en las estribaciones orientales de los Andes ecuatorianos (Tirira, 2008), su registro en Jauneche es consistente a la distribución esperada en el país, y añade una nueva localidad dentro de su rango de distribución, pues anteriormente se conocían seis registros en la provincia de Los Ríos (Tirira y Arévalo, 2012).

Debido a que el conocimiento ecológico es fundamental para un adecuado manejo de las áreas naturales, los murciélagos pueden ser considerados como bioindicadores para determinar el estado de conservación de un área (Jones *et al.*, 2008). Por ejemplo, Medellín *et al.* (2000) sugieren que altos niveles de abundancia del vampiro común, podrían indicar alteraciones en el hábitat. En nuestro trabajo de campo se registraron siete individuos de *Desmodus rotundus* en el límite de la estación, a escasos metros de la escuela local. De acuerdo a entrevistas, no existen conflictos hombre-murciélagos en esta área (José Bonifaz, comm. pers), por lo que se podría pensar que este sector del bosque presenta algún grado de perturbación, provocado por el efecto de borde entre la vegetación y la población.

El análisis de diversidad y la información ecológica de los murciélagos capturados en este estudio refleja alteración en el hábitat, debido a que el bosque soporta presiones por actividades antropogénicas. Por lo cual consideramos que la diversidad de murciélagos obtenida en el paisaje de Jauneche es media (Ramírez-González, 2006). Además, se determina que algunas especies típicas de áreas fragmentadas, principalmente de las subfamilias Stenodermatinae y Carollinae, presentan altas abundancias relativas, esto probablemente a que son especies generalistas, por lo tanto, se adaptan con facilidad a áreas alteradas y poseen dietas amplias como, por ejemplo, *Artibeus fraterculus*, *A. lituratus*, *Carollia perspicillata*, entre otras. De acuerdo a Laval y Bernal (2002), estas especies de quirópteros frugívoros no sólo se alimentan de una gran variedad de frutos comunes en paisajes alterados, sino que además complementan su dieta con néctar, polen e insectos.

Por otro lado, el gremio con menor representación en número de individuos fue el de los insectívoros, esta baja abundancia probablemente se debe a que éstos poseen un sistema de sonar bien desarrollado para atrapar sus presas en el aire, con el cual podrían detectar fácilmente las redes de niebla (Morton, 1989). Por esta razón se recomienda el uso de detectores ultrasónicos (MacSwiney *et al.*, 2008), debido a que estos permiten registrar a las especies que prefieren los niveles medios del bosque y el dosel para moverse y alimentarse (Reid, 1997) y emiten sonidos de ecolocalización por arriba del límite audible para el ser humano (Schnitzler y Kalko, 2001).

A pesar de evidenciarse una elevada alteración en la reserva y una baja diversidad de quirópteros, Jauneche

presenta algunos criterios para que este grupo taxonómico sea considerado como un nuevo objeto de conservación, como la identificación de refugios naturales, y la presencia de especies de interés, así como la presión de amenazas emergentes como pérdida de hábitat, conflictos humano-murciélagos, y el uso indiscriminado de sustancias tóxicas para controlar plagas en cultivos (Burneo *et al.*, 2015). Como este trabajo fue de corta duración, es necesario intensificar los muestreos, para aumentar el número de especies reportadas, o identificar nuevos refugios naturales en el área de estudio.

Conclusiones

Con el presente estudio se logró actualizar la lista de quiróptero fauna para la Reserva Jauneche, lo cual servirá como una contribución para futuros estudios relacionados con la conservación y ecología de quirópteros.

La riqueza en la Reserva de Jauneche fue de 10 especies de quirópteros, pertenecientes a las familias: Phyllostomidae y Emballonuridae, siendo *Sturnira bakeri* la más abundante.

Se identificaron 5 gremios tróficos, siendo el frugívoro el más abundante (60%).

Sturnira bakeri, *Glossophaga soricina*, *Carollia brevicauda* y *Saccopteryx bilineata* constituyen nuevos registros para la reserva.

Recomendaciones

Es necesario implementar otras técnicas de muestreo como la bioacústica, redes de golpeo, trampa de arpa, y la investigación de refugios diurnos para tener un inventario más completo, así como de búsqueda de refugios.

El área provee de refugios naturales a algunas especies de murciélagos por lo cual sería recomendable iniciar un proceso de declaratoria como un Área de Importancia para la Conservación de Murciélagos en nuestro país.

Agradecimientos

A la Dra. Carmita Bonifaz por su apertura para realizar el trabajo en la Estación Pedro Franco Dávila, así como a José Bonifaz por su ayuda en la logística. Un agradecimiento especial a Luis Rodríguez y Mayra González Ruiz por su ayuda y compañerismo demostrado en la fase de campo.

Referencias

- Aguirre, Z. y L. P. Kvist. 2005. Composición florística y estado de conservación de los bosques secos del sur-occidente del Ecuador. *Lyonia*, 8(2):41-67.
- Barquez, R., M. Mares y J. Braun. 1999. *The bats of Argentina*.

- Special Publications, Museum of Texas Tech University, 42:1-225.
- Bonaccorso, F. 1979. Foraging and reproductive ecology in a Panamanian bat community. *Bulletin of the Florida State Museum, Biological Sciences*, 24:359-408.
- Bredt, A., W. Uieda y P. Wagner-André. 2012. *Plantas e morcegos: na recuperação de áreas degradadas e na paisagem urbana*. Rede de Sementes de Cerrado. Brasília.
- Burneo, S., M. Proaño y D. Tirira. 2015. *Plan de acción para la conservación de los murciélagos del Ecuador*. Programa para la Conservación de los Murciélagos del Ecuador y Ministerio del Ambiente del Ecuador. Quito.
- Clarke, F., D. Pio y P. Racey. 2005. A comparison of logging systems and bat diversity in the Neotropics. *Conservation Biology*, 19(4):1194-1204.
- Colwell, R. 2008. EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software), Version 8. 2. 0. Disponible en línea: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- Dodson, C. H. y A. H. Gentry. 1991. Biological extinction in western Ecuador. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 78:273-295.
- Estrada-Villegas, S., J. Pérez-Torres y P. Stevenson. 2007. Dispersión de semillas por murciélagos en un borde de bosque montano. *Ecotropicos*, 1-14.
- Fenton, M., L. Acharya, D. Audet, M. Hickey, C. Merriman, M. Obrist, D. Syme y B. Adkins. 1992. Phyllostomid bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as indicators of habitat disruption in the Neotropics. *Biotropica*, 24(3):440-446.
- Fenton, M. y N. Simmons. 2015. *Bats: A world of science and mystery*. The University of Chicago Press. Chicago y Londres.
- Fleming, T. 1988. *The short-tailed fruit bat: a study in plant-animal interactions*. The University of Chicago Press. Chicago.
- Galindo, J. 1998. Dispersión de semillas por murciélagos: su importancia en la conservación y regeneración del bosque tropical. *Acta Zoológica Mexicana*, 73:57-74.
- Gorchov, D. L., F. Cornejo, C. Ascorra y M. Jaramillo. 1993. The role of seed dispersal in the natural regeneration of rain forest after strip-cutting in the Peruvian Amazon. *Vegetation*, 107-108: 339-349.
- Howell, D. 1979. Flock foraging in nectar-feeding bats: advantages to the bats and the host plants. *American Naturalist*, 114: 817-832.
- Jones, G., D. Jacobs, T. Kunz, M. Willig y P. Racey. 2008. Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endangered species Research*. 8:95-115.
- Jones, G., D. Jacobs, T. Kunz, M. Willig y P. Racey. 2009. Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endangered Species Research*. 8(1-2):93-115.
- Kalko, E., Jr. C. Handley y D. Handley. 1996. Organization, diversity and long-term dynamics of a Neotropical bat community. Pp. 503-553, en: Long-term studies of vertebrate communities (M. L. Cody y J. A. Smallwood, eds.). Academic Press. San Diego.
- Kalko, E. 1997. Diversity in tropical bats. Pp. 13-43, en: Tropical diversity and systematics (H. Ulrich, ed.). Zoologisches Forschungsinstitut y Museum Alexander Koenig. Bonn.
- Kunz, T. 1988. *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 533 pp.
- Kunz, T. y S. Parsons. 2009. *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. Second Edition. Johns Hopkins University Press. 920 pp.
- Laval, R. y B. Rodríguez. 2002. *Murciélagos de Costa Rica*. 1ª ed. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad, INBIO, 2002. 320 p.
- Lindner, A. y W. Morawetz. 2006. Seed dispersal by frugivorous bats on landslides in a montane rainforest in southern Ecuador. *Chiroptera Neotropical*. 12(1): 232-237.
- Longino, J. y R. Colwell. 1997. Biodiversity assessment using structured inventory: capturing the ant fauna of a tropical rain forest. *Ecological Applications*, 7, 1263-1277.
- MacSwiney, M., F. Clarke y P. Racey. 2008. What you see is not what you get: The role of ultrasonic detectors in increasing inventory completeness in Neotropical bat assemblages. *Journal of Applied Ecology* 45:1364-137.
- MAE. 2013. Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental. Proyecto Mapa de Vegetación del Ecuador, Subsecretaría de Patrimonio Natural, Ministerio del Ambiente del Ecuador. Quito.
- Magurran, A. 1988. *Ecological Diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 337 pp.
- McCracken, G., J. Westbrook, V. Brown, M. Eldridge, P. Federico y T. Kunz. 2012. Bats track and exploit changes in insect pest populations. *PLoS One* 7(8):1-10.
- Medellín, R., M. Equihua y M. Amin. 2000. Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in Neotropical rainforests. *Conservation Biology*, 14(6):1666-1675.
- Moreno, C., F. Barragán, E. Pineda y P. Numa. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82-95.
- Morton, P. 1989. *Murciélagos Tropicales Americanos*. El Fondo Mundial Para La Naturaleza, Texas, EEUU. 54 pp.
- Parker III, T. y J. Carr. 1992. Status of forest remnants in the Cordillera de la Costa and adjacent areas of southwestern Ecuador. *Conservation International*, RAP Working Papers 2.
- Patterson, B. y M. Willig. 2005. Trophic strategies, niche partitioning, and patterns of ecological organization. *Bat Ecology*, Chicago, 97-120.
- Pérez-Torres, J. 2004. *Dinámica del ensamblaje de murciélagos en respuesta a la fragmentación en bosques nublados, un modelo de ecuaciones estructurales*. (Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas). Departamento de Postgrado. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Ramírez-González, A. 2006. *Ecología: Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Ramírez-Mejía, D. y E. Mendoza. 2010. El papel funcional de la interacción planta-mamífero en el mantenimiento de la diversidad tropical. *Biológicas*, 12(1):8-13.
- Redford, K. 1992. The empty forest. *BioScience*, 42(6):412-422.
- Reid, F. 1997. "A field guide to the Mammals of Central America & Southeast Mexico". New York, Oxford. Oxford University Press. 334 pp.
- Santos, M., L. Aguirre, B. Vázquez y J. Ortega. 2003. *Phyllostomus hastatus*. *Mammalian Species*, 722: 1-6.
- Sazima, M. y I. Sazima. 1978. Bat pollination of the passion flower, *Passiflora mucronata* in southwestern Brazil. *Biotropica*, 10(2):100-109.
- Schnitzler, H. y E. Kalko. 2001. Echolocation by Insect-eating Bats. *BioScience* 51:557-569.
- Sierra, R. 2013. Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010 y un acercamiento a los próximos 10 años. *Conservación Internacional Ecuador y Forest Trends*. Quito, Ecuador.
- Simmons, N. y R. Voss. 2009. Collection, preparation, and fixation of specimens and tissues, en: T.H. Kunz and S. Parsons (eds.), *Ecological and behavioral methods for the study of bats* (2nd ed.), 849-867. Baltimore: Johns Hopkins University.
- Tirira, D. 2007. *Guía de Campo de los mamíferos del Ecuador*. Ediciones Murciélago Blanco. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 6. Quito. 576 pp.
- Tirira, D. 2008. *Mamíferos de los bosques húmedos del noroccidente del Ecuador*. Ediciones Murciélago Blanco y Proyecto PRIMENET. Publicación Especial de los Mamíferos del Ecuador 7. Quito. 352pp.

- Tirira, D. 2011. *Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador*. 2ª edición. Fundación Mamíferos y Conservación, Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Ministerio del Ambiente del Ecuador. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 8. Quito. 400pp.
- Tirira, D. 2012. Murciélagos de Ecuador: una referencia geográfica, taxonómica y bibliográfica. Pp. 235-326, en: *Investigación y conservación sobre murciélagos en el Ecuador* (D. G. Tirira y S. F. Burneo, eds.). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Fundación Mamíferos y Conservación y Asociación Ecuatoriana de Mastozoología. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 9. Quito.
- Tirira, D. y G. Arévalo. 2012. La familia Emballonuridae en el Ecuador: Un catálogo de registros y colecciones. Pp. 123-170, en: *Investigación y conservación sobre murciélagos del Ecuador* (D. G. Tirira y S. F. Burneo, eds.). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Fundación Mamíferos y Conservación y Asociación Ecuatoriana de Mastozoología. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 9. Quito.
- Tirira, D. 2016. Mamíferos del Ecuador: lista actualizada de especies / Mammals of Ecuador: Updated checklist species. Versión 2016.1. Asociación Ecuatoriana de Mastozoología y Fundación Mamíferos y Conservación. Quito. (Actualización / updated: 2016-07-12).
- UICN. 2015. 2015 IUCN Red List of Threatened Species. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. Web site: www.iucnredlist.org. Consultado: 2016.
- Webster, W. y J. Jones. 1984. Notes on a collection of bats from Amazonian Ecuador. *Mammalia*, 48: 247-252.
- Whittaker, R. y S. Jones. 1994. The role of frugivorous bats and birds in the rebuilding of a tropical forest ecosystem, Krakatau, Indonesia. *Journal of Biogeography*. 21:245-258.
- Yancey, F., J. Goetze y C. Jones. 1998. *Saccopteryx bilineata*. *Mammalian Species* 581:1-5.
- Zambrano, I., D. Almeida y M. Gonzáles. 2011. Evaluación ecológica rápida de la mastofauna en la Estación Científica Pedro Franco Dávila. *Investigación tecnología e innovación. Revista de divulgación de la Dirección de Investigaciones y Proyectos Académicos*. 95-105.

Lista anotada de saurios presentes en Estación Científica “Pedro Franco Dávila” (Los Ríos-Ecuador), durante mayo- septiembre del 2015

Checklist of sauria in the “Pedro Franco Dávila” Scientific Station (Los
Ríos-Ecuador), during may to september 2015

Ángela Ayala^{1,*}, Miriam Salvador¹, Lissette Torres²,
Yanella Tutivén², Karina Marcillo², Adrián López² & Jesús Anzules²

¹ Docente de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil, Av. Raúl
Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanka Marengo (Campus Mapasingue), Guayaquil, Ecuador.

² Estudiante de la Escuela de Biología de la Facultad de Ciencias Naturales de la
Universidad de Guayaquil

Recibido 13 de junio 2016; recibido en forma revisada 4 de agosto 2016, aceptado 10 de noviembre 2017
Disponible en línea 31 de diciembre 2016

Resumen

Se presenta una lista y descripción morfológica de 11 especies de saurios que se registraron en la Estación Científica Pedro Franco Dávila, ubicada en el recinto de Jauneche, en la provincia de Los Ríos. El trabajo de campo se realizó en el periodo comprendido entre mayo hasta septiembre del 2015. Se utilizó la metodología de la técnica de búsqueda directa y observación visual en todo tipo de microhábitats y vegetación como árboles, troncos secos, hojarascas, entre otros. Como resultado se recolectaron un total de 68 individuos distribuidos en seis familias, seis géneros y 11 especies. Considerando la diversidad, los siguientes géneros han sido registrados: *Anolis* (Dactyloidae) con tres especies, *Gonatodes* (Sphaerodactylidae), *Holcosus* (Teiidae) y *Stenocercus* (Tropiduridae) cada uno con dos especies, en tanto que *Alopoglossus* (Gymnophthalmidae) e *Iguana* (Iguanidae) presentaron una especie respectivamente. *Gonatodes* es el género más abundante debido a la presencia de *G. caudisculatus* y *G. concinatus* con el 44 y 22 %, respectivamente en el interior del bosque, mientras que en la zona externa del mismo *Holcosus septemlineata* lo fue con 40 %, evidenciándose además en esta área una mayor diversidad de sauria.

Palabras clave: Ameiva, *Anolis*, herpetofauna, lagartijas, sauria.

Abstract

A checklist and morphological description of 11 species of sauria recorded in the Pedro Franco Dávila Scientific Station, located in Jauneche precinct, province of Los Ríos, is presented here. Fieldwork was achieved between May and September 2015. Direct search technique and visual observation in all types of microhabitats and vegetation such as trees, dry trunks, leaf litter, among others were used. As a result, 68 individuals were collected, those belonging to six families, six genera and 11 species. Regarding to the diversity at generic level: *Anolis* (Dactyloidae) is represented by three species; *Gonatodes* (Sphaerodactylidae), *Holcosus* (Teiidae) and *Stenocercus* (Tropiduridae), each one has two species; *Alopoglossus* (Gymnophthalmidae) and *Iguana* (Iguanidae) are represented by one species, respectively. *Gonatodes* is the most abundant genus, comprising *G. caudisculatus* and *G. concinatus* in the interior of forest, those representing 44 and 22%, respectively. At the outer area of forest, *Holcosus septemlineata* was the most abundant species recording 40%; that area contains the highest diversity of sauria.

Keywords: Ameiva, *Anolis*, herpetofauna, lizards, sauria.

Introducción

El Ecuador es uno de los 17 países megadiversos del planeta, ocupa el séptimo lugar en números de especies de reptiles en el mundo, con 450 especies

descritas formalmente (Valencia *et al.*, 2014). En lo que respecta al endemismo, estos presentan un elevado porcentaje, entre los cuales se registran 92 especies en esta categoría, equivalente al 21% del

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



total nacional (MAE, 2015). En el país, este grupo está constituido por 4 órdenes: Amphisbaenia, Cocodrylia, Chelonia y Squamata.

Entre las condiciones que han permitido la presencia exitosa de los reptiles en el país, se pueden mencionar su capacidad de adaptarse a la variedad de condiciones biogeográficas que presenta el territorio ecuatoriano, además que presentan una mayor tolerancia a la escasez de agua en comparación con otros grupos de vertebrados, favoreciendo de esta manera la dispersión, el desarrollo evolutivo y reproducción de los estos organismos (Luna-Reyes *et al.*, 2013). La importancia que tiene este grupo en los ecosistemas naturales se debe al papel fundamental que cumplen en las cadenas alimenticias (predador - presa).

La pérdida de la diversidad biológica es señalada como una de las grandes tragedias de nuestra época, afectando principalmente a las lagartijas cuya abundancia varía con los cambios en la composición y cantidad de microhábitats. Muchos de los cuales son afectados o modificados por la acelerada perturbación a causa de las actividades humanas destruyendo o trastornando los hábitats de estos organismos.

El estudio de los reptiles en nuestro país se ha visto incrementado en los últimos años, sin embargo, hay una ausencia de información para ciertas zonas como es la Estación Científica Pedro Franco Dávila, en donde es necesario un inventario del sector, sobre todo del suborden Saurios que pertenece al orden Squamata.

El presente trabajo pretende aportar al conocimiento de este grupo taxonómico mediante el desarrollo de un listado que incluye la descripción morfológica de las especies existentes en la Estación Científica Pedro Franco Dávila. Este tipo de estudio genera bases para desarrollar investigaciones orientadas al diseño e implementación de medidas de protección y conservación de estas especies ante la rápida pérdida de hábitats.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el periodo mayo a septiembre del 2015, en la Estación Científica Pedro Franco Dávila conocida como el Bosque Protector Jauneche, éste se encuentra localizado a 70 msnm en el recinto Jauneche, cantón Palenque, en la Provincia de Los Ríos, Ecuador. Su posición geográfica es entre 01° y 02° latitud sur y entre 79° y 80° longitud oeste, esto es a 140 km al sur de la línea Ecuatorial, 50 km al occidente de la base de la cordillera de los Andes y 120 km de la costa del Pacífico (Dodson *et al.*, 1985). La estación científica tiene una temperatura que oscila entre 18 y 28°C, dependiendo de la estación climática; su precipitación fluctúa entre 1800 a 2000 mm/año, debido a que se encuentra ubicada entre la cordillera de la costa y las laderas occidentales de los Andes. El terreno es levemente ondulado, aunque hay pendientes significativas cerca de los cuerpos lacustres, además de pendientes o barrancos que predominan en el terreno. Entre los canales de

drenaje más importantes se encuentran los esteros Boyal y Peñafiel que forman pantanos, en el exterior adyacente al bosque se encuentra el río Maculillo, un tributario del río Vines que es a su vez uno de los afluentes del río Daule.

Esta pequeña reserva posee una extensión de 130 hectáreas de bosque húmedo tropical, con copas de árboles en su mayoría perennes con excepción de ciertas especies, también se encuentran árboles secundarios, palmas y manchas de sotobosques de bosque antiguo. En la actualidad este bosque está altamente perturbado por la tala de árboles, extracción de recursos y sembríos (Parker y Carr, 1992; obs. pers.).

Se realizaron 6 salidas de campo de tres días de trabajo en cada salida, los muestreos se efectuaron desde las 7:00 a 12:00 y 15:00 a 18:00, tomando datos de presencia y ausencia de especies, incluyendo organismos colectados y observados, mediante búsqueda directa en todo tipo de vegetación y microhábitats como grietas, maleza, troncos secos, hojarasca, árboles, entre otros, según lo recomendado por Ramírez-Bautista *et al.* (2010).

Los individuos hallados en microhábitats fueron fotografiados y la determinación de especies fue realizada utilizando material bibliográfico como la Guía de Campo de Reptiles del Ecuador (Valencia *et*

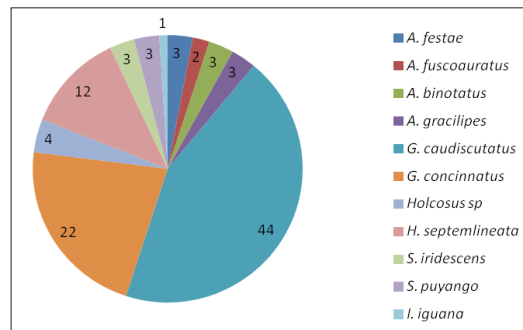


Figura 1. Abundancia relativa de las especies de saurios en la Estación Científica Pedro Franco Dávila.

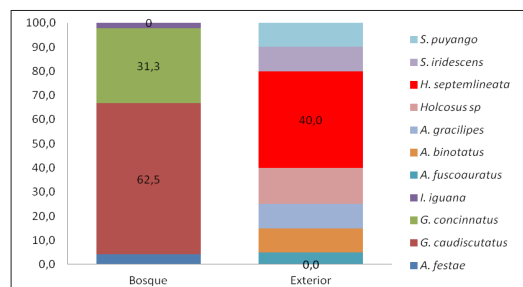


Figura 2. Abundancia relativa de las especies de saurios por áreas en la Estación Científica Pedro Franco Dávila.

Tabla 1. Especies de saurios registrados en la Estación Científica Pedro Franco Dávila, durante mayo-septiembre de 2015.

FAMILIA	ESPECIE	MESES				
		MAY	JUN	JUL	AGOS	SEPT
Gymnophthalmidae	<i>Alopoglossus festae</i>	X				
Dactyloidae	<i>Anolis fuscoauratus</i>					
	<i>Anolis binotatus</i>				X	X
	<i>Anolis gracilipes</i>			X		
Sphaerodactylidae	<i>Gonatodes caudiscutatus</i>					X
	<i>Gonatodes concinatus</i>			X		
Teiidae	<i>Holcosus sp</i>				X	
	<i>Holcosus septemlineata</i>	X	X			
Tropiduridae	<i>Stenocercus iridescens</i>			X		
	<i>Stenocercus puyango</i>			X		
Iguanidae	<i>Iguana iguana</i>	X				

al, 2008), ReptiliaWebEcuador (Torres-Carvajal *et al.*, 2016), The Reptile Database (Uetz *et al*, 2014).

Las especies descritas en este documento están acompañadas por fotografías tomadas de los individuos identificados para esta investigación, es necesario mencionar que todos los organismos capturados durante este estudio fueron liberados. La descripción morfológica se efectuó con base a los trabajos previamente realizados (Guerra-Correa, 2016; Pazmiño-Otamendi y Carvajal-Campos, 2016; Rodríguez-Guerra y Andrango, 2016; Carvajal-Campos, 2013; Carvajal-Campos y Ayala-Varela, 2012; Ayala-Varela *et al.*, 2011; Ayala-Varela y Carvajal-Campos, 2010; Torres-Carvajal, 2007a; Torres-Carvajal, 2005; Köhler, 1999; Boulenger, 1885).

Resultados

En la estación científica Pedro Franco Dávila, durante mayo a septiembre del 2015, se identificaron 68 individuos, pertenecientes a seis familias, seis géneros y once especies de saurios. A nivel de familias, Dactyloidae registró la mayor diversidad con tres representantes del género *Anolis*. La mayor cantidad de especies se registró en julio, observándose que la mayoría de ellas tienen presencia en un mes específico, con excepción de *Holcosus septemlineata* que se registró en mayo y junio. A nivel de género esta tendencia cambia, evidenciándose la presencia de *Anolis* desde julio hasta septiembre, *Holcosus* en mayo, junio y agosto y *Gonatodes* en julio y septiembre (Tabla 1).

Cuantitativamente, *Gonatodes* fue el género más representativo debido a la presencia de *G. caudiscutatus* y *G. concinatus* con el 44 y 22 % de la abundancia total, respectivamente (Figura 1). Considerando su distribución, las dos especies antes mencionadas también presentaron una mayor abundancia en el interior del bosque, mientras que *Holcosus septemlineata* fue representativa en la zona externa del mismo (40%), evidenciándose además una mayor diversidad de especies en esta área (Figura 2).

A continuación, se presenta la descripción morfológica de los individuos colectados:

Familia Gymnophthalmidae *Alopoglossus festae* (Peracca, 1904)



Figura 3. Lagartija occidental de vientre naranja.

Descripción:

Lagartija cuyo tamaño es para ♂ 60.0 mm y ♀ 64.5 mm, sin dimorfismo sexual; superficie dorsal de la cabeza y cuerpo café oscuro o negro; hilera exterior de las escamas ventrales moderadamente pigmentada mientras que las hileras medias sin pigmentación; gulares y post-mentales pueden o no tener puntos negros; subcaudales sin pigmentaciones. Escamas quilladas, en su mayoría granulares, pequeñas en los costados del cuello; gulares dispuestas en cuatro hileras longitudinales, par medio claramente ensanchado; dorsales lanceoladas en hileras transversales; escamas de los flancos similares a las dorsales; ventrales lisas con los márgenes posteriores romos.

Familia Dactyloidae *Anolis fuscoauratus* (D'Orbigny, 1837)

Descripción:

Lagartija cuyo tamaño es para ♂ 51.0 mm y ♀ 65.5 mm, con dorso generalmente uniforme, con tonalidades café o verdes (rara vez salpicado o mezclado); borde de los párpados mostaza; vientre blanco con algunas manchas grises o café; pliegue rosado violeta o rojo amarillento, con escamas blancas. Semicírculos supraorbitales separados por 1-3 escamas; superciliar seguida posteriormente por 1-2 escamas superciliares menos agrandadas, las cuales a su vez son seguidas por una serie de escamas



Figura 4. Lagartija arborícola.



Figura 5. Anolis.



Figura 6. Anolis de dos marcas.

granulares o pequeñas; interparietal separada de los semicírculos supraorbitales por 1-5 escamas; cresta dorsomedial del cuerpo ausente; flancos del cuerpo con escamas ligeramente separadas o yuxtapuestas; escamas ventrales lisas, ligeramente separadas; escamas de las extremidades ligeramente quilladas distalmente y granulares proximalmente; pliegue gular rosado-violeta (unicolor) con escamas blancas y borde blanco en machos; pliegue gular ausente en

hembras, la región gular es blanca; lengua crema rosada; iris café.

Anolis gracilipes (Boulenger, 1898)

Descripción:

Lagartija cuyo tamaño es para ♂ 181.0 mm y ♀ 191.0 mm, con dorso plateado marrón, con marcas triangulares de tonalidad verdosas, con escamas entre las segundas cantales 8-17; escamas entre los semicírculos supraorbitales 1-4; escamas agrandadas en el disco supraocular 3-30; superciliares seguidas de series de escamas granulares o pequeñas; hileras de escamas loreales 6-10; interparietal mucho más pequeña a más grande que el tímpano; escamas dorsales agrandadas graduales; pliegue gular en macho anaranjado claro con escamas verduscas; pliegue gular en hembra ausente; cresta dorsomedial ausente; escamas de los flancos ligeramente separadas o yuxtapuestas.

Anolis binotatus (Peters, 1863)

Descripción:

Lagartija que se distingue por poseer las siguientes características: escamas entre las segundas cantales 6; semicírculos supraorbitales separados por una escama; disco supraocular con 7-8 escamas agrandadas; escama superciliar agrandada; superciliar seguida de series de escamas pequeñas; interparietal separada de los semicírculos supraorbitales por dos escamas; interparietal mucho más grande que el tímpano; hileras de escamas dorsales agrandadas 30; ventrales más grandes que las dorsales; ventrales fuertemente quilladas e imbricadas; almohadillas adherentes solapan la primera falange, cola redonda.

Familia Sphaerodactylidae

Gonatodes caudiscutatus (Günther, 1859)

Descripción:

Salamanquesa cuyo tamaño es para ♂ 44.3 mm y ♀ 45.4 mm, la cabeza de los machos posee franjas amarillas, dos se extienden desde la región supraorbital hasta el hocico, una empieza en la esquina posterior del ojo y continúa posteriormente, otra empieza cerca del tímpano y continúa hacia el cuello; ocelo grande azul bordeado de negro en cada hombro; flancos y dorso con puntos azules dispersos; parche gular crema con puntos café en algunos individuos; escamas ventrales café oscuras; extremidades posteriores cremas ventralmente; cabeza en las hembras con un patrón similar (menos conspicuo) de franjas cremas como en los machos; dorso café; vientre crema, con algunos puntos café en la región gular; extremidades y dígitos con bandas transversales café dorsalmente.

Gonatodes concinnatus (O'Shaughnessy, 1881)

Descripción:

Salamanquesa cuyo tamaño es para ♂ 48.3 mm y ♀ 47.6 mm, que presenta dimorfismo sexual, los machos son más llamativos, con la cabeza, el cuello, la región

gular y las extremidades anteriores anaranjadas o cafés rojizas; la región gular puede presentar marcas cremas; dorso oliváceo con reticulaciones cafés rojizas o cafés, y pecas blancas y negras; vientre amarillo grisáceo, más claro en el área del escudo; las hembras y juveniles de color gris habano, con marcas irregulares cafés, blancas, y grisáceas; región gular crema con marcas negras, vientre crema habano o amarillento; cola con bandas intercaladas negras y blancas; iris café rojizo, y pupila rodeada por un círculo blanco; barra suprahumeral blanca, delineada en negro a cada lado; en machos más conspicua que en hembras.

Familia Teiidae
Holcosus sp.

Descripción:

Lagartija cuyo tamaño es 300 mm que puede alcanzar 30 cm de longitud total, presenta una coloración muy variada con colores azul, naranja, amarillo, café y negro, las combinaciones de estos colores depende tanto de su madurez sexual y del sexo del individuo

Holcosus septemlineata (Duméril y Duméril, 1851)

Descripción:

Lagartija cuyo tamaño es 120 mm, con el dorso gris pardusco, con jaspeado negro, regular; banda vertebral desde el hocico hasta el final de la cola azul claro a azul verdoso, pero tiende a atenuarse y finalmente desaparecer con la edad; líneas dorsolateral y lateral azules brillantes sobre un área marrón rojiza a negra pardusca; línea lateral azul suele interrumpirse por una serie de puntos, y con frecuencia participa en la formación de un área vermiculada a los lados; línea ventrolateral clara a menudo se presenta vagamente, pero no bien marcada, también puede contribuir al diseño vermicular lateral; cabeza de un solo color, oscuro a negro, excepto por la franja dorsomedial; vientre gris a negruzco, puede ser claro en juveniles.

Familia Tropiduridae
Stenocercus iridescens (Günther, 1859)

Descripción:

Lagartija de pequeño tamaño, con el dorso café con chevrones oscuros, más conspicuos en el cuello; escamas vertebrales celestes en algunos machos; línea vertical blanca en el hombro; línea blanca longitudinal desde el tímpano hasta la mitad del cuerpo en algunas hembras; costados de la cabeza blancos o crema en hembras; franja café oscuro extendiéndose anterodorsalmente desde la región subocular hasta las escamas superciliares; barra interorbital café oscuro en algunos especímenes; región gular en machos generalmente roja con algunos puntos negros diseminados (presentes también alrededor del tímpano); parche negro en la superficie ventral del cuello; garganta amarillo brillante; vientre rosa lavanda; iris cobre.



Figura 7. Salamanguetas diurnas occidentales.



Figura 8. Salamanguetas de tronco.



Figura 9. Ameiva.



Figura 10. Ameivas de siete líneas, (Longitud total 120 mm).



Figura 11. Guagsas iridiscentes de la costa.



Figura 12. Guagsas de puyango.



Figura 13. Iguana.

.....
Stenocercus puyango (Torres-Carvajal, 2005)

Descripción:

Lagartija de pequeño tamaño, con el dorso café con chevrones oscuros longitudinales arreglados sobre la línea vertebral; líneas crema verticales sobre el hombro; una línea crema extendiéndose longitudinalmente desde la región subocular hasta el nivel de inserción de las extremidades anteriores en hembras; regiones subocular y loreal crema; banda café oscuro en la parte posterior ventral de la región subocular en algunos especímenes; dorso de la cabeza con una barra interorbital café oscuro; flancos del cuerpo con marcas rojas diseminadas en machos; región gular rosa en machos y café en hembras; mentón, región gular, y superficies ventrales y laterales del cuello con manchas rojas diseminadas en machos; marcas negras o rojo oscuro en la superficie medial ventral del cuello en la mayoría de machos; garganta amarillo brillante en machos, y crema, algunas veces con una marca café oscuro en forma de ocho, en hembras; superficie ventral del cuerpo entre la región pectoral y pélvica con franjas lavanda en machos y crema en hembras, con una línea medial ventral difusa, angosta y oscura en ambos sexos; tres manchas largas crema en la superficie posterior de cada muslo en hembras.

Familia Iguanidae
Iguana iguana

Descripción:

Iguana cuyo tamaño para ♂ 1400 mm y ♀ 1100 mm, con tonalidad verde, posee el hocico sin protuberancias o púas (de dos a tres protuberancias en la punta del hocico); machos sin coloración anaranjada o roja durante el período de apareamiento (coloración anaranjada o roja). Adultos de color gris café hasta verde olivas, o inclusive turquesas, con franjas transversales oscuras y bordes claros en el vientre; patrón reticulado en el dorso en ciertos individuos; barras verticales oscuras, onduladas, y con bordes claros abajo de los flancos; cola con anillos oscuros más o menos distintivos; banda blancuzca delante del brazo usualmente presente. Juveniles verde brillantes con una mancha característica negra con bordes amarillos sobre los párpados.

Es la única especie con escamas nacaradas debajo del tímpano, en la parte posterior de la mandíbula. Cresta dorsal grande que se extiende hasta más de un tercio de la cola y no es interrumpida sobre el sacro; bolsa gular con púas en la parte delantera, la cual puede ser desplegada en su totalidad con ayuda de una hebilla que forma parte del aparato hoydeal.

Discusión y Conclusión

La diversidad de reptiles presentes en la estación científica Pedro Franco Dávila (n=11) equivale al 2.44% de lo establecido para el Ecuador (450 especies; Valencia *et al.*, 2014); mientras que para el área de estudio este valor se incrementa significativamente en relación a las 3 especies previamente reportadas (Armendáriz y Carr, 2012). Esta diferencia podría ser resultado de diferentes tiempos de estudios, técnicas de colectas, entre otros, situación que no puede ser definida puesto que en el trabajo antes mencionado no existe información sobre estas variables, sino que es una actualización de los Anfibios y Reptiles registrados en los Remanentes de Bosque de la Cordillera de la Costa y áreas adyacentes del suroeste del Ecuador, entre los que se encuentra la estación Pedro Franco Dávila.

En relación a la abundancia de organismos, las mayores capturas se realizaron en el bosque debido a que *Gonatodes* presenta hábitos semi-arborícola en bosques primarios y secundarios; mientras que en la zona exterior o de pastizales, la especie más representativa y además ausente en la parte boscosa fue *Holcosus septemlineata*, lo que sería resultado de la existencia de condiciones adecuadas para su desarrollo, especialmente en lo referente a radiación solar que es mayor en relación al interior del bosque, sobre todo si consideramos que se trata de una especie heliotérmica con requerimiento de altas temperaturas (Angilleta *et al.*, 2002).

Alopoglossus festae e *Iguana iguana* fueron menos frecuentes con presencia únicamente dentro del

bosque en mayo, al igual que *A. septemlineata*, lo que estaría relacionado con su hábitat y por ende factores abióticos y bióticos. Se considera que *Alopoglossus festae* es muy activa sobre las hojarasca del bosque (microhábitats relativamente fríos que oscilan entre 23-28°C), especialmente para buscar alimento y/o refugio, evitando de esta manera la fácil observación y/o captura (Vitt *et al.*, 2007). En cuanto a *Iguana iguana*, ésta prefiere vegetación espesa y con cierta altura, en donde la temperatura debe oscilar entre 27-28°C, debido a que son animales arborícolas, es decir que pasan mucho tiempo en los árboles, aunque pueden bajar para hacer madrigueras en el suelo, las que son utilizadas como refugio y para poner sus huevos (Gómez-Mora, 2012).

Considerado, la importancia ecológica del grupo y el aporte a la diversidad del área de estudio, en esta investigación se reportan ocho nuevos registros, como son: *Alopoglossus festae*, *Anolis fuscoauratus*, *Anolis gracilipes*, *Gonatodes caudiscutatus*, *Gonatodes concinnatus* y *Holcosus septemlineata*; estas especies se encuentran catalogadas por la UICN (2005) como de preocupación menor. *Anolis binotatus* posee datos insuficientes y *Stenocercus puyango* no se registra en este listado.

Hasta la actualidad, los esfuerzos de los muestreos de reptiles en la estación Biológica Pedro Franco Dávila se han caracterizado por el uso de la observación visual o captura manual como técnicas básicas de trabajo. En el caso de los saurios, el uso de la observación visual y captura manual no sería lo más aconsejable, éstos métodos presentan limitaciones al hacer los registros debido a que los saurios se caracterizan por poseer un tamaño pequeño, movimientos rápidos y un comportamiento solitario, por lo cual se considera que existen amplias probabilidades de que exista una comunidad de saurios altamente diversa en la Estación Pedro Franco Dávila. Con este antecedente, se sugiere realizar muestreos con metodologías más complejas como son: barrera de desvío “drift fence”, trampas de caída “pitfall”, trampas de embudo “funnel trap” y arreglo espacial de las trampas (Heyer *et al.* 1994); además de realizar búsquedas intensivas en el suelo, entre hojarasca, en los árboles, entre rocas, utilizando las manos, pinzas y/o ganchos herpetológicos.

Referencias

Angilletta, M. J., P. H. Niewiarowski y C. A. Navas. 2002. The evolution of thermal physiology in ectotherms. *Journal of Thermal Biology* 27:249-268.

Armendáriz C. y J. L. Carr. 2012. Lista actualizada de los anfibios y reptiles registrados en los remanentes de bosque de la cordillera de la costa y áreas adyacentes del suroeste del Ecuador. *Revista Politécnica* 30:184-194.

Ayala-Varela, F., A. Carvajal-Campos. 2010. *Anolis gracilipes*. En: O. Torres-Carvajal, D. Salazar-Valenzuela y A. Merino-Viteri (eds.) ReptiliaWebEcuador. Version 2013.0. Museo de Zoología QCAZ, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <http://zoologia.puce.edu.ec/vertebrados/reptiles/FichaEspecie.aspx?Id=1733>.

Ayala-Varela, F., A. Carvajal-Campos, A. Rodríguez-Guerra. 2011. *Anolis binotatus*. En: O. Torres-Carvajal, D. Salazar-Valenzuela y A. Merino-Viteri (eds.) ReptiliaWebEcuador. Version 2013.0. Museo de Zoología QCAZ, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <http://zoologia.puce.edu.ec/vertebrados/reptiles/FichaEspecie.aspx?Id=1721>

Carrillo, E., S. Aldás, M.A. Altamirano-Benavides, F. Ayala-Varela, D.F. Cisneros-Heredia, A. Endara, C. Márquez, M. Morales, F. Nogales-Sornosa, P. Salvador, M.L. Torres, J. Valencia, F. Villamarín-Jurado, M.H. Yáñez-Muñoz y P. Zárate. 2005. Lista Roja de los reptiles del Ecuador. Quito: Fundación Novum Milenium, UICN-Sur, UICN-Comité Ecuatoriano, Ministerio de Educación y Cultura, Serie Proyecto Peepe. 46 pp.

Carvajal-Campos, A. y F. Ayala-Varela. 2012. *Anolis fuscoauratus*. En: O. Torres-Carvajal, D. Salazar-Valenzuela y A. Merino-Viteri (eds.) ReptiliaWebEcuador. Version 2013.0. Museo de Zoología QCAZ, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <http://zoologia.puce.edu.ec/vertebrados/reptiles/FichaEspecie.aspx?Id=1731>

Dodson, C. H., A. H. Gentry y F. de M. Valverde. 1985. *Flora de Jauneche*. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

Gómez-Mora A., I. Suazo-Ortuño y J. Alvarado-Díaz. 2012. Distribución, abundancia y uso de hábitat de la iguana negra (*Ctenosaura pectinata*) y la iguana verde (*Iguana iguana*) en el municipio de Buenavista, Michoacán. *Biológicas* 14(2):67-74.

Guerra-Correa, E. 2016. *Alopoglossus festae*. En: O. Torres-Carvajal, D. Salazar-Valenzuela y A. Merino-Viteri (eds.) ReptiliaWebEcuador. Version 2013.0. Museo de Zoología QCAZ, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <http://zoologia.puce.edu.ec/vertebrados/reptiles/FichaEspecie.aspx?Id=1665>

Heyer, W. R., M.A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L. A. C. Hayek y M. S. Foster. 1994. Measuring and monitoring biological diversity. *Standard methods for amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington and London, 364 pp.

Köhler, G., H. H. Diethert y M. Vesely. 2012. A contribution to the knowledge of the lizard genus *Alopoglossus* (Squamata: Gymnophthalmidae). *Herpetological Monographs* 26(1):173-188

Luna-Reyes R., L. Canseco-Márquez L. y E. Hernández-García. 2013. *Los reptiles de Chiapas, México, La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado*, Primera edición, 2013. Los reptiles. Capítulo 8. Diversidad de especies. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Gobierno del Estado de Chiapas, Eds.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Gobierno del Estado de Chiapas, pp. 319-328.

Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). 2015. Quinto informe nacional para el convenio sobre la Diversidad Biológica. <https://www.cbd.int/doc/world/ec/ec-nr-04-es.pdf> Consulta Octubre 2016.

Parker T. y J. L. Carr. 1992. Status of Forest Remnants in the Cordillera de la Costa and Adjacent Areas of Southwestern Ecuador. Rapid Assessment Program. CONSERVATION INTERNATIONAL. Quito-Ecuador, 45-47 p. http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4788/1/RAP02_Cordillera_Costa_Ecuador_Oct-1992.pdf

Pazmiño-Otamendi, G. y A. Carvajal-Campos. 2016. *Gonatodes caudiscutatus*. En: O. Torres-Carvajal, D. Salazar-Valenzuela y A. Merino-Viteri (eds.) ReptiliaWebEcuador. Version 2013.0. Museo de Zoología QCAZ, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <http://zoologia.puce.edu.ec/vertebrados/reptiles/FichaEspecie.aspx?Id=1638>

Rodríguez-Guerra, A., y M. B. Andrago. 2016. *Holcosus septemlineatus*. En: O. Torres-Carvajal, D. Salazar-Valenzuela y A. Merino-Viteri (eds.) ReptiliaWebEcuador. Version 2013.0. Museo de Zoología QCAZ, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <http://zoologia.puce.edu.ec/vertebrados/reptiles/FichaEspecie.aspx?Id=1759>

- Uetz, P., P. Freed y Jirí Hošek (eds.). The Reptile Database, <http://www.reptile-database.org> Consulta Octubre 2016.
- Valencia, J. H., E. Toral, M. Morales, R. Betancourt y A. Barahona. 2008. Guía de campo de los reptiles del Ecuador. Quito. Fundación Herpetológica Gustavo Orcés, Simbioe
- Vitt L. J., T. Ávila-Pires, M. Espósito, S. Sartorius y P. Zani. 2007. Ecology of *Alopoglossus angulatus* and *A. atriventris* (Squamata, Gymnophthalmidae) in western Amazonia. *Phyllomedusa* 6(1):11-21.

Reproducción y estructura poblacional de Perela (*Paralabrax* spp.) en el estuario exterior del Golfo de Guayaquil, Ecuador

Population structure and reproductive aspects of the Perela (*Paralabrax* spp.), in the outer estuary of the Gulf of Guayaquil, Ecuador

Esteban Elías^{1,*} & Dialhy Coello²

¹Instituto Nacional de Pesca, Letamendi 102 y la Ría, Guayaquil, Ecuador

²Docente de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Ecuador

Recibido 3 de octubre 2016; recibido en forma revisada 28 de noviembre 2015, aceptado 17 de diciembre 2016
Disponible en línea 31 de diciembre 2015

Resumen

Se describen los principales parámetros biológicos y reproductivos de la Perela (*Paralabrax* spp.). Esta fue capturada con espinel de fondo por la flota artesanal del puerto de Anconcito, en la zona comprendida desde la Punta de la Península de Santa Elena hasta 3°00'S-81°00'W. Los resultados determinaron la talla mínima y máxima de la Perela en 16 y 72 cm de LT e incremento de tallas de julio a diciembre en ambos sexos. El análisis de longitud-peso de *Paralabrax* spp., determinó crecimiento alométrico, así como también se observó que la mayoría de los organismos estaban maduros (estadios II y IV) durante casi todo el periodo de estudio, con excepción de agosto, cuando se encontró que las gónadas estaban en recuperación (estadio V) en ambos sexos. No se encontró sincronismo entre hembras y machos en la determinación del índice gonadosomático, lo que podría ser resultado del ingreso de machos en estadio juvenil durante el mes de octubre. Según el método de máxima verosimilitud se determinó la talla media de madurez sexual (L 50%) para las hembras en 40,0 cm LT y en 42,2 cm LT para los machos. De los individuos capturados, se determinó que el 68.9 % de hembras y el 83.1% de machos están por encima de la talla media establecida (L 50%).

Palabras claves: Crecimiento alométrico, espinel de fondo, madurez sexual, pesquería artesanal, talla media.

Abstract

The main biological and reproductive parameters of the Perela (*Paralabrax* spp.) are described in this paper. Perela was fished using bottom longline by the artisanal fleet from the Anconcito port in the area located from the outermost tip of the Peninsula de Santa Elena and southwards to 3°00'S-81°00'W. Among results, the minimum and maximum sizes of the Perela were determined as 16 and 72 cm TL, respectively; and an increase in sizes from July to December in males and females was also recorded. Allometric growth for *Paralabrax* spp. was determined; most of organisms were mature (stages II and IV) during the study period, excepting on August, when it was found that the male and female gonads were in recovery (stage V). As a result of the gonadosomatic index test, synchronism was not observed between males and females, that could be produced by the presence of juvenile males during the month of October. The average size at maturity (L 50%) for females at 40.0 cm LT and 42.2 cm LT in males was determined by using the maximum likelihood method. Applying the average length method was determined that 68.9% of females and 83.1% of males were over the allowable average size (L 50%).

Keywords: Allometric growth, artisanal fisheries, bottom longline, medium size, sexual maturity.

Introducción

En Ecuador, las pesquerías artesanales tienen gran importancia socioeconómica, estas están

dirigidas a una amplia variedad de especies de peces, crustáceos y moluscos. Entre los peces, se destacan los demersales, cuya pesquería centra su esfuerzo en un número limitado de especies, esta es

* Correspondencia del autor:

E-mail: eelias@institutopesca.gob.ec



realizada en flotas cada vez más numerosas, dirigidas principalmente a la captura de *Brotula clarkae*, *Merluccius gayi*, *Ophichthus remiger*, *Hemanthias signifer*, *Lepophidium* spp) y *Paralabrax* spp., (Herrera et al., en prensa).

Durante los últimos años la pesquería artesanal de la Perela (*Paralabrax* spp.), ha tenido un incremento en sus desembarques. Se ha identificado una flota dirigida a este recurso en la caleta pesquera de Anconcito, en la provincia de Santa Elena, que utiliza espinel de fondo y embarcaciones de fibra de vidrio para su captura (INP, 2015).

Los *Paralabrax* (Serranidae) son peces cosmopolitas, carnívoros, viven en aguas tropicales, subtropicales y templadas, se encuentran distribuidos específicamente en zonas costeras e insulares que poseen fondos rocosos, incluyendo arrecifes coralinos; también se encuentran asociados a la columna de agua y sobre fondos suaves en zonas de vegetación sumergida (Oropeza et al., 2009). Su distribución es barométrica, es decir, su vida se desarrolla a mayor profundidad conforme va creciendo en peso y edad, desde 20 hasta 200 metros. En el Pacífico Oriental, se encuentran desde las costas centrales de California hasta el cabo San Lucas, Baja California Sur y Mazatlán; en el Pacífico sudoriental están distribuidos desde Panamá hasta Chile (Chirichigno, 1982; Thomson et al., 1987; Hovey y Allen, 2000).

Las especies de *Paralabrax*, han sido poco estudiadas en Ecuador, la información disponible proviene

únicamente de campañas de investigación pesquera dirigida a recursos demersales, donde se reportan zonas de captura, estructura de talla y madurez de *Paralabrax callaensis* y *P. humeralis* (Revelo, 1995 a y b; Revelo et al., 1996; Herrera et al., 1999, 2001). Se debe resaltar la investigación realizada por Chalén (2002), que posee una mayor cobertura temporal y estableció que la distribución de este género en el Golfo de Guayaquil no depende únicamente de la profundidad, sino que está mayormente determinada por el tipo de sustrato, específicamente en los fondos duros y rocosos, correspondientes a los estratos de profundidad II (31 a 80 m) y III (81 a 200 m), distribuidos desde la Isla Santa Clara hasta la frontera sur con Perú.

Complementariamente, Chong (2014) realizó un estudio sobre la biología reproductiva de *Paralabrax albomaculatus* en las islas Galápagos, quien determina su temporada reproductiva entre noviembre y marzo, asociada al aumento de temperatura en el área.

Con este antecedente y basándose en la premisa de la necesidad de definir puntos de referencia y evaluar los recursos explotados para establecer y mantener la producción biológica de una población en niveles sostenibles, se realizó esta investigación, donde a través de la determinación de la estructura de tallas, tipo de crecimiento, índice gonadosomático y talla media de madurez sexual, se desea incrementar el conocimiento sobre los aspectos biológicos y reproductivos de *Paralabrax* spp. en el Golfo de Guayaquil. También se plantea la hipótesis que este

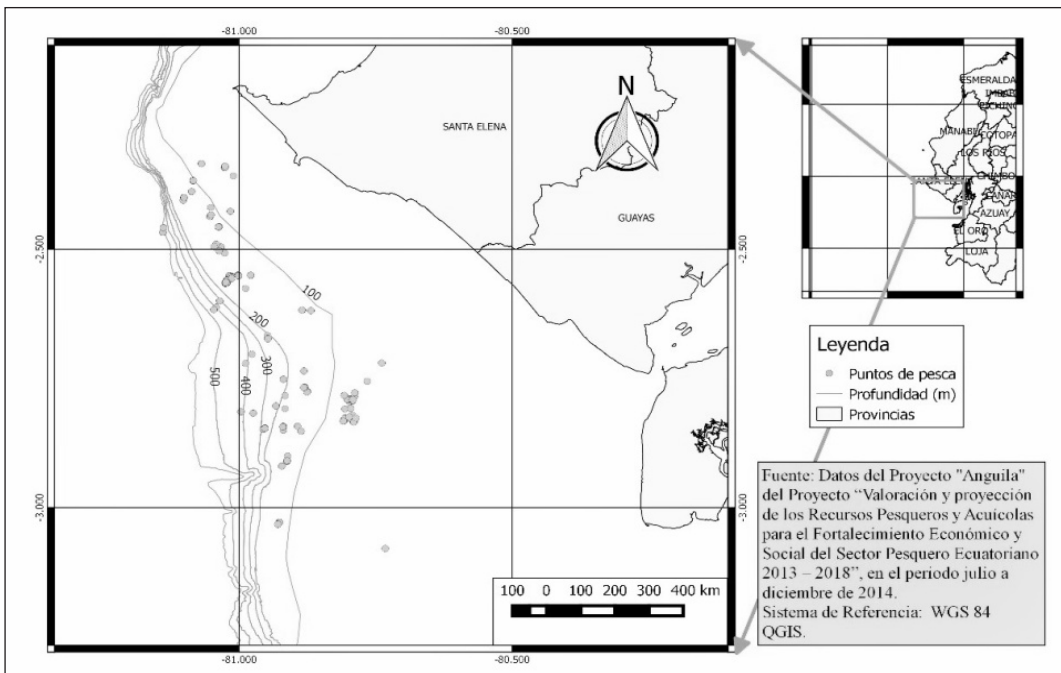


Figura 1. Zona de pesca de Perela (*Paralabrax* spp.), entre julio-diciembre de 2014.

género al igual que la mayoría de los teleósteos, tiene un crecimiento alométrico.

Se considera entonces, que en la zona continental del Ecuador, específicamente en el Golfo de Guayaquil, también se registra una temporada reproductiva durante la estacionalidad seca (junio-noviembre).

Materiales y métodos

El área de estudio corresponde al estuario exterior del Golfo de Guayaquil, esta se encuentra localizada a partir del occidente de la isla Puná, entre 02°00'S y 03°23'S hasta 81°00'O; esta es una zona de gran productividad biológica y pesquera.

Las muestras analizadas provienen de las capturas obtenidas entre julio y diciembre de 2014, por una flota artesanal de botes de fibra de vidrio que operó al sur desde la punta de la Península de Santa Elena hasta los 3°00'S (Fig. 1), utilizando palangres de fondo (1000 a 4500 anzuelos No. 8 y 9).

En el puerto de desembarque, localizado en Anconcito, en la provincia de Santa Elena, se procedió a la identificación a nivel de especie, registrándose *Paralabrax callaensis* (Starks, 1906) y *P. humeralis* (Valenciennes, 1828); debido a la poca cantidad de datos obtenidos por especie se las agrupó a nivel de género.

Los datos biológicos obtenidos fueron: longitud total (LT), peso del organismo en kilogramos, sexo a través de observaciones macroscópicas y peso de gónadas en gramos. En el caso específico de los estadios de madurez sexual se utilizó la escala de madurez gonadal de cabrilla *Paralabrax humeralis* para hembras y machos (Sánchez y Gálvez 2015).

Para establecer la estructura de tallas, se establecieron intervalos de 5 cm de LT, esto permitió detectar claramente los distintos grupos modales, elaborándose histogramas con temporalidad mensual y semestral considerando sexos separados y combinados, para este propósito se utilizó un software comercial (Statsoft Inc., 2001). La determinación de las diferencias significativas entre las tallas por sexo y mes se realizó mediante un análisis de varianza no paramétrico (Kruskal-Wallis), luego de comprobar el no cumplimiento de los supuestos de normalidad del Anova (Zar, 1999). Los resultados se graficaron en diagramas de cajas y bigotes de acuerdo con Boyer, Fourqrean y Jones (1997).

La relación entre la longitud y el peso total fue establecida por sexos separados y combinados con temporalidad mensual, para lo cual se utilizó la ecuación establecida por Da Costa y Gerson (2003).

$$P_t = \alpha L_t^\beta$$

Donde: P_t es el peso total del organismo (Kg); L_t es la longitud total (cm); α es la constante de regresión y β es el coeficiente de regresión.

El coeficiente de regresión β proporciona información acerca del tipo de crecimiento que exhibe la especie, de este modo, $\beta=3$ determina un crecimiento isométrico y $\beta \neq 3$ corresponde a un crecimiento alométrico, según lo establecido por Ricker (1975) y Bagenal y Tesch (1978). Adicionalmente, se evaluó estadísticamente los resultados mensuales aplicando una prueba "t" de Student (Zar, 1999) y planteándose las hipótesis $H_0: \beta=3$ y $H_a: \beta \neq 3$.

También, se determinó el índice gonadosomático (IGS), este relaciona el peso de la gónada con el peso corporal del pez sin gónadas, este índice está asociado al grado de madurez que experimenta el ovario o testículo en su ciclo reproductivo, se encuentra expresado según Vazzoler (1996), con la siguiente fórmula:

$$IGS = \left(\frac{Wg}{Wt} \right) * 100$$

Donde Wg corresponde al peso de la gónada (g) y Wt al peso del pez sin gónada (g).

Para obtener la talla media de madurez sexual se utilizó el método de máxima verosimilitud considerando una distribución binomial, se registraron hembras y machos maduros, cuyas gónadas se encontraban en estados II, III, IV y V, estimándose los parámetros de β_0 y β_1 . Para la aplicación de este método se utilizó la herramienta SOLVER de Excel, mediante la fórmula descrita por Canales et al. (2013):

$$L_{50\%} = - \frac{\beta_0}{\beta_1}$$

Donde β_0 es el parámetro del intercepto y β_1 es el de la pendiente.

Resultados

Análisis de distribución de tallas

Durante julio a diciembre de 2014 se analizaron un total de 343 individuos de Perela (*Paralabrax spp.*) en el puerto pesquero de Anconcito, éstos correspondieron a 207 hembras y 136 machos, se determinó la talla mínima y máxima en 16 y 72 cm de Longitud total, respectivamente, con una media de 39.5 cm.

En la estructura de tallas totales mensuales se observa un incremento en los meses desde julio hasta diciembre de 2014, determinándose un grupo modal por mes en sexo combinado, exceptuando en octubre (figura 2); mientras que la distribución de tallas por sexo registró para las hembras una talla mínima de 16.5 cm y una máxima de 66 cm, mientras que para los machos se determinó una talla mínima de 16 cm y una máxima de 72.3 cm, con una talla promedio de 40.6 cm y 43.6 cm para hembra y macho, respectivamente.

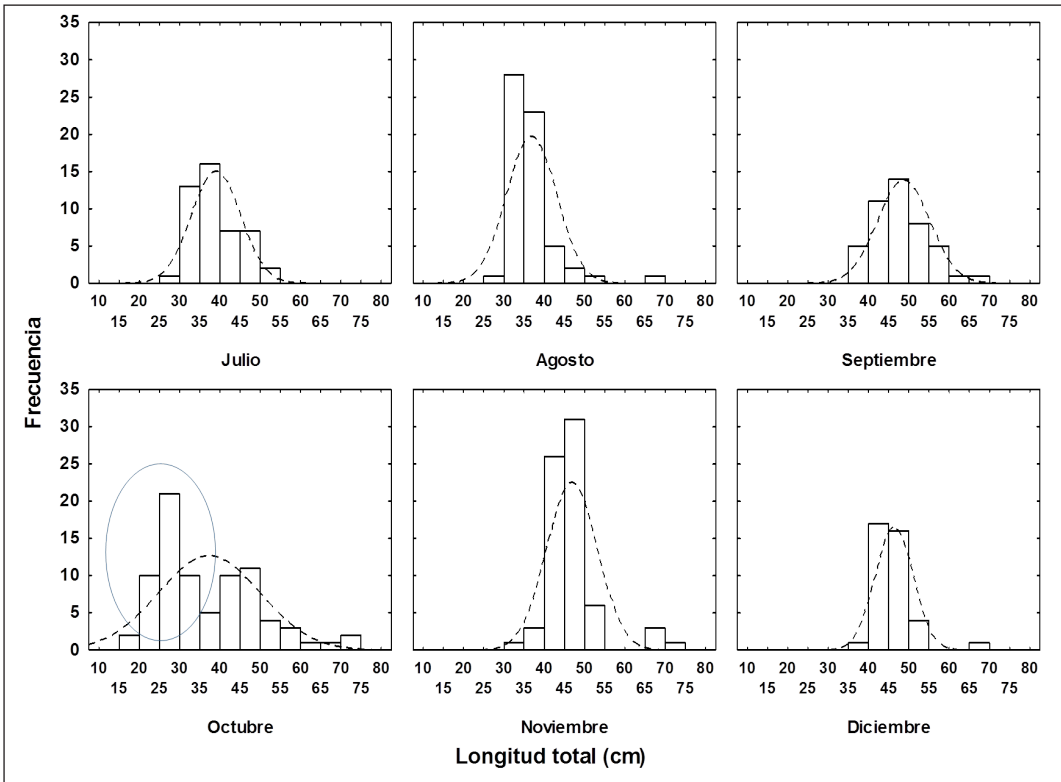


Figura 2. Distribución de frecuencia de tallas total por mes y sexo combinado de Perela (*Paralabrax spp.*) entre julio-diciembre de 2014.

De acuerdo con el análisis de varianza, durante el periodo de estudio se encontró que existen diferencias estadísticamente significativas en las tallas promedio mensual de los datos agrupados ($F = 25.09$; $p < 0.05$; $KW = 114,6p < 0.05$) (figura 3).

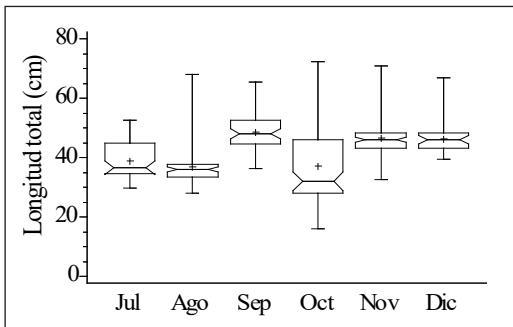


Figura 3. Talla promedio total por mes de Perela (*Paralabrax spp.*) entre julio-diciembre de 2014.

Mensualmente, se determinó que existen diferencias significativas en las tallas promedio por sexo ($F = 24.9$; $p < 0.05$; $KW = 92,3 p < 0.05$) y ($F = 6.4$; $p < 0.05$; $KW = 34,5 p < 0.05$) para hembra y macho respectivamente (figura 5), observándose que estadísticamente la diferencia en macho es baja en relación con las hembras.

Relación longitud-peso

Los valores determinados para el caso de sexo combinado fueron $b = 2.851$ y $a = 0.00005$ ($R^2 = 0.952$); mientras que en la figura 4 se describen los valores obtenidos para hembras donde $b = 2.819$ y $a = 0.00005$, mientras que para los machos el valor de $b = 2.913$ y $a = 0.0005$.

Estadios de Madurez Sexual

El análisis mensual de los estadios gonadales determinó que en julio se encontró el mayor número de individuos maduros (IV), tanto para hembras como machos, decreciendo este valor hasta diciembre. Debe mencionarse que en septiembre se encontraron organismos en estadio IV para ambos sexos, de manera general se observó que el mayor porcentaje de individuos estuvieron maduros (estadios II y IV) durante todo el semestre estudiado.

Índice Gonadosomático

Los promedios mensuales del IGS de hembras y machos durante el segundo semestre del 2014, presentaron valores superiores (0.5-3.9) para machos con respecto a las hembras (1.1-3.5); observándose un valor mínimo en julio en machos, aumentando estos valores hasta septiembre. En octubre el IGS disminuye posiblemente por causa de ingreso de individuos juveniles (inmaduros 58,8%) a la población

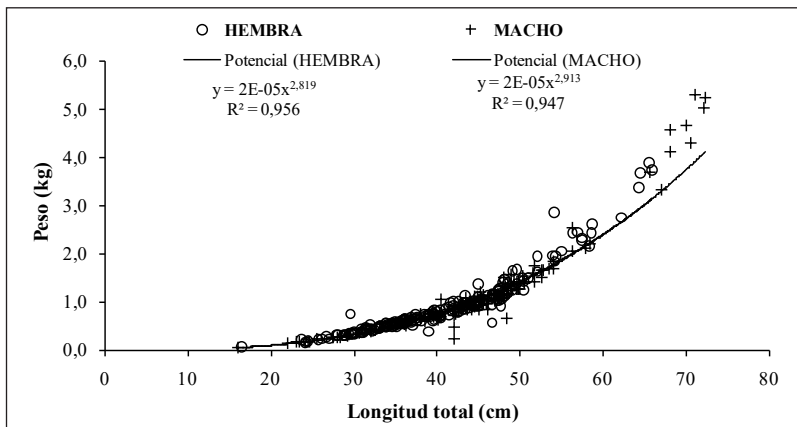


Figura 4. Relación longitud-peso para hembra y macho de Perela (*Paralabrax spp.*) entre julio-diciembre de 2014.

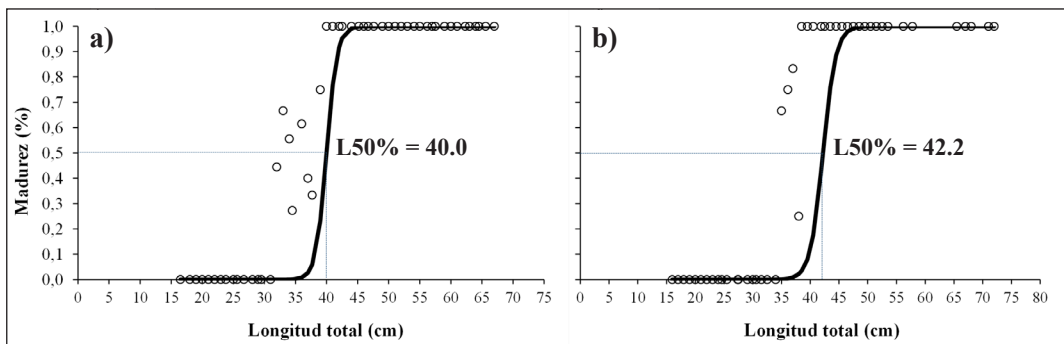


Figura 5. Curva de talla media de madurez sexual de hembras (a), y machos (b) de Perela (*Paralabrax spp.*) entre julio-diciembre de 2014.

explotable existente, mientras que en diciembre sólo se registraron tres individuos maduros. Los valores de IGS de las hembras registraron el menor valor en agosto 1.1, aumentando paulatinamente hasta diciembre cuando se registró el máximo valor 3.5.

Talla media de madurez sexual

Se estimaron los parámetros de a partir del método de máxima verosimilitud, obteniéndose la talla media de madurez sexual L50% = 40,0 cm LT para hembra (figura 5a) y L50% = 42,2 cm LT para macho (figura 5b). Biológicamente, L50 representa el 50% del potencial reproductivo total de la población, en este caso de la fracción vulnerable a la pesca.

Discusión y Conclusiones

Existen diferentes medidas para ordenación pesquera, entre ellas se encuentra la regulación del arte de pesca, orientada entre otras cosas a que la pesca incidental sea menor y proteger el reclutamiento de una población adulta incluyendo los reproductores, entre otros. Entre los criterios para utilizar un arte de pesca que no afecte al recurso tenemos los mencionados en el Código de Conducta de Pesca

Responsable de la FAO (Párrafos 7.2.2, 8.4.7, 5.5.1-8.5.4), donde hace referencia a como un arte puede afectar a la selectividad de la talla, define los impactos directo e indirecto en la talla de los organismos y el hábitat, especie objetivo de pesca, etc. (Cochrane, 2005).

Específicamente, al analizar la componente referente a la recolección y análisis de información, la misma se enfoca básicamente en dos tipos de datos como son: los procesos biológicos y las operaciones de pesca. El primer ítem mencionado es fundamental en función de que las poblaciones de peces son finitas y la producción biológica limita el rendimiento potencial de una pesquería (Cochrane, 2005; FAO, 2015).

Bajo estos principios, es de gran importancia determinar las variables biológicas y reproductivas específicas, como la longitud total de un recurso. Estas están relacionadas a otros parámetros como son: peso total, edad y madurez sexual, un ejemplo de ello lo constituye la relación longitud-peso que permite esquematizar el crecimiento de los peces, esta información se complementa con el tipo de crecimiento que poseen las diferentes especies (alometría) (Ricker, 1975).

La madurez sexual, definida como el grado de madurez de los ovarios y testículos de los peces, permite conocer la edad y talla en que un organismo está en capacidad de reproducirse, esta condición puede registrarse una vez o varias veces en el año según la especie, lo que permite establecer la talla y periodos óptimos para la captura de los organismos, así como también limitar la pesca de una población sobrexplotada (Cochrane, 2005).

La estructura de tallas determinó un grupo modal por mes en sexo combinado, exceptuando octubre, por lo que se consideraría que en este mes hubo el ingreso de reclutas a la población explotable del recurso Perela, ya que se registraron tallas menores a 30 cm de LT, específicamente serían juveniles de hembras quienes estarían ingresando a la población explotable en un mayor porcentaje que los machos en este mes.

El análisis de la relación longitud-peso a la cual se le aplicó la prueba *t* determinó un valor de *b* que permiten rechazar la *H*₀, por lo tanto las hembras y machos tienen un tipo de crecimiento alométrico dentro del intervalo de tallas analizado, este valor coincide con lo que indica Froese (2006), acerca de que la mayoría de las especies de teleósteos tienen un crecimiento alométrico y que el rango de *b* se encuentra entre 2.5 a 3.5, es decir esta especie presenta un incremento entre el peso y la longitud desproporcionado, por lo tanto las condiciones corporales cambian durante la vida del organismo.

La estimación de la talla de madurez sexual es uno de los parámetros biológicos más importantes en las especies comercialmente explotadas, la relación de la talla media y la talla de madurez sexual de una población en relación a los cambios estacionales, son utilizados para recuperar poblaciones explotadas (Riquelme, 2010). En nuestro caso, al relacionar la estructura de tallas del periodo analizado con la talla media de madurez sexual estimada para hembra (L50% = 40.0 cm LT) y macho (L50% 42.2 cm LT), se determinó que el 68.9 % y el 83.1%, respectivamente, de los individuos capturados están por encima de la talla media establecida (L50%).

Esto podría ser resultado del arte de pesca utilizado, que es un espinel de fondo, este es un arte de pesca pasivo, apropiado para la pesca a pequeña escala, el cual tiene como pesca objetivo a los peces demersales que habitan en zonas rocosas con un grado de selectividad medio (Cochrane, 2005; Salazar, 2014).

Recomendaciones

Realizar estudios de los aspectos biológicos y pesquero de *P. humeralis* y *P. callaensis*, por lo menos durante un año para poder complementar esta investigación, debido a que estas especies son de gran importancia en las pesquerías artesanales.

Establecer un programa de muestreo permanente para obtener datos biológicos y pesqueros en los diferentes

puertos de desembarque, para determinar cuál es la captura por mes, año y puerto.

Promover este tipo de investigación en las universidades, incorporando a este estudio información sobre genética, ecología, hábitat, distribución, etc., así como también realizar la determinación del esfuerzo pesquero.

Referencias

- Bagenal, T. B. y F. W. Tesch. 1978. Age and growth. *In: Methods for assessment of Fish Production in Fresh Waters* (T.B. Bagenal, ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp:101-130.
- Boyer, J., J. Fourqrean y R. Jones. 1997. Spatial characterization of water quality in Florida Bay and Whitewater Bay by multivariate analyses: Zones of similar influence. *Estuaries*, 20:743-758.
- Canales, C., M. Peralta y V. Jurado. 2013. Evaluación de la población de pinchagua (*Opisthonema spp.*). *Boletín Especial del Instituto Nacional de Pesca*, 4(3). 23 pp.
- Chalén, X., y L. Sandoval. 2002. *Variabilidad espacial de los recursos demersales del Golfo de Guayaquil*. Tesis de grado. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
- Chong, C. 2014. *Estudio del ciclo gonadal del camotillo (Paralabrax albomaculatus) en la provincia Insular de Galápagos*. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Cirichingno, N. 1982. Catálogo de especies marinas de interés económico actual o potencial para América Latina. Parte II. Pacífico centro y suoriental. FAO. Roma.
- Cochrane, K. L. 2005. *Guía del administrador pesquero. Medidas de ordenamiento y su aplicación*. Documento técnico de pesca. No. 424. FAO. Roma.
- Da Costa, M. R. y F. Gerson. 2003. Lengthweight relationship and condition factor of *Micropogonias furnieri* (Desmarest) (Perciformes, Sciaenidae) in the Sepetiba Bay, Rio de Janeiro State, Brazil. *Revista Brasileira de Zoología*, 20(4):685-690.
- FAO. 2015. *Directrices voluntarias para lograr la sostenibilidad de la pesca en pequeña escala en el contexto de la seguridad alimentaria y la erradicación de la pobreza*. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura. Roma.
- Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 4(22):241-253.
- Herrera, M., W. Revelo, T. De la Cuadra, P. Macías, E. Elías, D. Coello, O. Moya, y H. Vicuña. 1999. Estimación de la biomasa de los recursos demersales en la plataforma continental del Ecuador durante Octubre de 1998. *Boletín Científico Técnico*, 17(03). 30 pp.
- Herrera, M., I. Saa y D. Coello. (en prensa). Guía para la identificación de la fauna asociada a la

- pesquería de merluza (*Merluccius gayi*) con espinel de fondo en el Ecuador. *Instituto Nacional de Pesca*. Guayaquil-Ecuador. 35 pp.
- Herrera, M., P. Solís, H. Vicuña, P. Macías, D. Coello, O. Moya, L. M. Luzuriaga y E. Elías. 2001. Estimación de la biomasa de los recursos demersales en la plataforma continental del Ecuador durante Julio de 1999. *Boletín Científico Técnico*. 18 (02). 20 pp.
- Hovey, T. E. y L. G. Allen. 2000. Reproductive Patterns of Six Populations of the Spotted Sand Bass, *Paralabrax maculatofasciatus*, from Southern and Baja California. *Copeia, The American Society of Ichthyologists and Herpetologists*. 2002. (2):459-468.
- INP. 2015. Programa de Peces Pelágicos Grandes. *Instituto Nacional de Pesca*. Guayaquil-Ecuador.
- Oropeza, O., Erisman, B., Valdez, O. V., Danemann, G. E., Ramírez, T. J., Ramírez, S. G., y Manzanarez, O. (2009). Serránidos de importancia comercial del Golfo de California: ecología, pesquerías y conservación. *Ciencia y Conservación*. 2008. (1):1-23.
- Revelo, W. 1995 a. Distribución y abundancia de los recursos demersales en la plataforma continental del Ecuador durante junio de 1995. *Boletín Científico Técnico*, 13(3):1-47.
- Revelo, W. 1995 b. Distribución y abundancia de los recursos demersales en la plataforma continental del Ecuador durante octubre de 1995. *Boletín Científico Técnico*, 14(2):1-39.
- Revelo, W., J. González y H. Vicuña. 1996. Evaluación de los recursos demersales en la plataforma continental del Ecuador durante mayo de 1996. *Boletín Científico Técnico*, 14(5):1-72.
- Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Fisheries Bulletin Research Board of Canada*. Bulletin 191. 367 pp.
- Riquelme, K. 2010. *Indicadores poblacionales para evaluar la recuperación del stock de langostino colorado, Pleuroncodes monodon (Decapoda-Galatheidae), durante ocho años de veda en Chile centro-sur (2001-2009)*. Tesis de Magister, Universidad de Católica del Norte, Coquimbo, Chile.
- Salazar, R. E. 2014. *Artes, métodos e implementos de pesca*. Fundación MarViva. San José, Costa Rica. 86.
- Sánchez, J. y M. A. Gálvez. 2015. Escala de madurez gonadal de cabrilla *Paralabrax humeralis* (Valenciennes, 1828). *Bol. Inst. Mar Perú*, 30(1-2):58-65.
- StatSoft. 1984-2001. STATISTICA for Windows. Version 6. Tulsa, Ok: Statsoft Inc.
- Thomson, D. A., L. T. Findley y A. N. Kerstitch. 1987. *Reef fishes of the Sea of Cortez*. University of Arizona Press. U.S.A. 302 pp.
- Vazzoler, A. E. A. M. de. 1996. *Biología de reprodução de peixes Teleosteos: teoria y práctica*. EDUEM, Maringá, Brasil. 169 pp.
- Zar, J. H. (1999) *Bio statistical analysis*. Fourth edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 663 pp.

Caracterización de pigmentos por espectrofotometría en una cepa de *Dunaliella viridis*, aislada de las salinas de Ecuasal

Characterization of pigments by spectrophotometry in a strain of *Dunaliella viridis*, isolated from the Ecuasal salt ponds

Leonardo García^{1,*}, Shirley Moncayo² & María de los Ángeles Pastuzo¹

¹ Investigador, Laboratorio de Biotecnología, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil.

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

Recibido 27 de septiembre 2016; recibido en forma revisada 15 de noviembre 2016, aceptado 3 de diciembre 2016
Disponible en línea 31 de diciembre 2016

Resumen

En este trabajo se evaluó el crecimiento y la producción de pigmentos de una cepa de microalga halotolerante *Dunaliella viridis* (UGB-SE-3001), aislada en las salinas de ECUASAL, en la provincia de Santa Elena, Ecuador. Se realizaron cultivos discontinuos con medio Johnson a diferentes concentraciones de NaCl (0.1 M, 0.5 M, 1 M, 2 M, 3 M y 4.5 M). Las condiciones del cultivo fueron: pH de 7.5, 24±2°C, fotoperiodo de 12:12, aireación constante, irradiancia bilateral a 284 µmol/m²s. Los tratamientos con mayor producción celular fueron 0.5 M con 2.72±0.15E+07 cel/mL, seguido del tratamiento 1 M con 2.21±0.2E+07 cel/mL. El tratamiento con mayor producción de pigmentos fue 1 M con 9.98±1.08 µg/mL de clorofila *a*, 3.44±1.54 µg/mL de clorofila *b* y 4.10±0.57 µg/mL de carotenos. El rango de concentración salina óptima para el crecimiento de *Dunaliella viridis* (UGB-SE-3001) está entre 0.5 M y 1 M; mostrando una correlación negativa entre salinidad, densidad celular y producción de pigmentos a partir de la concentración salina 0.5 M.

Palabras Claves: *Dunaliella viridis*, espectrofotómetro, pigmentos, Santa Elena.

Abstract

In this work we evaluated the growth and pigment production of a strain of the halotolerant microalgae *Dunaliella viridis* (UGB-SE-3001), isolated from ECUASAL salt ponds, in the province of Santa Elena, Ecuador. For this purpose, discontinuous cultures on Johnson medium at different concentrations of NaCl (0.1 M, 0.5 M, 1 M, 2 M, 3 M and 4.5 M) were achieved. The culture conditions were pH 7.5, 24±2°C, photoperiod 12:12, constant aeration and bilateral irradiance at 284 µmol/m²s. The treatments that yielded a higher cell production were 0.5 M with 2.72 ± 0.15E+07 cells/mL, followed by 1 M treatment with 2.21 ± 0.2E+07 cells/mL. The treatment with a higher pigment production was 1 M with 9.98 ± 1.08 µg/mL chlorophyll *a*, 3.44 ± 1.54 µg/mL chlorophyll *b* and 4.10 ± 0.57 µg/mL carotene. The optimum salt concentration range for growth of *Dunaliella viridis* is between 0.5 M and 1 M; it is displayed a negative correlation between salinity, cellular density and pigment production from 0.5 M salt concentration.

Keywords: *Dunaliella viridis*, spectrophotometer, pigments.

Introducción

La biomasa microbiana representa una fuente potencial de recursos renovables para la producción de compuestos con valor añadido de importancia biotecnológica. La biomasa proveniente de microalgas produce metabolitos secundarios con aplicación en la industria farmacéutica, complementos nutricionales,

cosmetología, además se emplea principalmente en acuicultura, alimentación humana, agricultura y la producción de una amplia gama de biocombustibles (Richmond, 2004).

Los pigmentos naturales son biomoléculas presentes en la biomasa de microalgas, entre los que se encuentran carotenoides, ficobilinas y clorofilas, las

* Correspondencia del autor:
E-mail: lgarsaenz12@gmail.com



cuales pueden corresponder hasta con el 0.50 % a 1.50% del peso seco de la biomasa microalgal (Becker, 1994; Streit *et al.*, 2015).

La clorofila se utiliza como un colorante natural en las industrias farmacéuticas y de alimentos, por tener propiedades nutraceuticas como anti-inflamatorio, antioxidante, profiláctico, retraso del envejecimiento, antiagregante y vasoconstrictor plaquetario (Ramírez-Mérida *et al.*, 2014). Además, dietas asociadas al consumo de clorofila *a* muestran una reducción en el riesgo de cáncer (Balder *et al.*, 2006).

Los carotenoides son pigmentos de tipo terpenoide, utilizados como colorantes en alimentos, fármacos, cosméticos y como suplementos nutricionales. Además, previenen las enfermedades causadas por la acumulación de radicales libres (Cañazares y Perales, 2013).

Las microalgas clorofitas del género *Dunaliella* han sido objeto de numerosos estudios, debido a su fácil cultivo por su condición halotolerante y por sintetizar compuestos bioactivos, entre ellos, pigmentos como la clorofila *a* y *b*, y un amplio rango de carotenoides y xantofilas, incluyendo β -caroteno y luteína (Quintana *et al.*, 1999; Borowitzka y Siva, 2007).

La producción de estos pigmentos puede optimizarse mediante variaciones en las condiciones de cultivo, las cuales incluyen aumento de las concentraciones salinas, temperaturas extremas, elevada intensidad luminosa y limitación de nutrientes (Yépez y Morales, 1998; Mora *et al.*, 2002; Gómez y González, 2005).

La escasa información de trabajos realizados en cepas nativas halotolerantes de interés comercial justifican la presente investigación, cuyo objetivo fue evaluar el crecimiento y la producción de pigmentos de *Dunaliella viridis* en diferentes salinidades.

Materiales y Métodos

La presente investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil. Se realizó el aislamiento de *Dunaliella viridis* (Fig. 1) a partir de una muestra de agua colectada en las piscinas de Ecuatoriana de Sal y Productos Químicos C.A. (ECUASAL), ubicadas en el cantón Salinas, en la provincia de Santa Elena, Ecuador (80°57'75" W 2°13'80" S). Los métodos utilizados en el aislamiento fueron una combinación de diluciones seriadas y rayado en agar por desgaste en medio Johnson a una concentración de NaCl 1.75 M. La identificación morfológica y fisiológica de la cepa aislada se realizó en base a las claves taxonómicas realizadas para el género *Dunaliella* por Borowitzka y Siva (2007).

Se evaluó la variable de salinidad en seis concentraciones distintas (0.1 M, 0.5 M, 1 M, 2 M, 3 M, 4.5 M). Se realizaron cultivos discontinuos por triplicado en el medio Johnson (1968) modificado por

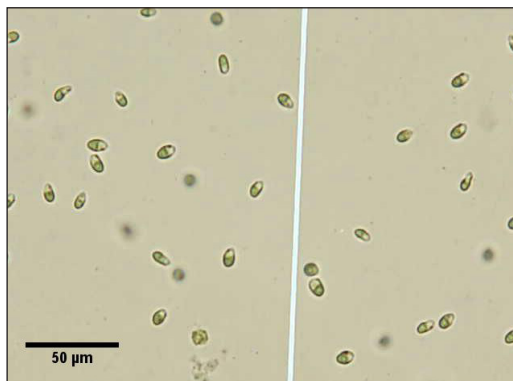


Figura 1. *Dunaliella viridis* (UGB-SE-3001), vista al microscopio óptico 40X.

Borowitzka (1988), el cual presenta una concentración de nitratos de 10 mM; el volumen inicial fue de 250 mL, mantenidos a $24\pm 2^\circ\text{C}$, fotoperiodo de 12:12 horas (Luz-Oscuridad), aireación constante e irradiancia bilateral de $284 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$, con un inóculo inicial de $5E+05 \text{ cel}/\text{mL}$. Los cultivos se mantuvieron hasta observar la fase de muerte celular (entre 14 y 19 días). La densidad celular se determinó mediante conteos cada 48 horas en un hematocitómetro Neubauer. La velocidad de crecimiento y el tiempo de duplicación de los cultivos se calcularon en la fase de crecimiento exponencial (Becker, 1994).

Los pigmentos fueron estimados obteniendo por triplicado alícuotas de 5 mL, en el último día de la fase exponencial (día 11 para 0.1 M, día 13 para 0.5 M y día 15 para los demás tratamientos). La alícuota se centrifugó a 4000 rpm durante 15 minutos, y del pellet obtenido se extrajeron los pigmentos con una solución de acetona al 90% (Wegmann y Metzner, 1971). Las muestras se dejaron reposar a 4°C en oscuridad absoluta hasta observar la completa extracción de los pigmentos. Se centrifugaron las muestras a 4000 rpm durante 15 minutos para separar la biomasa del extracto, el cual se evaluó en un espectrofotómetro THERMO SCIENTIFIC GENESYS 10vis a tres longitudes de ondas: 664 nm, 647 nm, 480 nm, para medir clorofila *a*, clorofila *b* y carotenos respectivamente. La cuantificación de clorofilas y carotenos se realizó mediante las fórmulas propuestas por Jeffrey y Humphrey (1975) y Strickland y Parsons (1972), respectivamente.

Para determinar diferencias significativas entre los tratamientos, tanto para el crecimiento celular y la producción de pigmentos, se utilizó el Análisis de Varianza (ANOVA) y el test de comparaciones múltiples de Scheffé del programa estadístico QED Statistics, con un rango de significancia de $p < 0,05$.

Resultados

Los cultivos en las diferentes salinidades evaluadas tuvieron una duración de 18 días a excepción del tratamiento 0.1 M, cuya cinética duró 13 días.

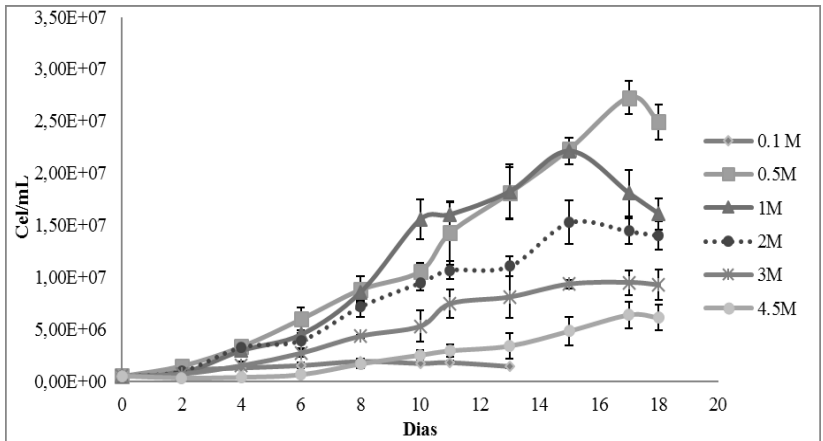


Figura 2. Cinéticas de crecimiento de *Dunaliella viridis* en los tratamientos evaluados.

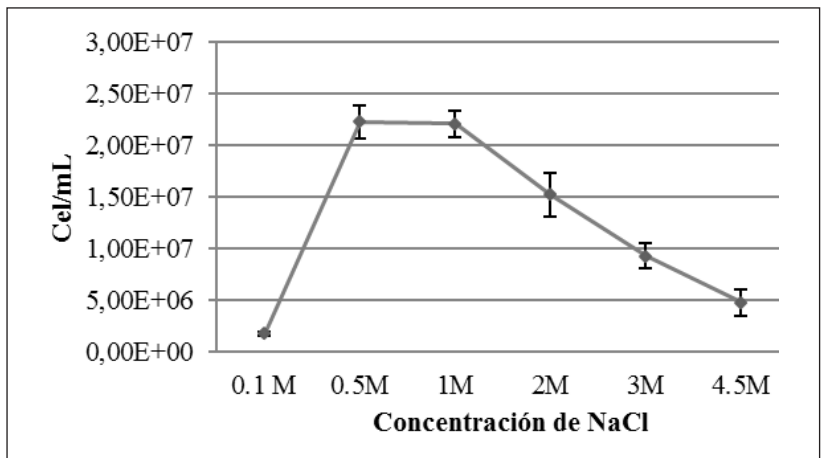


Figura 3. Máximas densidades celulares alcanzadas por *Dunaliella viridis* (UGB-SE-3001), en las salinidades evaluadas.

La mayor densidad celular se observó cuando se empleó una concentración de NaCl 0.5 M con $2.72 \pm 0.15E+07$ cel/mL; mientras que con NaCl 1 M fue de $2.21 \pm 0.2E+07$ cel/mL. Por otra parte, los tratamientos con concentraciones correspondientes a 2 M, 3 M y 4.5 M de NaCl dieron lugar a una densidad celular máxima de $1.52 \pm 0.12E+07$, $0.93 \pm 0.11E+07$, $0.64 \pm 0.12E+07$ cel/mL, respectivamente. La menor densidad celular se produjo con el tratamiento 0.1 M con $0.17 \pm 0.02E+07$ cel/mL (Fig. 2).

Los valores máximos de la densidad celular permiten determinar el rango óptimo de crecimiento, el cual se encuentra entre 0.5 y 1 M. Además, permite observar la correlación existente entre la variable y el crecimiento, siendo la densidad celular inversa a la salinidad a partir de 1 M (Fig. 3).

La velocidad de crecimiento relaciona la densidad celular con el número de días del cultivo. Los tratamientos 0.5 M y 1 M obtuvieron la misma velocidad de crecimiento (0.25 día^{-1}), tiempo de duplicación (2.74 días) y productividad celular. La

concentración 4.5 M de NaCl presentó los valores menos favorables del ensayo (Tabla 1).

El análisis estadístico del crecimiento celular de *Dunaliella viridis* mostró diferencias significativas a un nivel de confianza de $p \leq 0.05$ entre los tratamientos (Tabla 2).

Los tratamientos 0.5 M y 1 M los cuales obtuvieron la mayor densidad celular y el menor tiempo de duplicación, no muestran diferencias significativas entre ellos, diferenciándose de los demás tratamientos a excepción de 2 M.

Producción de Pigmentos

Se realizó el análisis de los pigmentos bioactivos más importantes, evaluando la clorofila-a, clorofila-b y los carotenoides totales. Se observa al tratamiento 1 M con la mayor acumulación de pigmentos con $9.98 \pm 1.08 \mu\text{g/mL}$ de clorofila a, $3.44 \pm 1.54 \mu\text{g/mL}$ de clorofila b y $4.10 \pm 0.57 \mu\text{g/mL}$ de carotenoides. El tratamiento con menor producción pigmentaria en el cultivo fue el tratamiento 0.1 M (Fig. 4).

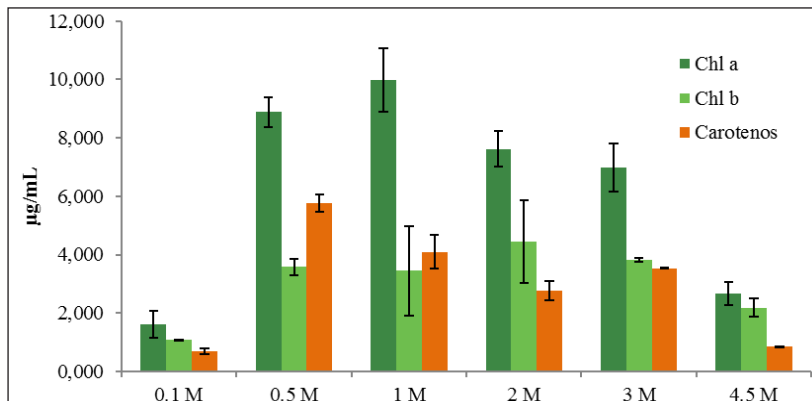


Figura 4. Producción de pigmentos fotosintéticos de *Dunaliella viridis* (UGB-SE-3001).

Los tratamientos con mayor producción de clorofila *a* fueron 0.5 M y 1 M, los cuales no mostraron diferencias significativas entre ellos, pero sí con el resto de tratamientos, a excepción del tratamiento 2 M, el cual presentó similitud con el tratamiento 0.5 M ($p < 0.05$).

Los tratamientos 0.1 M y 4.5 M presentaron la menor producción de clorofila *b* y diferencias significativas con los demás tratamientos. El rango de tratamientos entre 0.5 M y 3 M no evidenciaron diferencias significativas entre ellos ($p < 0.05$).

La producción de carotenos alcanzó su máximo valor con el tratamiento 0.5 M el cual se diferenció estadísticamente del resto de tratamientos ($p < 0.05$) (Tabla 3).

Se presentó un incremento a nivel celular de los valores (pg/cel) de los pigmentos fotosintéticos en los tratamientos 0.1 M, 3 M y 4.5 M (Tabla 4).

Discusión

La cepa estudiada en la presente investigación se caracterizó por tener una elevada producción celular, en amplios intervalos de salinidad, superando los valores alcanzados en otras investigaciones (Yépez y Morales, 1998; López, 2008; Serpa y Calderón, 2005). Esto podría deberse a la mayor irradiancia ($284 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$) a la que fueron expuestos los cultivos, siendo la luz el factor principal en el crecimiento y productividad en la biomasa microalgal (Richmond, 2004). Además, la concentración de nitratos (10 mM) presente en el medio Johnson fue mayor a las utilizadas por los otros autores (2.5 y 5 mM de nitrato) siendo este nutriente el más importante en la producción de biomasa (Grobbelaar, 2004).

Se observó crecimiento celular en todos los tratamientos evaluados, lo cual demuestra la adaptabilidad de *Dunaliella viridis* a un amplio rango de salinidades, confirmando su carácter halotolerante.

La elevada velocidad de crecimiento observada en *Dunaliella viridis* en concentraciones salinas de 0.5 M y 1 M la convierten en una cepa con alto potencial biotecnológico, pudiendo utilizarse el agua de mar (0.5 M) para sus cultivos, lo que reduciría costos en la producción de biomasa. Además, su tolerancia a elevadas salinidades permitiría un menor grado de contaminación por algas oportunistas en los cultivos.

La producción de pigmentos se relacionó directamente con la densidad celular, por ende, los tratamientos con mayor número de células (0.5 y 1 M) fueron los que registraron mayor producción de pigmentos por volumen de cultivo.

El tratamiento 0.1 M presentó una baja densidad celular ($1.9 \times 10^6 \text{ cel}/\text{mL}$) en comparación con los demás tratamientos, lo que indica que esta concentración no es la adecuada para la producción de biomasa.

Las distintas concentraciones de pigmentos ($\mu\text{g}/\text{mL}$) obtenidas en todas las concentraciones ensayadas en esta investigación fueron superiores a las reportadas por Yépez y Morales (1998), Serpa y Calderón (2005) hasta por más del 80 %. Sin embargo, la mayor productividad mostrada por los mencionados autores se debe a la baja densidad celular alcanzada en sus cultivos.

Se observó que la producción de pigmentos en *Dunaliella viridis* se encuentra influenciada por la concentración de NaCl en los cultivos de dicha especie, posiblemente debido al estrés al cual son sometidas las células bajo condiciones de salinidad. Resultados similares fueron presentados por Al-Hasam (1987) y Yépez y Morales (1998). Este comportamiento pudo deberse a la baja velocidad de crecimiento en los cultivos, que implican un menor costo energético en división celular y acumulación de metabolitos (Jiménez y Niell, 1991).

En los datos obtenidos en el análisis de varianza, se puede observar una marcada influencia de las

Tabla 1. Parámetros de crecimiento de *Dunaliella viridis* (UGB-SE-3001).

	0.1 M	0.5 M	1 M	2 M	3 M	4.5 M
NaCl (g/L)	5,8	29	58	116	174	261
Productividad (cel/mL/día)	0,23E+06	1.10E+06	1.07E+06	0.89E+06	0.54E+06	0.21E+06
Velocidad crecimiento (día ⁻¹)	0,17	0,25	0,25	0,23	0,20	0,15
Tiempo de duplicación (días)	4,15	2,74	2,74	3,04	3,55	4,59

Tabla 2. Análisis de varianza del crecimiento celular de *Dunaliella viridis* (UGB-SE-3001), entre los tratamientos evaluados.

Molaridad NaCl	Medias densidad celular (cel/mL)
0.1	1,53E+06 ^a
0.5	1,37E+07 ^c
1	1,23E+07 ^c
2	9,03E+06 ^{bc}
3	5,82E+06 ^{ab}
4.5	2,91E+06 ^a

Las letras iguales en sentido vertical indican que no hay diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre tratamientos.

Tabla 3. Análisis de varianza de la producción de pigmentos de *Dunaliella viridis* (UGB-SE-3001), entre los tratamientos evaluados.

Molaridad NaCl	Producción de pigmentos (µg/mL)		
	Clorofila a	Clorofila b	Carotenoides
0.1	1,61±0.46 ^a	1,07±0.01 ^a	0,70±0.09 ^a
0.5	8,89±0.51 ^{cd}	3,58±0.27 ^{bc}	5,76±0.28 ^d
1	9,98±1.08 ^d	3,44±1.54 ^{bc}	4,10±0.57 ^c
2	7,62±0.59 ^{bc}	4,46±1.41 ^c	2,75±0.33 ^b
3	6,99±0.81 ^b	3,91±0.06 ^{bc}	3,53±0.02 ^c
4.5	2,67±0.38 ^a	2,19±0.30 ^{ab}	0,84±0.02 ^a

Las letras iguales en sentido vertical indican que no hay diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre tratamientos.

Tabla 4. Producción en pg/cel de pigmentos fotosintéticos en las salinidades evaluadas.

Concentración NaCl	Clorofila a	Clorofila b	Clorofilas totales	Carotenos
0.1 M	0,89	0,60	1,49	0,39
0.5 M	0,40	0,16	0,56	0,26
1 M	0,45	0,16	0,61	0,19
2 M	0,50	0,29	0,79	0,18
3 M	0,75	0,41	1,16	0,38
4.5 M	0,55	0,45	1,01	0,17

concentraciones de NaCl sobre la producción de carotenoides, debido a que todos los tratamientos presentaron diferencias significativas entre ellos.

Las condiciones óptimas de crecimiento y producción de pigmentos difieren entre las cepas evaluadas por los distintos autores, por lo cual se justifica la importancia de investigar el comportamiento de cepas nativas, las cuales estarían adaptadas al entorno para posibles cultivos masivos.

Conclusiones

El rango de concentración salina óptima para el crecimiento de *Dunaliella viridis* (UGB-SE-3001) se encuentra entre 0.5 y 1 M.

La baja densidad celular alcanzada con el tratamiento 0.1 M y 4.5 M indica que, salinidades fuera del rango entre 0.5 y 1 M no son adecuados para el crecimiento de la cepa estudiada.

Existe una correlación negativa entre el crecimiento y la producción de pigmentos versus la salinidad a partir de la concentración 0.5 M.

La mayor producción de pigmentos en *Dunaliella viridis* (UGB-SE-3001) se produjo a la concentración salina 1 M. La salinidad fue un factor determinante en la producción de carotenoides. El crecimiento celular y la producción de pigmentos de *Dunaliella viridis* dependerá de la cepa en estudio y de la concentración salina del cultivo.

Recomendaciones

Debido al alto potencial biotecnológico de la cepa estudiada, se recomienda encontrar un medio de cultivo a partir de fertilizantes, el cual reduzca los costos de producción.

Caracterizar los carotenoides y lípidos provenientes de la biomasa de *Dunaliella viridis* por métodos cromatográficos.

Encontrar el método de cultivo a gran escala adecuado para la masificación de esta cepa.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Facultad de Ciencias Naturales y al Departamento de Investigación y Proyectos Académicos de la Universidad de Guayaquil por el financiamiento a través del Proyecto 015-2011, para el desarrollo de este trabajo.

Referencias

- Al-Hasan, P., M. Ghannoum, A. Sallal, K. Abu-Elteen y S. Adwan. 1987. Correlative changes in growth pigmentation and lipid composition of *Dunaliella salina* in response to halostress. *Journal General Microbiology*, 133:2607-2517.
- Balder, H. F., J. Vogel, M. C. Jansen, M. P. Weijenberg, P. A. Van Den Brandt, S. Westenbrink, R. Van Der Meer y R. A. Goldbohm. 2006. Heme and chlorophyll intake and risk of colorectal cancer in the Netherlands cohort study. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*, 15:717-725.
- Becker E. W. 1994. *Microalgae: Biotechnology and Microbiology*. Cambridge University Press.
- Borowitzka, M. y C. J. Siva. 2007. The taxonomy of the genus *Dunaliella* (Chlorophyta, Dunaliellales) with emphasis on the marine and halophilic species. *Journal of Applied Phycology*, 19(5):567-590.
- Cañizares R. y H. Perales. 2013. Producción de carotenoides a partir de las microalgas. *Avance y Perspectiva*, 5(4), CINVESTAV-IPN. México.
- Gómez P. y F. González. 2005. The effect of temperature and irradiance on the growth and carotenogenic capacity of seven strains of *Dunaliella salina* (Chlorophyta) cultivated under laboratory conditions. *Biological Research*, 38:151-162.
- Grobbelar J. 2004. Algal Nutrition-Mineral Nutrition, en *Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology*. Ed. A. Richmond. Blackwell Publishing Company. Reino Unido.
- Jeffrey, S. y G. Humphry. 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls *a*, *b*, *c*, and *c*₂ in higher plants, algae and natural population. *Biochemical Physiology Pflanzen*, 167:191-194.
- Jiménez, C. y Z. X. Niell. 1991. Growth of *Dunaliella viridis*. Theodoresco. Effect of salinity, temperature and nitrogen concentration. *Applied Phycology*, 3:319-327.
- Johnson, M. K., E. Johnson, R. Mac Elroy, H. Speer y B. Bruff. 1968. Effects of salts on the halophilic alga *Dunaliella viridis*. *Journal of Bacteriology*, 95:1461-1468.
- López, Y. 2008. Caracterización genética y de metabolitos secundarios de diferentes aislamientos de *Dunaliella salina* bajo condiciones de estrés salino. Tesis de maestría no publicada, Instituto Politécnico Nacional, Reinos, México.
- Mora R., N. Ortiz, Y. Clemente, J. Bermúdez, D. Avendaño y E. Morales. 2002. Efecto del nitrato, irradiancia y salinidad sobre la producción de clorofila *a* de microalgas cultivadas y aisladas en la región noroccidental de Venezuela. *Océanides*, 17(2):73-83.
- Quintana-Cabrales M., L. Hernández-Nazario, H. Morris-Quevedo y M. Fernández-González. 1999. Contenido de algunas vitaminas en cultivos de microalga *Chlorella* sp. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 13(1):9-13.
- Ramírez-Mérida, L. G., Q. L. Zepka y E. Jacob-Lopes. 2014. Microalgas y cianobacterias. Aplicación en Medicina. *Revista Médica Electrónica PortalesMédicos.com*, 9(4):149 <http://www.revista-portalesmedicos.com/revista-medica/microalgas-y-cianobacterias-aplicacion-en-medicina/>
- Richmond, A. (Ed.). 2004. *Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology*. Blackwell Publishing Company. Reino Unido.
- Serpa, R. y A. Calderón. 2005. Efecto del estrés por salinidad en cuatro cepas de *Dunaliella salina* Teod. en el Perú. *Ecología Aplicada*, 4(2):127-133.
- Streit N., L. Ramírez-Mérida, L. Queiroz-Zepka, E. Jacob-Lopes y M. Queiroz. 2015. Producción de pigmentos naturales (clorofila-a) en biorrefinerías agroindustriales. *Ciencia y Tecnología*, 8(2):29-36.
- Strickland, J. y T. Parsons. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. *Bull. Fisheries Research Board of Canada*, 167:1-310.
- Wegmann K. y H. Metzner. 1971. Synchronization of *Dunaliella salina* cultures. *Archiv. für Mikrobiologie*, 78:360-367.
- Yépez, M. y E. Morales. 1998. Efecto de la concentración de nitrato y cloruro de sodio sobre la densidad celular y contenido de pigmentos y proteínas de *Dunaliella viridis*. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*. Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela, 32(1):112.

Impacto de la estrategia didáctica digital: aula invertida en el rendimiento académico

Impact of the digital didactic strategy: classroom inverted in academic
performance

Jenny Rosero^{1,*}, José Antepará¹
& Allison Kingman²

¹Docente, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil.

²Estudiante, Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación, Universidad de
Guayaquil.

Recibido 14 de julio 2016; recibido en forma revisada 24 de noviembre 2016, aceptado 12 de diciembre 2016
Disponible en línea 31 de diciembre 2016

Resumen

El objetivo del presente estudio es determinar el impacto de la aplicación de la estrategia de enseñanza “Aula Invertida” en el aprendizaje de los estudiantes, reflejado cuantitativamente en el rendimiento académico. Se fundamenta en el constructivismo de Jean Piaget, en las técnicas centradas en la individualización de la enseñanza de la teoría del aprendizaje significativo de David Ausubel, las estrategias docentes para un aprendizaje significativo de Frida Díaz Barriga. Se aplicó una investigación de tipo experimental, se creó un sitio web donde se publicó recursos multimedia como videos, imágenes, texto, elaborados con las herramientas de las TIC, Google Sites, Google Drive y Youtube.

Los resultados demostraron que la aplicación de la estrategia aula invertida tuvo buena aceptación de parte de los estudiantes, ayudó a mejorar el grado de motivación e interacción entre estudiantes y docente, fortaleciendo y mejorando su rendimiento académico reflejado en las actas de calificaciones. Estas muestran un gran porcentaje de estudiantes con excelentes calificaciones y que todo el grupo aprobó directamente la asignatura. En conclusión, la aplicación de la estrategia de aprendizaje tuvo un impacto positivo en el rendimiento académico, además de apoyar al cumplimiento de los estándares propuestos en el programa de innovación académica de la Universidad de Guayaquil.

Palabras Clave: Aprendizaje, aula invertida, rendimiento académico, TIC.

Abstract

The aim of the current study, is to determinate the impact of the application of the learning strategy called “Inverted Classroom” and the student’s learning reflected quantitatively in the academic performance. It is founded on the constructivism theory by Jean Piaget, in the techniques focused on the personalized education of the meaningful learning theory by David Ausubel, the educator’s strategies for meaningful learning by Frida Díaz Barriga.

It was applied an experimental research. It was created a website where it was published multimedia resources such as videos, pictures, text, elaborated with the ICT tools, Google Sites, Google Drive and Youtube.

The results revealed that the application of the Inverted Classroom strategy had good acceptance by students, It helped to improve the motivation and interaction levels between students and educators, reinforcing and improving their academic performance reflected on the grades which revealed a high percent of students with excellent and the whole class passed directly the subject. In conclusion, the application of the learning strategy had a positive impact in the academic performance, moreover of supporting the accomplishment of the proposed standards in the academic innovation program of the University of Guayaquil.

Keywords: Academic performance; ICT; inverted classroom; learning.

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



Introducción

Las instituciones educativas enfrentan el reto de satisfacer las necesidades, intereses y preferencias de aprendizaje, frente a estudiantes de generación del nuevo milenio que dominan el uso de nuevas tecnologías en el ámbito de información y comunicación. Actualmente, a todo nivel académico se promueve el aprendizaje constructivista mediado por Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), de acuerdo con la Constitución de la República del Ecuador (2008), artículo 347, numeral 8, en el capítulo de la responsabilidad del Estado, que indica textualmente: *“Incorporar las tecnologías de la información y comunicación en el proceso educativo y propiciar el enlace de la enseñanza con las actividades productivas o sociales”*.

Es imperativo que la educación a nivel superior se fortalezca aplicando diversas estrategias didácticas que propicien la adquisición individual o grupal de nuevos conocimientos (González, García y Ramírez 2015). A medida que pasa el tiempo, los esquemas tradicionales van dando paso a las nuevas tecnologías, las mismas que están causando repercusión en las técnicas de aprendizaje que han empleado los docentes con sus educandos, provocando una revolución tecnológica en la metodología de enseñanza-aprendizaje.

En cuanto a la concepción del aprendizaje por construcción del conocimiento, existen cuatro autores muy conocidos por sus aportes y concepciones: Vigotsky, Piaget, Maturana y Von Glasersfeld. Para la presente investigación tomaremos la postura de Jean Piaget, quien afirma que el rol más importante del docente es promover un ambiente en el cual el educando pueda experimentar la investigación de forma espontánea. De este modo, el aprendizaje es un proceso social donde existe interacción entre pares en escenarios colaborativos, en el que se pueden cometer errores y en conjunto se hallarán las soluciones. Esta teoría nos indica que el conocimiento se lo construye, más no es una reproducción.

La Universidad de Guayaquil mediante el Programa de Innovación Académica, promueve la participación activa del docente en el proceso de enseñanza aprendizaje, entre sus estándares tenemos: *“Dominará con habilidad los recursos pedagógicos del aprendizaje significativo; Aplicará con habilidad métodos de interacción, mediación y estimulación como estrategia del aprendizaje; Domina con precisión los procesos con enfoque por competencias en el aprendizaje”*, estos pueden ser alcanzados, aplicando estrategias didácticas que promuevan el aprendizaje significativo (Programa de innovación académica de la Universidad de Guayaquil, 2014). Esta posición está en concordancia con la UNESCO, que establece que los docentes deberán ser: *“competentes para utilizar tecnologías de la información; ser buscadores, analizadores y evaluadores de información; solucionadores de problemas y tomadores de*

decisiones; ser usuarios creativos y eficaces de herramientas de productividad; ser comunicadores, colaboradores, publicadores y productores; y ser ciudadanos informados, responsables y capaces de contribuir a la sociedad” (Unesco, 2013). De acuerdo a Del Valle (2014), *“Los modelos educativos, deben dejar de ser rígidos, incluir las tecnologías, el uso de plataformas y del conocimiento que está en la nube”*. Sin embargo, la aplicación de estrategias innovadoras vinculadas con el aprendizaje significativo, la solución de problemas, la generación de conocimiento original y el trabajo colaborativo, son poco frecuentes.

El máximo provecho de la aplicación de las TIC en la educación no se ha alcanzado, todavía prevalecen las formas de enseñanza centradas en la transmisión del conocimiento declarativo (clase magistral), modelo tradicional, lineal, donde la clase comienza con la exposición del profesor en el aula física. Durante la clase se desarrollan actividades de refuerzo de las propuestas, que el docente realiza en el aula y fuera de la clase el alumno tiene la oportunidad de encontrarse solitario con interrogantes y propuestas que no puede compartir con sus compañeros, ni con el docente (Reimers, 2016).

Debido a esta situación, la propuesta es dar vuelta a la clase, trabajar con un modelo de clase invertida, donde la clase no comienza en el aula sino fuera de ella. El docente llega a sus alumnos a través de distintos medios que nos proveen las TIC, mediante videos, audios, cuestionarios y textos. De modo que cuando el alumno ingresa al aula física, conlleva recursos intelectuales, instrumentales y conceptuales, para poder desarrollar actividades de creación y diseño con sus pares. Esto es, entre estudiante-estudiante y junto al docente en instancias individuales o grupales, donde el profesor pasa de expositor a facilitador y provocador de situaciones de aprendizaje. De esta manera, no solo se invoca competencias básicas como recordar y comprender, propias del modelo tradicional; sino que también aspiramos a otras de orden superior, como son: crear, evaluar, diseñar y aplicar (Bernal, 2014). Sin embargo, como previamente ya ha sido notado, *“Las TICs constituyen un fenómeno social que ha transformado la vida de millones, es de gran trascendencia para muchas disciplinas, pero en la educación no ha tenido la utilización ni la acogida necesaria, su utilización se enmarca en realizar las cosas que se venían desarrollando en forma manual, ahora se lo realiza con la ayuda de una computadora, sin obtener el máximo provecho de los beneficios que éstas nos proporcionan”* (Díaz, 2010).

El aula invertida es una de las estrategias educativas que fomenta el aprendizaje por competencias. Su objetivo principal es promover el autoaprendizaje con ayuda de la tecnología, de tal manera que fuera de las horas de clase, el estudiante revise y/o practique temas del contenido del sílabo; y durante la hora clase en el aula experimente o resuelva contenidos didácticos a través de la colaboración entre pares y/o la guía del docente, de ahí el nombre de aula

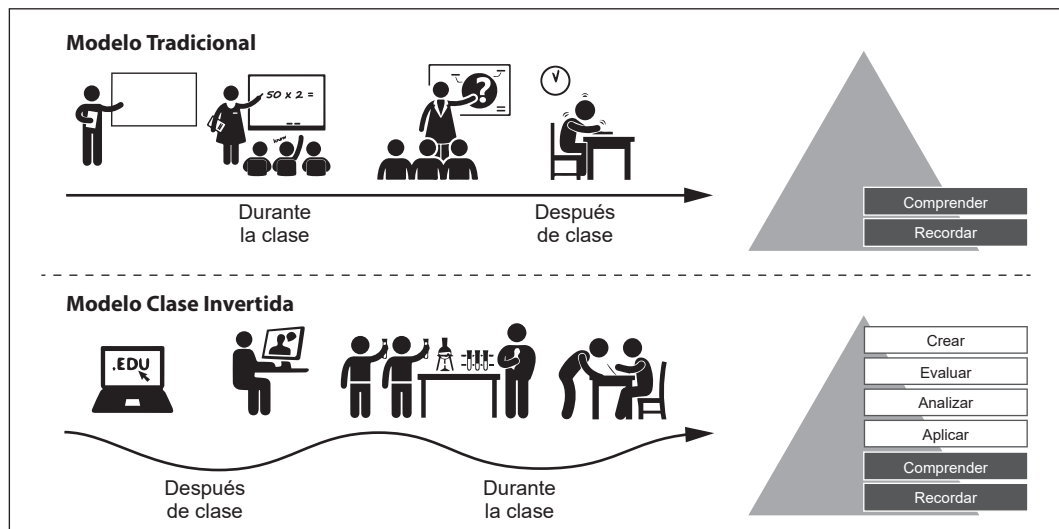


Figura 1. Aula invertida o Flipped Classroom. Fuente: Autores.

invertida o flipped classroom. Siendo oportuno aplicar estrategias didácticas para facilitar la asimilación de los contenidos y mejorar el nivel académico de los educandos (Ramos, 2010).

Bergmann y Sams (2012) son los precursores del aula invertida, su modelo radica en que los educandos revisen en su casa el tema que impartirá el docente durante la siguiente clase, el cual se encontrará dispuesto en el internet a través de sitios web o plataformas virtuales donde se proporciona materiales como videos, documentos en diferentes formatos (.pdf, .docx, .xlsx, .jpg, etc), sobre la explicación de un tema en particular, y luego en el aula se refuerza el tema o tarea en forma colaborativa y asistidos por el profesor. Las TIC desempeñan un papel importante en el proceso de aprendizaje (Ramírez, 2012).

Flipped classroom, invierte el papel tradicional del docente, de manera que las exposiciones y explicaciones de los contenidos del sílabo, las realiza el docente fuera del aula de clases mediante videos, considerando que la transferencia de información es una actividad de menor dificultad, y se deja para el salón de clases la parte más difícil que es el uso de los procesos superiores del pensamiento, tales como el análisis, la síntesis y la evaluación, donde el docente aplica lo aprendido (Fig. 1).

Esta estrategia, posee cuatro características fundamentales que detallamos a continuación:

- Primera.- **Tempo-Espaciales y flexibilidad**, al estar disponible en la web, admite diferentes acomodos en espacio físico y horario, por lo que el estudiante elige cuando y a qué hora aprender e incluso su ritmo de aprendizaje.
- Segunda.- **Cultura de aprendizaje**, el docente, de manera deliberada cambia el enfoque de

la clase tradicional al enfoque centrado en el aprendizaje de los estudiantes, mediado por las TIC, cuyo resultado es el involucramiento de los estudiantes y su participación individual y colectiva, obteniendo así el aprendizaje constructivista.

- Tercera.- **Sílabo**, los contenidos, los materiales y las estrategias que utiliza el docente se los planifica en relación a las competencias a desarrollar en los estudiantes y a los objetivos de aprendizaje.
- Cuarta.- **Rol del Docente**, la principal función del docente es ser facilitador del aprendizaje, donde continuamente observa y guía a sus estudiantes, provee retroalimentación relevante e inmediata y evalúa su trabajo.

En este punto, cabría preguntarse: ¿La aplicación de la estrategia educativa “aula Invertida”, permite adquirir un aprendizaje duradero, significativo y por competencias, que sirva de apoyo para concatenar los conocimientos previos con el nuevo conocimiento, aplicándose así el aprendizaje constructivista?

El objetivo de la investigación es determinar el impacto que existe entre la aplicación del Aula Invertida y el aprendizaje de los estudiantes, mediado por las TIC. El trabajo de investigación se fundamenta en el Constructivismo de Jean Piaget (Scangarello y Ferreira, 2016), en el Aprendizaje Significativo de David Ausubel y las estrategias activas de aprendizaje de Frida Díaz Barriga.

Materiales y Métodos

La investigación se la realizó en la Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, carrera de Biología, en la asignatura Computación 1 del segundo nivel. La temporalidad fue en el primer parcial de los

ciclos 1 y 2 del periodo 2016-2017. La muestra elegida fue de 49 estudiantes correspondientes al ciclo 1 y de 46 estudiantes del ciclo 2, ambas representan una muestra total de 95 estudiantes. Se consideraron las calificaciones obtenidas por cada ciclo para evaluar el rendimiento académico en base a los mismos contenidos programados en el sílabo de la asignatura.

La investigación fue de tipo experimental. Se utilizó un enfoque metodológico cuantitativo, para lo cual se realizó las siguientes acciones:

1. Se diseñó, creó e implementó un sitio web, mediante Google Sites. Se almacenaron archivos a través de Google Drive; además, se crearon, editaron y publicaron videos en Youtube.
2. Se aplicó la estrategia didáctica "Aula Invertida" en los momentos de la clase especialmente durante el desarrollo.
3. Se evaluó el rendimiento académico mediante las actas de calificaciones.

Descripción de las herramientas WEB 2.0 (TIC) que se utilizó como material didáctico:

1. Google Sites (Fig. 2) es una aplicación online que permite crear un sitio web de grupo de una forma sencilla, donde los usuarios pueden reunir en un único lugar y de una forma rápida información variada, incluir vídeos, calendarios, presentaciones, archivos adjuntos y texto (Bernal, 2014). Con esta herramienta se elaboró un sitio dividido en secciones y páginas.
2. Almacenamiento en la nube mediante Google Drive (Fig. 3). Es un producto que permite a los usuarios almacenar de forma centralizada todos sus archivos (Google Docs) y sincronizar estos archivos en todos sus dispositivos: navegador web como usuario de Google Gmail y Google Drive Mobile app. Los tipos de archivos que soporta son documentos, imágenes, presentaciones, hojas de cálculo y formularios.

Cada usuario cuenta con 15 gigabytes de espacio gratuito para almacenar sus archivos, ampliables mediante planes de pago. Los archivos se actualizan automáticamente. En este estudio se crearon carpetas para compartir archivos referentes a cada tema, enlaces de publicaciones, así como los archivos para el desarrollo de la práctica en forma individual o colectiva.

3. Publicación de videos. YouTube es un sitio web para compartir videos subidos por los usuarios a través de internet, es un servicio de alojamiento de videos, de cualquier tipo sean películas, documentales, videos musicales, videos caseros, además de transmisiones en vivo, los cuales están disponibles para cualquier persona. Los videos previamente creados se los compartió a través de YouTube.

4. Creación y compartimiento de archivos en formatos pdf, doc, xls, ppt, jpg. En informática, un archivo es un grupo de datos estructurados que son almacenados en algún medio y pueden ser usados por las aplicaciones.

Aplicación de la Estrategia Aula Invertida mediada por las TIC, en los tres momentos del proceso de aprendizaje

El proceso del aprendizaje ha sido explicado por distintos autores, así Jean Piaget (1972) le llamó Proceso de Reestructuración Cognoscitiva basado en la asimilación y acomodación del conocimiento. Para (Ausubel, 1998). El Aprendizaje Significativo es posible cuando existe la disposición de los estudiantes al aprendizaje, el material a utilizar debe relacionarse con las ideas previas que el estudiante posee sobre el tema y deben ser aplicados en las etapas o momentos de la clase.

Primer momento: Activación del aprendizaje

Se publicó los contenidos del sílabo en el sitio web, así como sus respectivos recursos didácticos (Fig. 3). Se dividió en cuatro secciones: Contenidos, Aula Invertida, Trabajo Autónomo y Evaluación. En este estudio sólo se abordó la aplicación del Aula Invertida.

Segundo momento: Adquisición del aprendizaje

Es precisamente en este momento del aprendizaje donde se aplicó la Estrategia del aula invertida.

1. En la sección con el nombre "Aula Invertida", se proveyó de videos de internet provenientes de varios autores; así como elaborados por el docente.
2. La actividad que desarrolló cada estudiante, previo a la clase presencial, fue observar la información dispuesta en la sección antes mencionada y practicar el ejercicio propuesto.
3. Durante la clase en el laboratorio de computación, los estudiantes utilizan el sitio web para llevar a la práctica el tema visto en el aula invertida y compartir así sus experiencias, conocimientos y dudas, relacionadas al contenido de la asignatura. Fortaleciendo el aprendizaje entre pares y colaborativo. La principal función del docente en este momento es de facilitador, mediador y disipador de dudas.

Tercer momento: Práctica

En este momento del proceso de aprendizaje, el estudiante con la participación del grupo y la ayuda del docente procede a la resolución de ejercicios y actividades en el laboratorio de computación, para dar contexto y sentido a los contenidos que fueron enseñados durante la clase presencial. El apoyo del profesor es crucial para que el estudiante comprenda y domine (saber cómo y cuándo usar un contenido) los conocimientos, habilidades y desarrolle valores que le permitan formar un criterio profesional frente a problemas en los que deba aplicar lo aprendido.

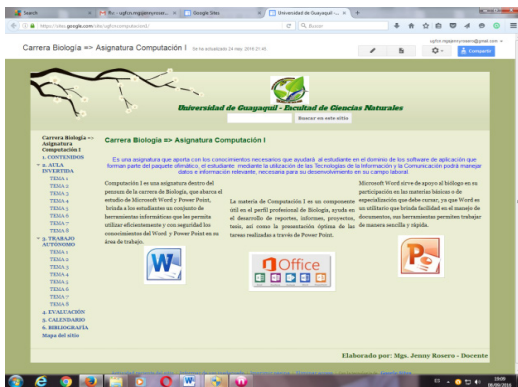


Figura 2. Sitio Web. <https://sites.google.com/site/ugfnccomputacion1/>. Fuente: Asignatura Computación 1.

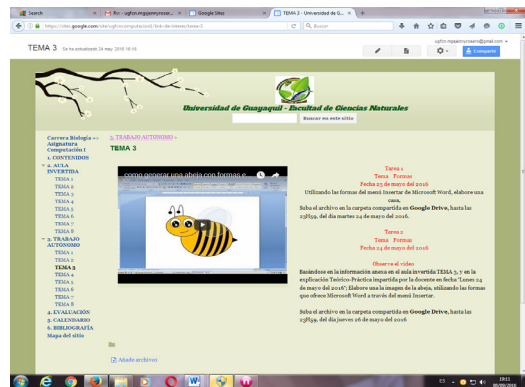


Figura 3. Ambiente gráfico del Sitio Web. <https://sites.google.com/site/ugfnccomputacion1/> Fuente: Asignatura Computación 1.

En este punto los estudiantes adquieren competencias y afianzan lo aprendido, cumpliéndose la teoría del aprendizaje constructivista.

Resultados

Las actividades realizadas aplicando la estrategia “aula invertida” produjeron interesantes resultados. Cualitativamente, tuvo buena aceptación por parte de los estudiantes, debido a que ellos nacieron en la era de la tecnología y dominan los aparatos electrónicos. Se percibió un ambiente de aprendizaje activo más homogéneo que en las clases tradicionales, además se observó más seguridad, la mayoría de los estudiantes desarrollaron correctamente los ejercicios propuestos, se destacó su participación en forma armónica y natural, se percibió mucho entusiasmo, situación que favoreció el fortalecimiento del tema y contribuyó a

que la clase fuera agradable y el aprendizaje del tema más significativo (Benítez y García, 2013).

Por su parte, la información obtenida de las actas de calificaciones revela: En el Ciclo 1 primer parcial (se aplicó la estrategia didáctica “Aula Invertida”), el 6.12% de los estudiantes, obtuvieron una calificación Excelente, el 53.06% obtuvo una calificación Muy Buena y el 40.82% obtuvo Buena calificación, ningún estudiante obtuvo calificación Deficiente; a diferencia del Ciclo 2 primer parcial, que el 4.35% de los estudiantes, obtuvieron una calificación Excelente 43.48 % obtuvo una calificación Muy Buena y el 41.30% obtuvo Buena calificación, y el 10.87% obtuvo calificación Deficiente (Fig. 4). Observándose mayores calificaciones en el grupo donde se aplicó la estrategia didáctica mediada por las TIC.

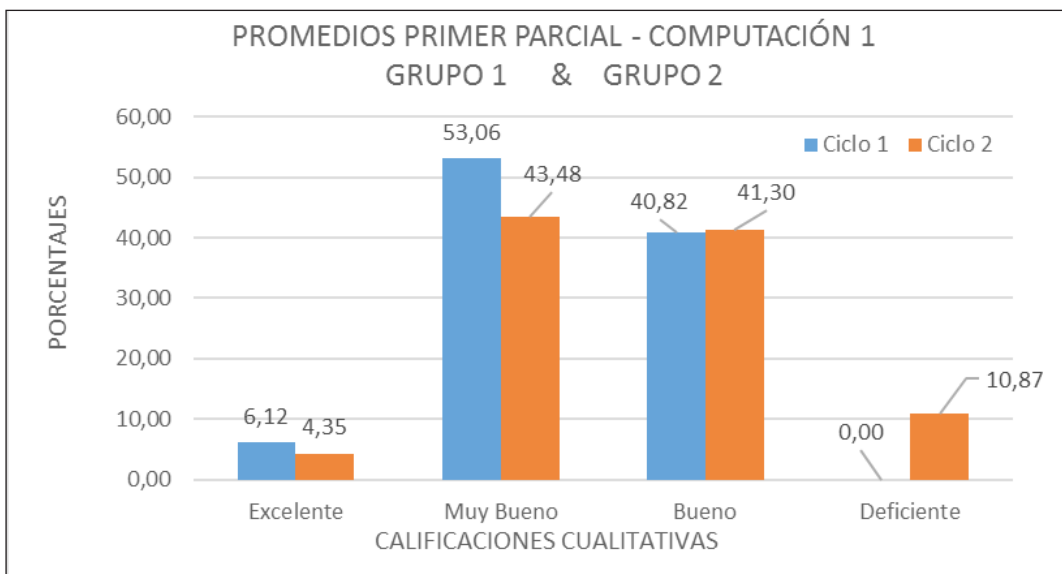


Figura 4. Promedios parciales: Computación 1. Fuente: Actas de calificaciones.

Discusión

El estudio permitió comprender y explicar la inclusión de las TIC en el proceso educativo, que gira en torno a facilitar la labor docente, apoyar la adquisición de conocimientos, habilidades y competencias en los educandos. Realizar clases interactivas, instaura un canal adicional de comunicación entre docente-estudiantes y estudiante-estudiante fuera del salón de clases, motiva al estudiantado en el aprendizaje de la asignatura y promueve el aprendizaje autónomo.

Conscientes de las ventajas que proporcionan las TIC, la Universidad Autónoma de Chiapas, en México, instaura como objetivo en el proyecto académico 2010-2014, *“Fortalecer y consolidar las competencias psicopedagógicas, disciplinarias y en TIC del perfil docente centrado en el aprendizaje, que favorezca la formación integral de los estudiantes”* (UNACH, 2011). Este objetivo hace referencia a la integración de las TIC en las actividades de la institución, como: 1) Generación de conocimiento, 2) Innovación, 3) Competitividad y 4) Gestión universitaria; permitiendo gestionar y administrar eficientemente recursos para el desarrollo oportuno de las investigaciones, actualizar en forma integral los planes y programas de estudio (Torres, 2016).

Así mismo, estos resultados coinciden con la teoría constructivista de Jean Piaget (Torres Bonilla, 2011), la que: *“enfatisa en la actividad que hace el sujeto en el proceso de construir el conocimiento. Se enfoca en los métodos educativos que permiten la experimentación, el razonamiento y la cooperación”*. Propone un paradigma donde la enseñanza-aprendizaje, se percibe y se lleva a cabo como un proceso dinámico, participativo e interactivo del sujeto, de modo que el conocimiento sea una auténtica construcción operada por la persona que aprende.

En concordancia con Díaz Barriga (2010), el docente debe ser capaz de aplicar una enseñanza estratégica para que se produzca un aprendizaje significativo de los contenidos curriculares, el docente debe mejorar y enriquecer las oportunidades de aprender de los estudiantes. Al respecto, Ramos (2012), enuncia que se ha considerado oportuno aplicar estrategias didácticas dentro del proceso de enseñanza aprendizaje para facilitar la asimilación de los contenidos y mejorar el nivel académico de los estudiantes, en el contexto de la educación cada vez se hace más necesario incorporar estrategias innovadoras y concretas en la enseñanza, mediadas por las TIC.

Por su parte, las nuevas tecnologías pueden reforzar la contribución de los trabajos pedagógicos y didácticos contemporáneos, éstas permiten crear situaciones de aprendizaje enriquecedoras, complejas, diversificadas. Con su ayuda todo el peso del trabajo ya no descansa sobre el profesor, puesto que, de la transmisión de la información, así como de la dimensión interactiva se encargan los productores de herramientas-software (Amador, 2014). Dentro

de este marco, El aula invertida es una estrategia de enseñanza y aprendizaje que requiere el uso o diseño pedagógicos y andragógicos como: aprendizaje basado en problemas, aprendizaje basado en proyectos, aprendizaje colaborativo y en general cualquier conjunto de didácticas que se inscriban en un escenario real o que simule a la realidad, de tal forma que promueva en el alumno el aprender mediante el hacer (Fuentes, 2013).

Al respecto, se puede determinar que la presencia de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación superior es un recurso novedoso, motivador y útil, pero para que éste proceso sea óptimo los docentes deberán hacer uso de la creatividad, planificación, integración de pedagogías innovadoras y metodologías escogidas ya que las herramientas tecnológicas no hacen el trabajo por sí solas, el papel estelar lo tienen los docentes.

La inclusión de las herramientas de la web en el currículo educativo debe ir más allá de la integración de las mismas como instrumentos para el apoyo de la docencia (Urueña López, 2016). En este sentido, Jon Bergmann y Aaron Sams, docentes y pioneros del modelo del aula invertida, manifiestan: *“Nos damos cuenta de que donde el alumno más me necesita, como experto, no es en el salón donde estoy dando clase, me necesita en casa, donde se atoran, y pensamos, ¿qué tal si hacemos videos para que los vean en casa y luego, en clase, cuando se queden atascados, ahí estaremos para ayudarles? Invertimos la tarea y la clase”* (Fuentes, 2013). Esta metodología, permite apoyar al estudiante en el momento de la praxis en la resolución de ejercicios que requieran la experiencia teórica-práctica del docente, de esta manera el estudiante aprende los conceptos fuera del salón de clases y la adquisición de habilidades y destrezas en la resolución de ejercicios se produce mediante la experimentación individual o con la ayuda de sus compañeros y docente.

El aprendizaje del estudiante se logra gracias a los procesos de intercambio e interacción social, que permiten construir y reconstruir conocimientos a través de estrategias colaborativas en escenarios virtuales (Ruiz Aguirre, 2012). Precisamente, Salinas et al. (2014) indagan la relación que existe entre las estrategias de aprendizaje con el rendimiento académico de los estudiantes.

Por su parte, Blumen et al. (2011), indican que el rendimiento académico es el cumplimiento de los objetivos, las metas y los logros establecidos para cada área cursada por el estudiante en el proceso de su carrera profesional, constructo que se puede medir cuantitativamente en una escala convencional que se evidencia a través de las actas de calificaciones.

Conclusiones

La aplicación de la estrategia “Aula Invertida” tuvo un impacto positivo en el estudiante al comprobar su capacidad de autoaprendizaje. Esta, junto

al uso eficiente de las TIC, elevó la interacción entre los estudiantes, así como con el profesor, en consecuencia, el ambiente en el aula se volvió más dinámico, más rico en experiencias.

Las TIC están aportando favorablemente con aplicaciones, que en el proceso de enseñanza aprendizaje crean nuevos paradigmas, y con el apoyo de herramientas de la WEB 2.0, pueden funcionar como un aula antes y/o después de las clases presenciales.

No podemos olvidar que se cumple con los estándares competencias genéricas de la Facultad de Ciencias Naturales: “*Dominará con habilidad los recursos pedagógicos del aprendizaje significativo; Aplicará con habilidad métodos de interacción, mediación y estimulación como estrategia del aprendizaje*” (Programa de innovación académica de la Universidad de Guayaquil, 2014), en concordancia con la teoría constructivista de Jean Piaget, en el Aprendizaje Significativo de David Ausubel y las estrategias activas de aprendizaje de Frida Díaz Barriga, debido a que el estudiante es participe en la construcción de su aprendizaje, al mismo tiempo que el docente lo orienta y acompaña durante el proceso de construcción de conocimiento mediante sus experimentos, investigaciones, ensayos, error, reflexión y discernimiento.

Recomendaciones

Para el aprovechamiento de las habilidades docentes al favorecer la comprensión y la transferencia del conocimiento mediante la práctica, se recomienda aplicar la estrategia “Aula Invertida” en los momentos de la clase y la articulación, entre las etapas del ciclo de aprendizaje. Los resultados de esta investigación dan la posibilidad de futuros estudios relacionados con el trabajo autónomo y las evaluaciones teniendo como variable mediadora la implementación de las TIC.

Referencias

Amador, B. 2014. Incorporación de Tecnologías de la Información y la Comunicación en las prácticas pedagógicas para la formación docente.” Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología. Disponible en: <http://www.oei.es/historico/congreso2014/memoriactei/559.pdf> (último acceso: 15 de septiembre de 2017).

Ausubel, D. 1998. *Psicología Educativa*. México: Editorial Trilla Edición 2.

Benítez, A. A. y M. L. García. 2013. Un Primer Acercamiento al Docente frente a una Metodología Basada en Proyectos. *Form. Univ.* 6: 21-28.

Bernal, A. 2014. 20 Herramientas para crear actividades educativas interactivas. <http://tics-ti.blogspot.com/2014/02/20-herramientas-para-crear-actividades.html> (último acceso: 2016).

Bernal, A. 2014. “Las TICs y su utilización en la educación.” <http://www.ticeducacionec.com/2014/02/20-herramientas-para-crear-actividades.html> (último acceso: 2016).

Bergmann, J. y A. Sams. 2012. *Flip Your Classroom: Reach Every Student In Every Class Every Day*. Washington, DC:

ISTE.

Blumen, S., C. Rivero y D. Guerrero. 2011. Universitarios en educación a distancia: estilos de aprendizaje y rendimiento académico. *Revista de Psicología* 29: 225-243.

Constitución de la República del Ecuador. 2008. Quito-Ecuador.

Del Valle, S. 2014. Llamam a Renovar Educación Superior. <http://search.proquest.com/docview/1637579961?accountid=131412> (último acceso: 06 de 12 de 2016).

Díaz Barriga, F. 2010. Metas Educativas 2021. Conferencia Iberoamericana de Ministros de Educación. Buenos Aires Argentina.

Fuentes, Y. 2013. Lleva clase a casa y tarea al salón. <http://search.proquest.com/docview/1356456561?accountid=131412> (último acceso: 12 de 11 de 2016).

González, N., R. García, y A. Ramírez. 2015. «Aprendizaje cooperativo y tutoría entre iguales en entornos virtuales universitarios.» *Estudios Pedagógicos* XI.I. 111-124.

Leliwa, S. y J. I. Scangarello. 2015. *Psicología y educación* (3era Ed). 136 p. <http://site.ebrary.com/lib/uguyaquilsp/reader.action?ppg=105&docID=11245780&tm=1481131022663> (último acceso: 7 de diciembre de 2016).

Universidad de Guayaquil. 2014. Programa de Innovación Académica de la Universidad de Guayaquil. Programa de Innovación Académica de la Universidad de Guayaquil. Guayaquil.

Piaget, J. 1972. *The Psychology of Intelligence*. Totowa, NJ: Littlefield.

Ramírez, M. S. 2012. Modelos y estrategias de enseñanza para ambientes innovadores. México, Editorial Digital. Disponible en: <https://repositorio.itesm.mx/ortec/bitstream/11285/621238/1/ID254.pdf> (último acceso: 15 de septiembre de 2017).

Ramos, A. I., J. A. Herrera y M. S. Ramírez. 2010. Desarrollo de habilidades cognitivas con aprendizaje móvil: un estudio de casos. *Comunicar* 26: 201-209.

Reimers, F. M. y C. K. Chung (eds.). 2016. Enseñanza y aprendizaje en el siglo XXI: metas, políticas educativas y currículo en seis países. Global Education Innovation Initiative. Harvard. Disponible en: https://globaled.gse.harvard.edu/files/spanish_executive_summary_final_160517.pdf (último acceso: 15 de septiembre de 2017).

Ruiz, E. I. y N. L. Martínez de la Cruz. 2012. El aprendizaje colaborativo “escenario par la construcción social de aprendizajes significativos”. *Cognición* 38: 1-13

Salinas, J., A. M. Duarte y J. Domingo. 2014. *Nuevas tecnologías aplicadas a la educación*. Editorial Síntesis. Madrid, España.

Scangarello, Leliwa Susana, y Josefa Ferreira. *Psicología y educación* (3era Ed). 2016. <http://site.ebrary.com/lib/uguyaquilsp/reader.action?ppg=105&docID=11245780&tm=1481131022663> (último acceso: 7 de diciembre de 2016).

Torres, L. 2011. Constructivismo pedagógico: Estrategias de enseñanza de maestras y maestros del sistema de educación pública de Puerto Rico. <http://search.proquest.com/docview/854342445?accountid=131412>.

Torres, M. P. 2016. The Didactic Configuration of Teaching Strategies with Information and Communication Technology in Pedagogical of the Engineering made in Two Mexican Higher Education Institutions. *Education in the Knowledge Society* 17: 109-131.

UNACH. 2011. Proyecto Académico 2010-2014. Periódico Oficial No. 311-2a. Sección. Universidad Autónoma de Chiapas, México.

Unesco. 2013. Enfoques estratégicos sobre las TICs en educación en América Latina y El Caribe. <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Santiago/images/ticsesp.pdf> (último acceso: 15 Septiembre de 2017).

Urueña, S. 2016. Dimensiones de la inclusión de las TIC en el currículo educativo: una aproximación teórica. *Teoría de la Educación* 28: 209-223.

Estimación del ámbito de hogar de *Stenocercus iridescens* (Günther, 1859) (Squamata: Tropiduridae) durante la época lluviosa en el Bosque Protector Cerro Blanco (Guayas, Ecuador)

Estimation of the home environment of *Stenocercus iridescens* (Günther, 1859) (Squamata: Tropiduridae) during the rainy season in the Cerro Blanco Protected Forest (Guayas, Ecuador)

Marcos Morales-Ordoñez^{1,*} & Jaime A. Salas²

¹ Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales

Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo (Campus Mapasingue)

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

Recibido 11 de julio 2016; recibido en forma revisada 23 de octubre 2016, aceptado 13 de diciembre 2016
Disponible en línea 31 de diciembre 2016

Resumen

Este trabajo valida la técnica del ámbito de hogar (AH) con la lagartija *Stenocercus iridescens*, como un caso de estudio para la conservación de saurios en los bosques secos del suroccidente de Ecuador. La fase de campo se desarrolló en el Bosque Protector Cerro Blanco, desde enero hasta marzo de 2016, delimitándose una parcela de 7.5 ha. Los individuos de *S. iridescens* fueron capturados, marcados, medidos, georreferenciados y liberados, luego se monitorearon dos veces por semana, a diferentes horas del día, el número mínimo de relocalizaciones por individuo fue cuatro. El tamaño del AH se estimó a través del polígono mínimo convexo (PMC) mediante el software QGIS 2.8. Se obtuvieron datos de 20 individuos ($\sigma=10$, $\varphi=10$), donde el AH fue de 21 m² (± 1.92), encontrándose una correlación positiva entre el AH y la Longitud total (LT) de los individuos ($r^2= 0.8$), sin distinción del sexo. Estos resultados muestran que esta técnica es viable, económica, rápida, efectiva, y contribuye al conocimiento del nicho ecológico de la especie. Se recomienda replicar estudios similares en especies endémicas de bosques secos como *Microlopus occipitalis*, *M. peruvianus*, *Dicrodon guttulatum* y *Stenocercus puyango* y en aquellos que poseen una categoría de amenaza como *Callolestes flavipunctatus* (EN).

Palabras clave: Ámbito de hogar, bosque seco, Cerro Blanco, polígono convexo mínimo, *Stenocercus iridescens*.

Abstract

The present work validates the home range technique (AH) for the lizard *Stenocercus iridescens*, as a case of study for the saurian conservation in dry forests of southwestern Ecuador. The field phase was achieved in Cerro Blanco Protected Forest, during January-March 2016. A plot of 7.5 ha was delimited, individuals of *S. iridescens* were captured, marked, measured, georeferenced and released; those individuals were monitored twice a week at different times of day, the minimum number of relocations per individual was four. AH size was estimated through the minimum convex polygon (MCP) by QGIS 2.8 software. We got data from 20 subjects ($\sigma = 10$, $\varphi = 10$), where AH was 21 m² (± 1.92), and a significant positive correlation between the AH and the total length (LT) of individuals ($r^2 = 0.8$) were obtained without distinction of sex. These results demonstrate that this technique is feasible, economical, fast, effective, and contributes to the knowledge of the ecological niche of the species. It is suggested to replicate similar studies in species endemic to dry forests as *Microlopus occipitalis*, *M. peruvianus*, *Dicrodon guttulatum* and *Stenocercus puyango*, and also for those that have been assigned to some threat category, as *Callolestes flavipunctatus* (EN).

Key words: Cerro Blanco, convex minimum polygon, dry forest, home range, relocation, *Stenocercus iridescens*.

* Correspondencia del autor:
E-mail: marcosmorales1207@gmail.com



Introducción

Los bosques secos tropicales son uno de los ecosistemas más severamente amenazados del mundo (Yepez y Villa, 2010). En el Ecuador, éstos han sido alterados drásticamente por la ganadería, los cultivos extensivos de banano, arroz y por la apertura y ampliación de carreteras (Dodson y Gentry, 1991; Aguirre y Kvist, 2005; MAE, 2013; Sierra, 2013). La degradación de los bosques secos tiene un impacto negativo sobre la fauna, en especial en los reptiles, debido a que baja la complejidad y la heterogeneidad vegetal que suprimen las características clave de los microhábitats y la fragmentación limita el movimiento y la dispersión de las poblaciones (Edgar *et al.*, 2010; Diaz y Baus, 2001). En Ecuador han sido registradas 543 especies de vertebrados, entre las cuales los reptiles representan el 12.5 % del número total de especies en el piso Tropical Suboccidental (Albuja *et al.*, 2012).

Actualmente, uno de los desafíos más grandes para la conservación de la biodiversidad tropical es explorar y proteger los fragmentos de bosque seco que aún existen (Almendáriz *et al.* 2012), debido a que éstos albergan componentes esenciales de los ecosistemas como lo son los saurios, que son predadores de insectos (García, 2013). El conocimiento sobre las dinámicas ecológicas y patrones de distribución de las especies, como el tamaño del ámbito de hogar, aporta información importante para formular estrategias de conservación (Gaston, 2000). Este es considerado como un buen indicador de los requerimientos de recursos en relación a su disponibilidad en el ambiente y de las características del comportamiento de un animal, de modo que existe un interés constante en ecología por comprender los factores que predicen el tamaño del dominio vital (Anich *et al.*, 2009; Perry y Garland, 2002; Powell, 2000).

El ámbito de hogar es definido como el área atravesada por un individuo durante las actividades naturales de forrajeo, reproducción, cuidado parental y todo lo necesario para su supervivencia (refugio, condiciones térmicas adecuadas, etc.; Burt, 1943; Wone y Beauchamp, 2003; Radder *et al.*, 2005; Verwajen y Van Damme, 2008), también se considera como el área espacial más pequeña en la que un animal gasta el 95 % de sus actividades (Worton, 1987; Downs y Horner, 2009). De tal manera que la determinación en la naturaleza del ámbito de hogar se torna compleja cuando se consideran factores como la escala temporal, el sexo, la edad y otras características bióticas y abióticas (Christian y Waldschmidt, 1984; Frutos *et al.*, 2007; Hernández-Gallegos *et al.*, 2015). En este sentido algunos estudios sugieren que el tamaño del ámbito de hogar se relaciona con el tamaño del cuerpo y el sexo (Wen-San, 2006).

Por otra parte, los métodos empleados para estimar el ámbito de hogar difieren en cuanto al procedimiento utilizado para ubicar tales puntos (observación directa, radio-rastreo o por trampas; Gómez *et al.*,

1987). Aunque la mayoría de trabajos se basan en datos de localización de uno o varios individuos en alguna unidad de espacio y tiempo, los resultados varían en función del tipo de tratamiento elegido para procesar los puntos de localización (Rose, 1982). Además, algunas investigaciones realizan un seguimiento de éstos animales para determinar los patrones de movimiento dentro de los mismos, solapamiento entre los individuos, y como varían con el tiempo (Fieberg y Kochanny, 2005). De tal manera que los saurios pueden ser modelos adecuados para el estudio de los factores que afectan al tamaño del ámbito de hogar (Perry y Garland, 2002; Ribeiro *et al.*, 2009).

Una de las especies más frecuentes de hallar en los bosques secos suroccidentales es la lagartija iridescente *Stenocercus iridescens* (Günther, 1859), que se distribuye en las estribaciones occidentales y tierras bajas adyacentes de los Andes, en un rango altitudinal de 0-2000 msnm. En Ecuador ha sido reportada para las provincias de Azuay, Cotopaxi, El Oro, Esmeraldas, Guayas, Los Ríos y Manabí; su distribución radica principalmente en el matorral desértico tropical, bosque muy seco tropical, bosque seco tropical, bosque húmedo premontano y zonas de vida de bosque premontano muy húmedo (Torres-Carvajal, 2000, 2007). La cola es tan larga como el cuerpo, presentan dimorfismo sexual, donde el macho es más grande que la hembra y tiene una garganta brillante roja con el vientre de colores brillantes, una raya negra divide el amarillo y el rojo (Brennan, 2010).

Este trabajo tuvo como objetivo estimar el tamaño promedio del ámbito de hogar de *Stenocercus iridescens*, correlacionándolo con variables biológicas (longitud total y sexo), como un caso de estudio para la conservación de saurios en ecosistemas de bosque seco tropical.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estudio se realizó dentro de la zona de amortiguamiento del Bosque Protector Cerro Blanco, este se encuentra localizado al sureste de la cordillera Chongón-Colonche, en la costa del Ecuador, muy cerca de la ciudad de Guayaquil, en la provincia del Guayas. Cerro Blanco tiene una extensión de 6.048 hectáreas, su rango de elevación fluctúa entre 50 y 400 msnm (Hortsman, 1998; Cun, 2012; Figura 1). La parte del bosque donde se realizó el estudio está compuesta por una vegetación característica de chaparral, inferior a 5-10 metros de alto, siendo común observar grandes árboles que sobresalen al resto de la vegetación, como Pigio, *Cavanillesia platanifolia*, y Ceibo, *Ceiba trischistandra* (Cun, 2012; Horstman & Carabaja, 2005).

Aunque la naturaleza del bosque es de tipo seco, las temperaturas ambientales son variables a lo largo del año, este parámetro junto con una

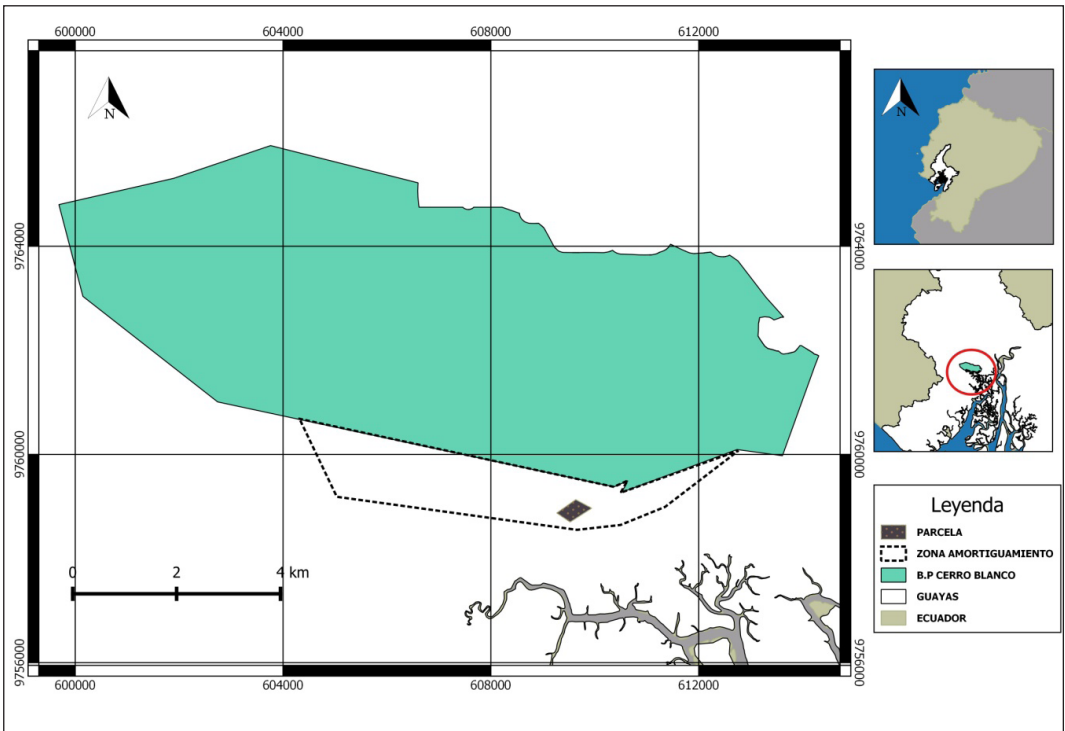


Figura 1. Mapa del área de estudio



Figura 2. A. Captura con lazo corredizo. B. Medición morfométrica (LC). C. Técnica de marcaje de los individuos de *Stenocercus iridescens*.

Tabla 1. Medidas morfométricas y tamaño del AH con sus respectivos promedios de los individuos capturados de *S. iridescens*

Individuo	Sexo	LHC(cm)	LC(cm)	LT(cm)	AH (m ²)
1	Macho	10	21	31	31,52
2	Hembra	7	13	20	20,79
3	Macho	10	15	25	22,94
4	Hembra	8	16	24	24,35
5	Macho	7	14	21	19,54
6	Hembra	7	11	18	19,60
7	Macho	10	12	22	20,33
8	Macho	7	12	19	14,57
9	Macho	8	16	24	22,20
10	Macho	7	14	21	16,24
11	Hembra	7	16	23	22,39
12	Macho	9	16	25	21,08
13	Hembra	6	8	14	16,12
14	Macho	12	16	28	29,88
15	Macho	9	13	22	21,57
16	Hembra	5	7	12	13,12
17	Hembra	8	13	21	20,39
18	Hembra	9	14	23	22,40
19	Hembra	7	12	19	20,27
20	Hembra	8	14	22	21,55
Promedio		8	14	22	21,04

precipitación promedio anual aproximada entre 500 a 700 mm, provocan un comportamiento estacional en la vegetación presente, manifestando dos aspectos diferentes de acuerdo a la temporada, dando como resultado un bosque deciduo durante la estación seca, que se encuentra comprendida desde Junio a Diciembre, y un bosque verde y exuberante durante la estación lluviosa, que va desde Enero a Mayo, donde se concentra la mayor cantidad de lluvia en el año (Horstman, 1998).

Metodología

En la estimación del ámbito de hogar se utilizó la técnica del uso del Polígono Mínimo Convexo (PMC), ésta consiste en el cálculo del polígono convexo más pequeño que encierra todos los desplazamientos de los animales, cuyos ángulos son menores a 180 grados (Calenge, 2011; Haenel *et al.*, 2003a, b; Montaña *et al.*, 2013).

Para estimar el tamaño promedio, dentro del área de estudio de 7.5 hectáreas se ubicó una parcela (Figura 1). Durante los meses de Enero-Marzo del 2016 se recorrió dos veces por semana a diferentes horas del día, de forma aleatoria (Frutos y Belver, 2007), a fin de evitar posibles sesgos en la toma de datos relacionados a posiciones de las lagartijas. Dentro de la parcela, los animales fueron capturados con la ayuda de la técnica del lazo corredizo (Perovic *et al.*, 2008), que consiste de una caña o palo (panfish), con un lazo en su extremo construido con hilo dental, debido a que este se desliza suavemente y no lastima al animal (Figura 2a).

Con una cinta métrica (Figura 2b), se tomaron medidas morfométricas tales como longitud total (LT), longitud hocico-cloaca (LHC) y longitud cola (LC), para correlacionar el tamaño del cuerpo y el tamaño del ámbito hogareño, usando el coeficiente de correlación de Pearson (Morales-Mávil *et al.*, 2007) y se registró el sexo del individuo capturado mediante la observación de los colores en la parte ventral del cuerpo. La marcación se realizó mediante la sutura de chaquiras de colores en la base de la cola, con una hebra de monofilamento quirúrgico y se les asignó un número por orden de captura, según la metodología propuesta por Galdino *et al.* (2014). Posteriormente, los individuos capturados y marcados fueron liberados en el mismo lugar y observados con unos binoculares de 30 x 50, para no interferir en sus actividades (Figura 2c).

Con la ayuda de un GPS Garmin se registró en coordenadas UTM la posición geográfica de cada uno de los individuos capturados o relocalizados, con estos puntos de referencia se estimó el área de actividad. El tamaño y la forma del ámbito hogareño de cada individuo se obtuvieron mediante el programa Quantum GIS 2,8 (QGIS 2016). Los datos fueron analizados en el programa QED statistics (1.1.2).

Resultados

Se registró un total de 20 individuos (Tabla 1), las medidas morfométricas promedio fueron: longitud hocico-cloaca (LHC: $\bar{x} = 8 \text{ cm} \pm 0,72$); longitud de la cola (LC: $\bar{x} = 14 \text{ cm} \pm 1,34$); longitud total (LT: $\bar{x} = 22 \text{ cm} \pm 1,88$); la proporción de los sexos fue (1:1).

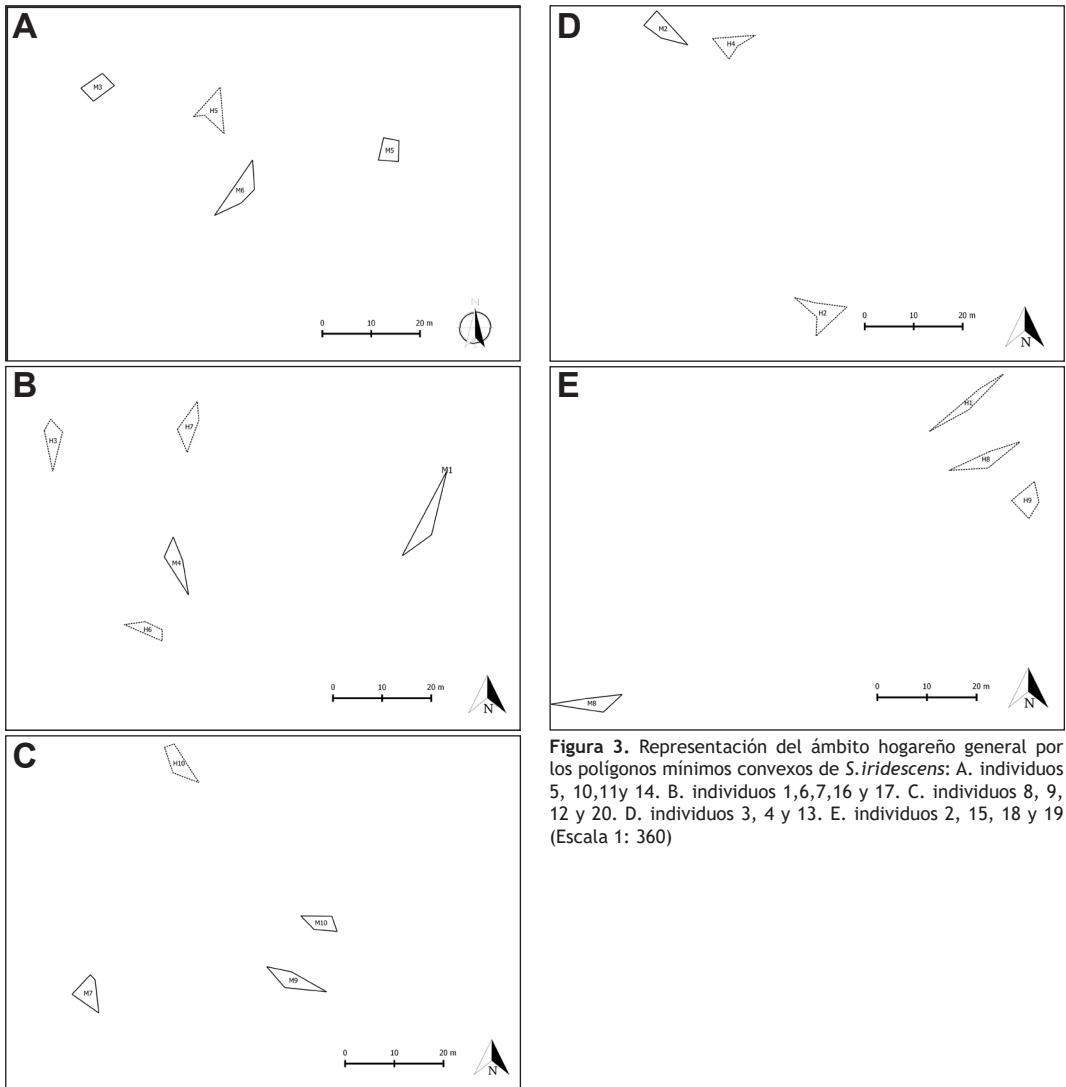


Figura 3. Representación del ámbito hogareño general por los polígonos mínimos convexos de *S. iridescens*: A. individuos 5, 10, 11 y 14. B. individuos 1, 6, 7, 16 y 17. C. individuos 8, 9, 12 y 20. D. individuos 3, 4 y 13. E. individuos 2, 15, 18 y 19 (Escala 1: 360)

Se obtuvieron un total de 20 ámbitos de hogar, a partir de un total de 80 puntos de desplazamiento, pertenecientes a 10 machos y 10 hembras, el número de puntos por individuo fue 4 y el tamaño promedio del ámbito de hogar es $\bar{x}=21\text{m}^2 \pm 1.92$, $n=20$. El menor polígono registrado correspondió al individuo 16 con $13,12\text{ m}^2$ y el mayor al individuo 1, con un tamaño de $31,52\text{ m}^2$; por lo tanto, se estima que la forma de los polígonos fue variable y no fue determinante en la estimación del tamaño del AH (Figura 3).

Se registraron diferencias significativas para la (LT) de machos ($\bar{x}=24\text{ cm} \pm 2,24$ $n=10$) y hembras ($\bar{x}=20\text{ cm} \pm 2.46$ $n=10$); (t student= 2.47, $P = <0.05$). No se encontraron diferencias significativas entre el tamaño del AH de machos ($\bar{x}=22\text{ m}^2 \pm 3,28$ $n=10$) y hembras ($\bar{x}=20\text{m}^2 \pm 2.03$ $n=10$) (t student= 0.96, $P = >0.05$).

Se determinó una correlación positiva de ($r= 0.89$) entre la longitud total (LT) y el ámbito de hogar (AH)

($r^2= 0.8$), lo que indica que tienen una relación directa (Figura 4).

Discusión

El tamaño promedio del ámbito de hogar de *S. iridescens* fue de 21 m^2 para un total de 4 relocalizaciones por individuo diferente a los resultados mostrados por Morales-Mávil *et al.* (2007), donde el tamaño promedio del AH de *Iguana iguana* fue de $9.605,2\text{ m}^2$ para un total de 30 relocalizaciones por individuo, esta diferencia de tamaño de ámbito de hogar posiblemente se atribuye al número de relocalizaciones, por lo que se considera que se debería determinar un umbral mínimo para el número de avistamientos utilizados para estimar el ámbito de hogar, ya que en la mayor parte de los estudios arbitrariamente asumen el número mínimo de observaciones para estimar los ámbitos de hogar (Passos, 2015).

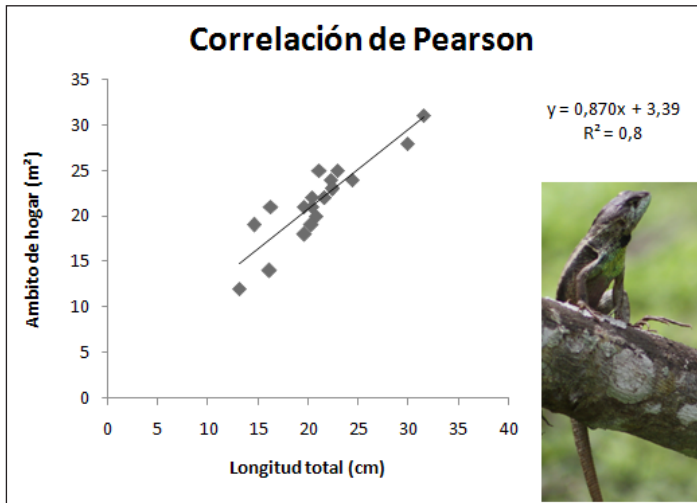


Figura 4. Correlación entre la longitud total y el tamaño del ámbito hogareño general de los individuos de *S. iridescens*.

Los ámbitos de hogar de machos y hembras de *S. iridescens* no mostraron diferencias significativas. Este resultado es igual a lo reportado en *Liolaemus melanops* (Squamata: Liolaemidae) en el centro de la provincia de Chubut, Argentina (Frutos *et al.*, 2007), donde no existieron diferencias en cuanto al tamaño del AH entre machos y hembras, al igual que los resultados de Kacolis *et al.* (2009) en *Liolaemus multimaculatus* (Squamata: Liolaemidae), donde no se encontraron diferencias significativas entre los sexos.

Así mismo el resultado difiere con lo obtenido por Frutos y Belver (2007) donde el tamaño promedio del dominio vital de los machos fue aproximadamente 3,5 veces mayor que el de las hembras. Este resultado es similar, al encontrado en *L. koslowskyi* (Squamata: Liolaemidae) en el monte de la provincia de La Rioja, Argentina (Frutos, 2001), donde los machos tienen ámbitos de hogar 5,6 veces mayores que los de las hembras.

Se encontró una correlación positiva entre el tamaño corporal (LT) y el tamaño del ámbito de hogar de *S. iridescens*. Esto es similar a lo reportado por Frutos y Belver (2007) donde se encontró una relación positiva y significativa entre el largo hocico-cloaca y el tamaño del ámbito de hogar ($r = 0,41$; $p < 0,05$; $n=54$). Este resultado difiere a lo reportado por Frutos *et al.* (2007), donde se encontró una correlación negativa en cuanto al tamaño corporal (LT) y el tamaño del AH.

Conclusión

La correlación entre las variables (AH) y (LT) fue positiva, indicando si el tamaño corporal aumenta, el tamaño del ámbito de hogar también, por lo que se estima que esta variable biológica es un factor importante en la medición del AH en esta especie. Esta es una herramienta básica para el manejo y

conservación de saurios en los bosques secos en la región occidental del Ecuador.

Recomendaciones

Replicar trabajos similares en la misma especie considerando otras variables físicas como disponibilidad de refugio, temperatura, humedad, precipitación, heliofanía, etc.; y variables biológicas como cobertura vegetal, interacciones inter e intraespecíficas, características morfológicas, etc., las cuales pueden influir en el tamaño del ámbito de hogar.

Replicar esta metodología en otras especies que tengan un interés especial de conservación, o que sean endémicas de bosques secos como *Microlopus occipitalis*, *M. peruvianus*, *Dricodon guttulatum* y *Stenocercus puyango*, o que poseen alguna categoría de amenaza, como *Callopistes flavipunctatus* (EN).

Referencias

- Aguirre, Z. y L. Kvist. 2005. Composición florística y estado de conservación de los bosques secos del sur-occidente del Ecuador. *Lyonia a Journal of Ecology and Application*, 8:41-67.
- Albuja, L., A. Almendáriz, R. Barriga, L. D. Montalvo, F. Cáceres y J. L. Román. 2012. Fauna de Vertebrados del Ecuador. Instituto de Ciencias Biológicas. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Almendáriz, A., P. Hamilton, C. Mouette y C. Robles. 2012. Análisis de la herpetofauna de los bosques secos y de transición de la Reserva Biológica Tito Santos, Manabí-Ecuador. *Revista Politécnica*, 30:62-68.
- Anich, N., T. Benson y J. Bednarz. 2009. Estimating Territory and Home-Range Sizes: Do Singing Locations Alone Provide an Accurate Estimate of Space Use. *The Auk*, 126(3):626-634.
- Burt, W. 1943. Territoriality and home range concepts applied to mammals. *Journal of Mammalogy*, 24: 346-352.

- Brennan, R. 2010. Un Estudio Ecológico de las Lagartijas del Valle Seco de Buenavista y de los Valles Húmedos de La Josefina y Salango. *Independent Study Project (ISP) Collection*, Paper 828. doi:10.1655/HERPMONOGRAPHS-D-10-00009.1
- Calenge, C. 2011. Home range estimation in R: the adehabitat HR package. Office national de la chasse et de la faunesauvage. Saint Benoist, France. URL: <http://cran.r-project.org/web/packages/adehabitatHR/vignettes/adehabitatHR.pdf> (accedido Enero 19, 2016).
- Christian, K. y S. Waldschmidt. 1984. The relationship between lizards Home Range and body size: a reanalysis of the data. *Herpetologica*, 40: 68-75.
- Cun, E. 2012. Evaluación de la Efectividad de Manejo del Bosque Protector Cerro Blanco (BPCB) como Estrategia en la Planificación y Gestión de la Reserva (Provincia del Guayas-Ecuador). Tesis Mag. Sc. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil. Ecuador. 72 pp.
- Díaz, M. y E. Baus. 2001. Evaluación Ecológica Rápida de la Herpetofauna en los Bosques Secos de La Ceiba y Cordillera Arañitas, provincia de Loja, Ecuador. Pp. 37-46. En: Vázquez, M.A., M. Larrea, L. Suárez y P. Ojeda (Eds.). Biodiversidad en los bosques secos del suroccidente de la provincia de Laja: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas. EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, Herbario LOJA y Proyecto Bosque Seco. Quito.
- Dodson, C. H. y A. H. Gentry. 1991. Biological extinction in western Ecuador. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 78(2):273-295
- Downs, J. y M. Horner. 2009. A characteristic-hull based method for home range estimation. *Transactions in GIS*, 13:527-537.
- Edgar, P., J. Foster y J. Baker. 2010. Reptile Habitat Management Handbook. Bournemouth: Amphibian and Reptile Conservation, Bournemouth.
- Fieberg, J., y C. Kochanny. 2005. Quantifying home-range overlap: the importance of the utilization distribution. *Journal of Wildlife Management*, 69:1346-1359.
- Frutos, N. y L. Belver. 2007. Dominio vital de *Liolaemus koslowskiyi* Etheridge, 1993 (Iguania: Liolaemini) en el noroeste de la provincia de La Rioja, Argentina. *Cuadernos de Herpetología*, 21:83-92.
- Frutos, N., L. Camporro y L. Avila. 2007. Ámbito de hogar de *Liolaemus melanops* Burmeister, 1888 (Squamata: Liolaemini) en el centro de Chubut, Argentina. *Gayana* 71(2):142-149.
- Galdino, C., G. Horta, y R. Young. 2014. An update to a bead-tagging method for marking lizards. *Herpetological Review*, 45:587-589.
- García, M. 2013. Aspectos ecológicos de *Gerrhonotus infernalis* (Sauria: Anguidae) en el Parque Ecológico Chipinque, San Pedro Garza García, Universidad Autónoma de Nuevo León. México. Tesis de grado presentada como requisito parcial para obtener el Grado de DOCTOR EN CIENCIAS.
- Gaston, K. 2000. Global patterns in biodiversity. *Nature*, 405:220-227
- Gómez, C., L. Corrochano, C. Rodríguez-Barea y A. Villamarín. 1987. Evaluación de diferentes métodos para estimar el área de campeo de dos especies de iguanidos simpátricos. *Acta Vertebrata*, 14.
- Haenel, G., L. Smith y H. John-Alder. 2003a. Home Range analysis in *Sceloporus undulatus* (Eastern Fence Lizard). I. Spacing patterns and the context of territorial behavior. *Copeia*, 99-102.
- Haenel, G., L. Smith y H. John-Alder. 2003b. Home Range analysis in *Sceloporus undulatus* (Eastern Fence Lizard). II. A test of spatial relationships and reproductive success. *Copeia*, 113-123.
- Hernández-Gallegos, O., López-Moreno, A., Méndez-Sánchez, J., Rheubert, J., & Méndez-de la Cruz, F. 2015. Ámbito hogareño de *Aspidoscelsis cozumela* (Squamata, Teiidae): una lagartija partenogenética microendémica de Isla Cozumel, México. *Revista de Biología Tropical*, 63 (3): 771-781
- Horstman, E. 1998. Plan de Manejo del Bosque Protector Cerro Blanco. Guayaquil. 121 pp.
- Horstman, E. y S. Carabayo. 2005. Estrategia para el establecimiento de un corredor biológico para la conservación del Bosque Protector Cerro Blanco con énfasis en el Guacamayo Verde Mayor *Ara ambigua guayaquilensis*. Tesis previa a la obtención del título de máster en Manejo de Recursos Renovables III. Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil-Ecuador. 178 pp.
- Kacolaris, F., J. Williams, C. Ruiz y C. Cassino. 2009. Home range size and overlap in *Liolaemus multimaculatus* (Squamata: Liolaemidae) in Pampean Coastal Dunes of Argentina. *South American Journal of Herpetology*, 4(3):229-234.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) 2013. Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.
- Montaño, R., Cuéllar, R., Fitzgerald, L., Mendoza, F., Soria, F., Fiorello, C. y A. Noss. 2013. Activity and ranging behavior of the Red Tegú lizard *Tupinambis rufescens* in the Bolivian Chaco. *South American Journal of Herpetology*, 8:81-88. doi:10.2994/SAJH-D-13-00016.1
- Morales-Mávil, J., R. Vogt y H. Gadsden-Esparza. 2007. Desplazamientos de la iguana verde, *Iguana iguana* (Squamata: Iguanidae) durante la estación seca en La Palma, Veracruz, México. *Rev. Biol. Trop.*, 55 (2):709-715.
- Perovic, P., C. Trucco, A. Tálamo, V. Quiroga, D. Ramallo, A. Lacci, A. Baungardner y F. Mohr. 2008. Guía técnica para el monitoreo de la biodiversidad. Programa de Monitoreo de Biodiversidad-Parque Nacional Copo, Parque y Reserva Provincial Copo, y Zona de Amortiguamiento. APN/GEF/BIRF. Salta, Argentina.
- Perry, G. y T. Garland Jr. 2002. Lizard Home Ranges revisited: Effects of sex, body size, diet, habitat, and phylogeny. *Ecology*, 83:1870-1885.
- Powell, R. A. 2000. Animal home ranges and territories and home range estimators: 65-110. En: Bottani L. y T. K. Fuller (eds.). Research techniques in animal ecology: controversies and consequences. Columbia University Press, New York, NY, USA.
- QGIS. 2016. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://www.qgis.org/>
- Radder R., S. Saidapur y B. Shanbhag. 2005 Population density, microhabitat use and activity pattern of the Indian rock lizard, *Psammophilus dorsalis* (Agamidae). *Current Science*, 89:560-566.
- Ribeiro, L., B. Souza y S. Gomides. 2009. Range structure, microhabitat use, and activity patterns of the saxicolous lizard *Tropidurus torquatus* (Tropiduridae) on a rock outcrop in Minas Gerais, Brazil. *Revista Chilena de Historia Natural*, 82:577-588. doi:10.4067/S0716-078X2009000400011
- Rose, B. 1982. Lizard Home Ranges: Methodology and Functions. *Journal of Herpetology*, 16(3):253-269.
- Sierra, R. 2013. Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010 y un acercamiento a los próximos 10 años. *Conservación Internacional Ecuador y Forest Trends*. Quito, Ecuador.
- Torres-Carvajal, O. 2000. Ecuadorian lizards of the genus *Stenocercus* (Squamata: Tropiduridae). University of Kansas. *Scientific papers of the Natural History Museum*, 15:1-38.
- Torres-Carvajal, O. 2007. A taxonomic revision of South American *Stenocercus* (Squamata: Iguania) lizards. *Herpetological Monographs*, 76-178.
- Verwaijen, D. y R. Van Damme. 2008. Wide home ranges for widely foraging lizards. *Zoology*, 111:37-47.
- Wen-san, G. 2006. Ecology and reproductive patterns of the grass lizards, *Takydromus sauteri*, in a tropical rain forest of an East Asian Island. *Journal of Herpetology*, 40(2):

267-273.

Wone, B. y B. Beauchamp. 2003. Movement, home range and activity patterns of the horned lizard, *Phrynosoma marmoratum*. *Journal of Herpetology*, 37(4): 679-686.

Worton, B. 1989. A review of models of home range for animal movement. *Ecological Modelling*, 38:277-98.

Yépez, A., y J. Villa. 2010. Sucesión vegetal luego de un proceso de restauración ecológica en un fragmento de bosque seco tropical (La Pintada, Antioquia). *Revista Lasallista de Investigación*, 7: 24-34.

Cuantificación y caracterización química de exopolisacáridos (EPS) producidos por una cepa de *Penicillium* sp. aislada de la Antártida

Quantification and chemical characterization of exopolysaccharides (EPS) produced by a strain of *Penicillium* sp. isolated from Antarctica

Jaime Santos^{1,*}, Kleber León², Jean Alcívar²,
Edwin Flores² & Santiago Olivares²

¹ Docente de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil,
Laboratorio de Biotecnología. Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo (Campus
Mapasingue), 04-3080777 ext. 218 Guayaquil, Ecuador.

² Estudiante de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil,
Laboratorio de Biotecnología, Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo (Campus
Mapasingue), 04-3080777 ext. 218 Guayaquil, Ecuador.

Recibido 4 de agosto 2016; recibido en forma revisada 15 de noviembre 2016, aceptado 14 de noviembre 2016
Disponible en línea 31 de diciembre 2016

Resumen

El interés en la producción de exopolisacáridos (EPS) a nivel mundial se ha incrementado debido a la versatilidad en sus usos como biosurfactantes, emulgentes, antibióticos entre otros. El objetivo de este proyecto fue determinar la producción de EPS de una cepa del hongo *Penicillium* sp., aislado de la Antártida. El ensayo se realizó bajo un diseño factorial en dos medios de cultivo MEB y PDB, los cuales se evaluaron bajo las siguientes condiciones: temperatura 25 °C y 30 °C; pH: 6, 7 y 8; y agitación constante a 130 rpm. La composición química de los EPS evaluados en el presente estudio fueron carbohidratos, proteína, restos acetilo, restos piruvato y hexosaminas. Los mejores resultados obtenidos fueron: proteínas 9,984±1.5 µg/g en MEB, pH 8 y 25 °C, restos de acetilo 2742±1983 µg/g en PDB, pH 6 a 30 °C, carbohidratos 2,5495±1.43 µg/g en PDB, pH 8 a 25 °C, hexosaminas 7.53±6.41 mg/g en PDB, pH 6 a 30 °C y restos de piruvato 4242±3087 µg/g en PDB, pH 8 a 25 °C. La producción de EPS dependió de los parámetros a las que el hongo fue sometido, siendo el pH y la temperatura factores determinantes en el proceso. Además, se determinó que no existe correlación entre la producción de biomasa y los EPS.

Palabras claves: Carbohidratos, exopolisacáridos, hexosaminas, piruvato, *Penicillium* sp., restos de acetilo.

Abstract

The worldwide interest on exopolysaccharides (EPS) production has increased due to the versatility in its uses as biosurfactants, emulsifiers, and antibiotics among others. The aim of this work was to determine EPS production from a strain of *Penicillium* sp. isolated from Antarctica. The assay was performed under a factorial design on MEB and PDB culture media, those were evaluated under the following conditions: temperature 25 °C and 30 °C; pH: 6, 7, and 8; and a constant stirring at 130 rpm. The chemical composition of EPSs tested in the present study were carbohydrates, protein, acetyl residues, pyruvate residues and hexosamines. The best results were: proteins 9,984±1.5 µg/g in MEB, pH 8 and 25 °C, acetyl residues 2742±1983 µg/g in PDB, pH 6 at 30 °C, carbohydrates 2,5495±1.43 µg/g in PDB, pH 8 to 25 °C, hexosamines 7.53±6.41 mg/g in PDB, pH 6 at 30 °C and residues of pyruvate 4242±3087 µg/g in PDB, pH 8 at 25 °C. The production of EPS depends on the parameters under which the fungus was submitted, among those, pH and temperature were the determining factors on the process. In addition, no proportional correlation between biomass production and EPS was determined.

Key words: Acetyl residues, carbohydrates, exopolysaccharides, hexosamines, pyruvate, *Penicillium* sp.

* Correspondencia del autor:
E-mail: j.santos2387@gmail.com



Introducción

Los polisacáridos son carbohidratos relativamente complejos, es decir; que constan de uniones de monosacáridos, estos polisacáridos se caracterizan por poseer una propiedad de adherencia o viscosidad, por lo que actualmente están siendo estudiados debido a su alto interés comercial (Laroche y Michaud, 2007).

La composición química de los EPS está constituida fundamentalmente por carbohidratos, aunque con diversos sustituyentes orgánicos en su composición como restos acetilo, restos piruvatos, hexosaminas y proteínas, las cuales le confieren características ácidas al EPS (Gómez, 2006; Paris, 2009).

Existen EPS de origen microbiano que poseen funciones viscosantes, emulgentes y estabilizadoras; estas propiedades las han adquirido hongos y bacterias como evolución para poder adherirse y adaptarse a sustratos u otros medios (Mathur y Mathur 2006).

Algunas especies de hongos han sido estudiados en los últimos años por ser productores de EPS, tales como: *Ganoderma lucidum*, *Agaricus blazi*, *Cordyceps sp.*, *Lentinus edodes* y *Grifola frondosa*, estos reportan actividades biológicas interesantes que van a depender de las condiciones físicas a las que sea sometido el hongo como también del medio de cultivo y su composición (Yang y He, 2008).

La producción de EPS a partir de microorganismos ofrece una variedad de alternativas para su utilización en las industrias farmacéuticas y cosméticas, además de su uso como estabilizadores en la industria alimenticia, un claro ejemplo de polisacáridos de origen microbianos es el xantano (Sutherland, 2002). El objetivo del presente estudio fue caracterizar por espectrofotometría de luz visible los principales

componentes químicos de los exopolisacáridos producidos por una cepa de *Penicillium sp.*, aislada de la Antártida.

Materiales y métodos

Material Biológico

La cepa de *Penicillium sp.* fue aislada de la Antártida y reposa en el Laboratorio de Biotecnología a -40°C con un crioprotectante para su mantenimiento, su identificación se estableció mediante el trabajo propuesto por Samson (1990; Fig. 1).

Diseño experimental

El ensayo se realizó bajo un diseño factorial en dos medios de cultivo Extracto de Malta Broth (MEB): dextrosa 15 g, peptona 1 g, extracto de malta 20 g y agua destilada 1000 mL y Papa Dextrosa Broth (PDB): extracto de papa 200 g, dextrosa 20 g, agua destilada 1000 mL, los cuales fueron ajustados a un volumen final de 150 mL y la salinidad de 30 ppt. Las condiciones bajo las cuales se evaluó la producción de EPS fueron las siguientes: temperatura 25°C y 30°C ; pH: 6, 7 y 8; y agitación constante a 130 rpm.

Extracción de EPS

Luego de obtener la biomasa, los EPS se extrajeron mediante filtración habitual empleando embudo y gasa para lograr la separación entre el líquido y el micelio.

Una vez separado la biomasa del medio de cultivo se precipitó con etanol al 98% frío con una proporción igual a tres veces el volumen, debido a que el etanol bloquea las interacciones entre el agua y el EPS.

Luego de la precipitación, el sustrato se centrifugó a 7000 rpm por 10 minutos. Posteriormente, se solubilizó empleando agua destilada para una mejor

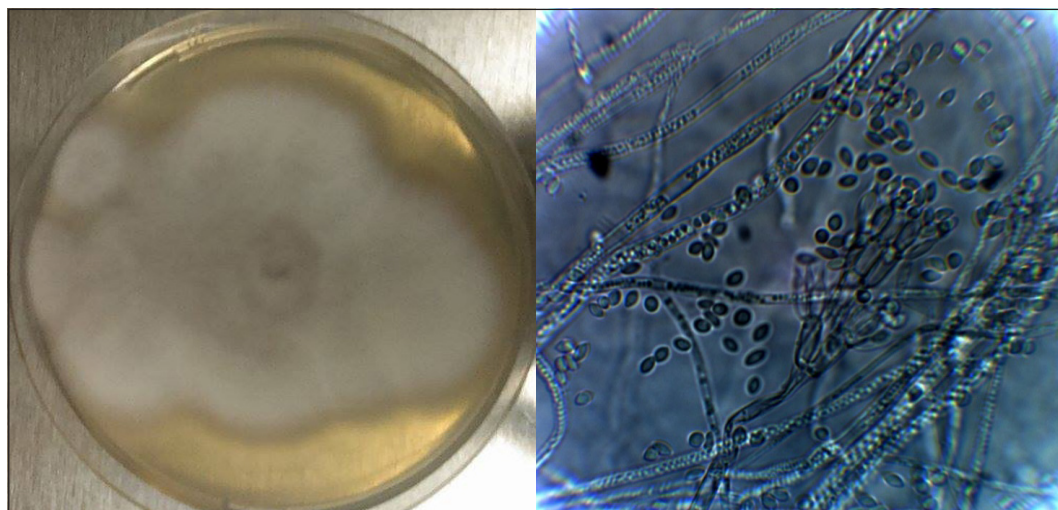


Figura 1. Cepa de *Penicillium sp.* a la izquierda, foto macroscópica de la colonia (color rosado claro); a la derecha, fotografía microscópica 10x de la cepa.

purificación de los EPS. Los restos de impurezas fueron separados mediante centrifugación a 7000 rpm por 60 minutos. Los EPS obtenidos de manera pura fueron sometidos a un proceso de secado a 60 °C durante 48 horas, pulverizados mediante mortero para su posterior pesado.

Caracterización de EPS

La caracterización química se realizó mediante espectrofotometría con el equipo Genesys 20Vis Thermo scientific, las técnicas utilizadas fueron las siguientes: carbohidratos (Dubois *et al.*, 1956), proteínas (Bradford, 1976), restos acetilo (McComb y McCready, 1957), restos piruvato (Sloneker y Danutes, 1962) y hexosaminas (Johnson, 1971).

Resultados

Variables evaluadas

La mayor producción de EPS se observó empleando PDB con un valor de 0.524±0.00 g/mL, a 25 °C y pH 7; mientras que el menor rendimiento fue de 0.0267±0.00 g/mL empleando MEB a 25 °C y pH 8 (Fig. 2).

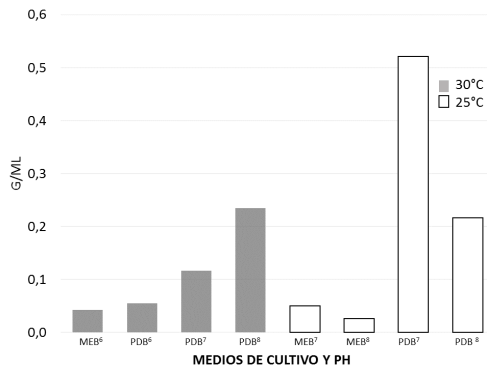


Figura 2. Producción de EPS bajo las condiciones de temperatura, pH y medios de cultivo.

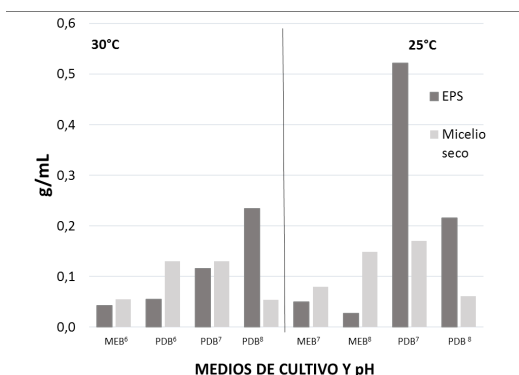


Figura 3. Comparación entre los EPS y la biomasa a temperaturas de 30°C y 25°C

Se evidenció que en el medio MEB hubo una mayor producción de biomasa y baja producción de EPS

comparadas con PDB. En medio PDB se obtuvieron los mejores resultados de EPS 0.2346±0.002 g/mL y 0.524±0.002 g/mL valores correspondientes a 30 °C y 25 °C, respectivamente. A pH 6 a 25 °C no se obtuvieron EPS, a 30 °C bajo estas mismas condiciones de pH los valores fueron los más bajos en MEB 0.0425±0.01 g/mL y PDB 0.0550±0.001 g/mL (Fig. 3).

Caracterización química

Proteínas

Las mayores concentraciones de proteínas se dieron en los EPS producidos a 25 °C en MEB con valores de 4,185±0.47 µg/g y 9,984±0.15 µg/g a pH 7 y 8, respectivamente. Además, no existió una correlación entre la cantidad de EPS producidas y las concentraciones de proteínas (Navon *et al.*, 1995). Hay que tener en cuenta que la concentraciones proteicas le dan una actividad emulgente a estos polisacáridos (Fig. 4).

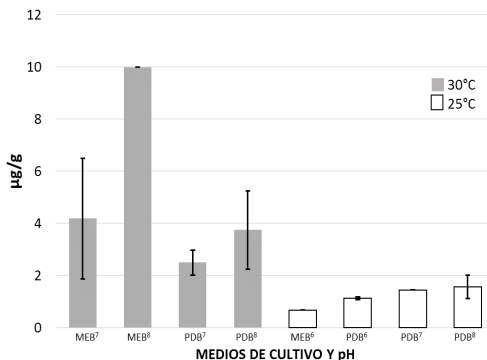


Figura 4. Concentraciones de proteínas en los EPS obtenidos en los diferentes ensayos.

Restos Acetilo

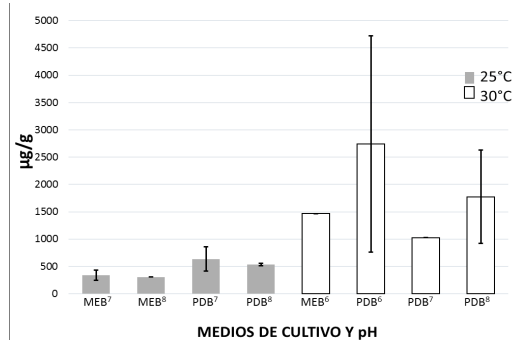


Figura 5. Concentraciones de restos acetilo en los EPS producidos.

Las concentraciones más altas en restos de acetilo se dieron en PDB, pH 6 a 30°C, con un valor de 2742±1983 µg/g. Cabe recalcar que los grupos acetilos le confieren un carácter hidrófobo a los EPS aportándole una propiedad emulgente a estos, aunque también pueden afectar la capacidad gelificante como el

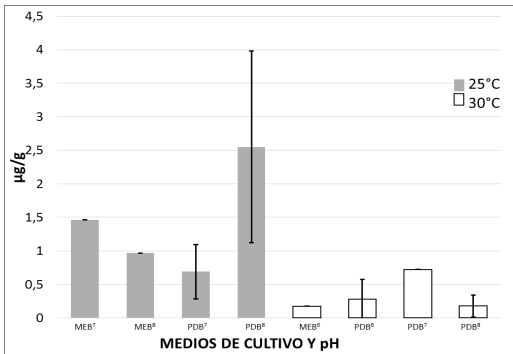


Figura 6. Contenido de carbohidratos totales en las muestras de EPS obtenidas.

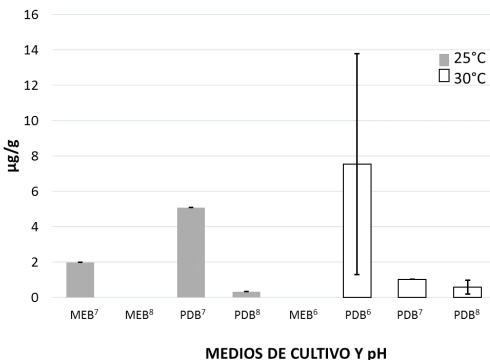


Figura 7. Concentraciones de hexosaminas presente en los EPS.

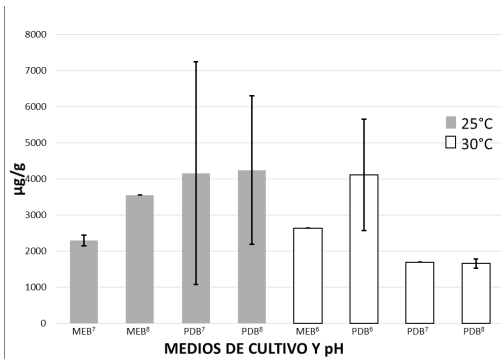


Figura 8. Concentraciones de piruvatos en EPS.

caso de ciertos alginatos (Ashtaputre y Shah, 1995). Además, no se encontró una correlación entre los EPS producidos y las concentraciones de restos acetilo (Fig. 5).

Carbohidratos

La producción de carbohidratos tuvo una mayor concentración en PDB, pH 8 a 25°C con un valor de 2,5495±1.43 µg/g. También se evidenció que a 25°C existe una mayor presencia de carbohidratos comparados con los resultados obtenidos a 30°C. Hay que tener en cuenta que los carbohidratos presentes en los EPS son muy importantes debido

a que la estructura de los mismos se encuentra formada por homopolímeros y heteropolímeros, los cuales, dependiendo de su configuración van a otorgar sus características físicas al EPS, como elasticidad, pseudoplasticidad y viscosidad (Limberg, 1990; Fig. 6).

Hexosaminas

La mayor producción de hexosaminas se dio en PDB, pH 6 a 30°C, con un valor 7.53±6.41 mg/g; la menor presencia de hexosaminas se observó en PDB, pH 8 a 25°C, con un valor 0,32±0.00 mg/g. Se observó que las variaciones en la producción de hexosaminas no mostraron una relación directa con las variables estudiadas, ni la producción de EPS (Fig. 7).

Restos de piruvatos

Los valores obtenidos en los análisis de piruvatos fueron de 4242±3087 µg/g en PDB, pH 8 a 25°C, siendo este el más alto, pero cabe recalcar que los piruvatos presentaron un aumento progresivo a medida que aumentó el pH, siendo indiferente el medio de cultivo utilizado a temperaturas de 25°C, a diferencia de los piruvatos presentes a 30°C, en donde éstos son muy variables. La presencia de piruvatos les da una carga neta negativa a las moléculas, otorgándole mayor viscosidad y termoestabilidad a los EPS (Gamini y Mandel, 1994; Fig. 8).

Discusión

Las condiciones del medio de cultivo van a favorecer a un crecimiento celular, pero no necesariamente este aumento en la producción de biomasa va ser proporcional a la producción de los exopolisacáridos, como ocurrió en este caso. La presencia de fuentes de carbono, nitrógeno y azúcar en los medios de cultivo son necesarios para la activación de la síntesis de EPS. En este estudio ese factor no se tomó en cuenta para los análisis, pero cabe mencionar que a pesar de tener una variación de composición en los medios de cultivo si se observa la relación EPS-Biomasa, estos al ser evaluados bajo las mismas condiciones presentaron diferencias de producción mayores o menores de EPS dependiendo de las variables temperatura-pH más que de la composición del medio. Estos resultados coinciden con los de otros autores (Cheirslip *et al.*, 2001; Gorret *et al.*, 2001), quienes atribuyen que el crecimiento y la producción de EPS tienen requerimientos nutricionales diferentes debido a que los hongos adquieren mayor producción de exopolisacáridos como evolución para poder adherirse y adaptarse a sustratos u otros medios.

Conclusión

La producción de EPS depende de las condiciones a las que la cepa del hongo antártico *Penicillium sp.* sea sometido. De este modo, la mayor producción de EPS se presentó a 25°C, con un pH 7 y empleando PDB como medio de cultivo; el pH y la temperatura son los factores determinantes. Además, se registró que

no existe correlación entre la producción de biomasa y los EPS.

Las concentraciones de carbohidratos, proteínas, restos acetilo, piruvatos y hexosaminas presentes en los EPS están regidas a las condiciones físico-químicas a las que el hongo se ha expuesto, mas no a las cantidades de EPS y biomasa producidas.

Recomendaciones

Realizar una caracterización química de sustituyentes como fosfatos y sulfatos ya que estos le dan una característica ácida a los EPS.

Determinar los carbohidratos que poseen éstos EPS ya sean homopolímeros o heteropolímeros.

Realizar un análisis para determinar propiedades reológicas de la cepa del hongo antártico *Penicillium* sp., basándonos en el interés comercial que tienen estos exopolisacáridos y sus propiedades como elasticidad, viscosidad y pseudoplasticidad.

Referencias

- Ashtaputre, A. A y A. K. Shah. 1995. Emulsifying property of a viscous exopolysaccharide from *Sphingomonas paucimobilis*. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 11:219-222.
- Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem.*, 72:248-254.
- Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers y F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28:350-356.
- Cheirstip, B., H. Shimazu y S. Shioya. 2001. Modelling and optimization of environmental conditions for kefiran production by *Lactobacillus kefiranofaciens*. *Appl. Microbiol. Biot.*, 57:639-46.
- Gamini, A. y M. Mandel. 1994. Physicochemical properties of aqueous xanthan solution: static light scattering. *Biopolymers*, 34:783-797.
- Gómez Mata, J. A. 2006. Caracterización de los exopolisacáridos producidos por microorganismos halófilos pertenecientes a los géneros *Halomonas*, *Alteromonas*, *Idiomarina*, *Palleronia* y *Salipiger*. Tesis doctoral. Universidad de Granada. <http://digibug.ugr.es/bitstream/10481/973/1/16115946.pdf>
- Gorret, A., N. Maubols, J. Engasser y J. Ghoul, 2001. Study of the effect of temperature, pH and yeast extract on growth and exopolysaccharide production by *Propionibacterium acidipropionici* on milk microfiltrate using a response surface methodology. *J. Appl. Microbiol.*, 90:788-796.
- Johnson, A. R. 1971. Improved method of hexosamine determination. *Anal Biochem.* 44:628-635.
- Laroche, C. y P. Michaud. 2007. New Developments and Prospective Applications for (1, 3) Glucans, Recent, *Patents Biotechno.*, 1:59-73.
- Limberg, B. 1990. Components of bacterial polysaccharide. *Adv. Carbohydr. Chem. Biochem.*, 48:279-318.
- McComb, E. A. y R. M. McCready. 1957. Determination of acetyl in pectin and in acetylated carbohydrate polymers. *Anal. Chem.*, 29(5):819-821.
- Mathur, V. y N. Mathur. 2006. Microbial polysaccharides based food hydrocolloid additives, *Sci. Tech. Enterprise*: 1-10.
- Navon-Venezia, S., Z. Zosim, A. Gottlieb, R. Legmam, S. Carmeli, E. Z. Ron y E. Rosemberg. 1995. Alasam: A new bioemulsifier from *Acinetobacter radioresistens*. *Applied Environmental Microbiology*, 61:3.240-3.244.
- Paris, X. 2009. *Obtención de exopolisacáridos de interés industrial a partir de lactosuero y permeatos*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. <http://hera.ugr.es/tesisugr/18101604.pdf>
- Samson, P. 1990. Modern concepts in *Penicillium* and *Aspergillus* classification, Vol. 185. Plenum Press. New York and London.
- Sloneker, J. H. y G. Danutes. 1962. Pyruvic Acid, a Unique Component of an Exocellular Bacterial Polysaccharide, *Nature*, 194:478-479.
- Sutherland, I.W. 2002. Microbial polysaccharides: current products and future trends. *Microbiol. A sticky business*,70-71.
- Yang, H. y G. He. 2008. Influence of nutritional conditions on exopolysaccharide production by submerged cultivation of the medicinal fungus *Shiraia bambusicola*. *World J. Microb. Biot.*, 24(12):2903-7.

Período reproductivo de *Ucides occidentalis* en el Golfo de Guayaquil, Ecuador

Reproductive period of *Ucides occidentalis* in the Gulf of Guayaquil, Ecuador

René Zambrano

Proceso de Investigación de Recursos Bioacuáticos y su Ambiente, Instituto Nacional de Pesca, Letamendi #102 y La Ría, Guayaquil 90308, Guayas, Ecuador
Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana, Hidalgo 617, Col. Río Jamapa, Boca del Río 94290, Veracruz, México

Recibido 3 de agosto 2016; recibido en forma revisada 8 de noviembre 2016, aceptado 14 de diciembre 2016
Disponible en línea 31 de diciembre 2016

Resumen

El objetivo de este trabajo es determinar el periodo reproductivo de *Ucides occidentalis* y mostrar su variación espacio-temporal en el Golfo de Guayaquil. El período reproductivo se estableció según la relación mensual de la presencia/ausencia de hembras ovígeras en las áreas de manglar. Los sitios de muestreo fueron Mondragón, Churute y Naranjal, todos en la provincia del Guayas. Se analizó la variación interanual de la reproducción, por separado y en conjunto. El período reproductivo varió entre cuatro y cinco meses, iniciando entre diciembre y enero, su término fue entre abril y mayo. Se observaron variaciones entre años y sitios de muestreo, Naranjal y Churute mostraron un pico reproductivo en 2012 (marzo) y dos en 2013-2014 (enero y marzo) mientras que, Mondragón presentó uno en 2012 (abril) y 2014 (marzo) y dos en 2013 (enero y marzo). La veda reproductiva actual protege parcialmente a *Ucides occidentalis*, por lo tanto, se sugiere aplicar un manejo pesquero adaptativo con la plena cooperación de los pescadores para optimizar la recuperación natural del stock y un uso sustentable del recurso, con un bajo impacto económico y social.

Palabras claves. Cangrejo de manglar, Ecuador, hembras ovígeras, pico reproductivo, reproducción, *Ucides occidentalis*.

Abstract

The aim of this work is determining the reproductive period and display the spatio-temporal variation of *Ucides occidentalis* in the Gulf of Guayaquil. The reproductive period was determined by the monthly recording of presence/absence of ovigerous females of *U. occidentalis* in mangroves. Mondragón, Churute and Naranjal were the sampling sites and, all of those are in the province of Guayas located. Inter-annual variation of reproductivity on each site and in all set, were also analyzed. Reproductive stage was recorded on a period of four to five months, starting from December or January and finishing on April or May. Variations among years and sampling sites were observed. Naranjal and Churute displayed one reproductive peak in 2012 (March) and two peaks between 2013-2014 (January and March, respectively), whereas Mondragón presented one peak in 2012 (April) and 2014 (March), respectively, and two peaks on 2013 (January and March, respectively). The current reproductive closed season partially protects *Ucides occidentalis*, therefore, it is suggested to apply an adaptive management based on a full cooperation of fishermen to optimize the natural stock recovery, and sustainable use of the resource with a low economic and social impact.

Keywords. Ecuador, mangrove crab, ovigerous females, reproduction, reproductive peak, *Ucides occidentalis*.

Introducción

La reproducción es un evento biológico de alta importancia para todos los organismos ya que asegura

la perpetuidad de las especies. Los Braquiuros tienen como estrategia reproductiva la iteroparidad, esta puede ser estacional (época específica) o continua (todo el año), con variaciones relacionadas a factores

* Correspondencia del autor:
E-mail: eddie_zam89@hotmail.com



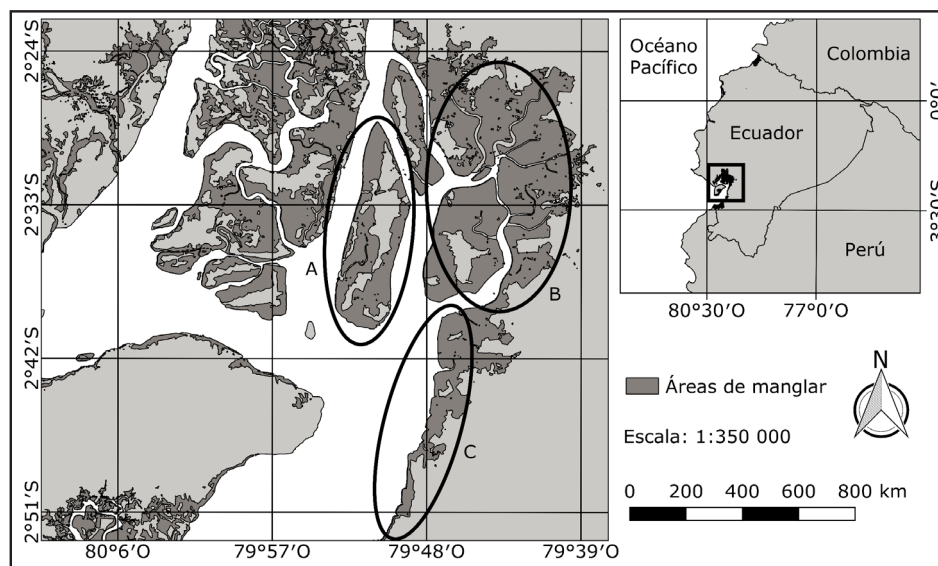


Figura 1. Áreas de manglar en el Golfo de Guayaquil, Ecuador, donde habita el cangrejo rojo, *Ucides occidentalis* (Ortmann, 1897). Sitios de muestreo: A. Mondragón. B. Reserva Ecológica Manglares Churute. C. Naranjal.

ambientales y al hábitat (Santos & Negreiros-Fransozo, 1999; Litulo, 2005; Lira *et al.*, 2013).

Convencionalmente, el período reproductivo se determina mediante la observación directa de hembras ovigeras a través del tiempo, cópulas y desarrollo gonadal (Araújo *et al.*, 2011). En especies comerciales, determinar el lapso de reproducción es sumamente importante, debido a que puede ser sustento de medidas de manejo que promuevan una recuperación natural de las poblaciones (Dalabona y Silva, 2005; Araújo *et al.*, 2011).

En la costa continental de Ecuador, los machos de *Ucides occidentalis* (Ortmann, 1897) son un recurso pesquero (Barragán, 1993; Cedeño *et al.*, 2012) cuya reproducción está protegida por una veda reproductiva. Esta es una medida de manejo que prohíbe la pesca durante el mes de marzo, según acuerdo ministerial 004 del 13 de enero del 2014, publicado en el Registro Oficial 175, el 3 de febrero del 2014. Sin embargo, la efectividad de esta medida es cuestionable, debido a que en la costa de Ecuador y específicamente en la provincia del Guayas, en donde existe la mayor producción de este recurso, se ha reportado que *U. occidentalis* se reproduce también durante la época lluviosa y existen desoves entre enero y abril (Tazán y Wolf, 2000; Solano y Moreno, 2009; Cedeño, 2013).

Estudios previos (op. cit.) han analizado la reproducción de *U. occidentalis*, pero sus muestreos han tenido poca representación espacial y/o temporal. Por ello, el objetivo de este trabajo es determinar el período reproductivo de *U. occidentalis* en el Golfo de Guayaquil, con un análisis de tres años

de información, y mostrar la variación entre años y sitios de muestreo.

Materiales y Métodos

El área de estudio fue el Golfo de Guayaquil, el cual representa el ecosistema de estuario más grande de la costa Oeste de Sudamérica (Jiménez, 1983). Los datos utilizados corresponden a estudios independientes de la pesquería (*i. e.*, aspectos reproductivos y estructura poblacional) realizados por el Instituto Nacional de Pesca (INP) entre diciembre 2011 y diciembre 2014. Sin embargo, no existen datos para mayo y septiembre 2012, desde septiembre hasta diciembre 2013 y tampoco para julio 2014.

Los sitios de muestreo fueron: La isla Mondragón, la Reserva Ecológica Manglares Churute y la zona de Naranjal. En estos sitios existe una intensa recolección de datos biológico-pesquero por parte del INP (Cedeño *et al.*, 2012); todos se encuentran ubicados en el estuario interior del Golfo de Guayaquil (Jiménez, 1983; Fig. 1).

Los muestreos fueron realizados con la ayuda de pescadores locales durante la tercera semana de cada mes, según lo propuesto por Cedeño (2012). Se recolectaron *ca.* 60 cangrejos hembras por sitio de muestreo empleando la mano y/o una varilla metálica, la cual posee un extremo en forma de "U" utilizada tradicionalmente en la pesquería (Solano y Moreno, 2009). A los individuos recolectados se les midió el ancho del cefalotórax (AC) con un calibrador Vernier y se registró la presencia/ausencia de masa ovigera.

El período reproductivo se estableció según la proporción mensual de la presencia/ausencia de hembras ovígeras en el manglar (Santos y Negreiros-Fransozo, 1999; Lira *et al.*, 2013). Este trabajo se desarrolló para toda el área de estudio y por sitios de muestreo (Mondragón, Churute y Naranjal), para mostrar las variaciones espaciales y temporales.

Resultados

Se recolectaron un total de 4.293 individuos, de los cuales 807 presentaron masa ovígera. El rango de tallas observado estuvo entre 45 y 85 mm AC mientras que, la talla promedio fue ca. 70 mm AC. El período reproductivo de *Ucides occidentalis* para el Golfo de Guayaquil duró entre cuatro y cinco meses, con su inicio en diciembre o enero y término en abril o mayo. Se observaron variaciones interanuales durante todo el periodo de estudio. Entre diciembre 2011 y marzo 2012 se presentó un aumento progresivo en el porcentaje de hembras ovígeras, el cual descendió en abril. En 2013 y 2014 la reproducción inició en enero y se evidenciaron dos picos reproductivos, de los cuales enero fue superior respecto a marzo. Por otra parte, la reproducción duró cinco meses en 2013 y cuatro en 2014 (Fig. 2).

Se observaron diferentes realidades reproductivas entre los sitios de muestreo durante varios años. Mondragón presentó un aumento progresivo de la reproducción desde enero y mostró un pico reproductivo en abril, el cual fue observado en marzo para Churute y Naranjal. En los años 2013 y 2014 se observaron meses intercalados de alta y baja reproducción en cada sitio, salvo para Mondragón en 2014 que presentó un aumento gradual hasta marzo y un descenso en abril (Fig. 3).

La zona de Naranjal mostró dos picos reproductivos (enero y marzo) durante el 2013 y 2014, siendo superior el de marzo para el 2013 y enero para el 2014. Mondragón tuvo valores de reproducción similares en enero y marzo del 2013, pero en 2014 mostró un pico en marzo. Entre 2013 y 2014 se observaron en Churute dos picos reproductivos (enero y marzo) con valores

similares para el primer año, pero superior para enero del 2014 (Fig. 3).

Discusión

Las tallas mínimas encontradas en *Ucides occidentalis* fueron cercanas a su talla media de madurez sexual (*i. e.*, 47.4 mm AC fisiológica y 56.8 mm AC morfométrica) reportada por Cedeño (2013). Esto indica que el presente trabajo incluyó únicamente hembras sexualmente maduras, que eventualmente pueden copular y generar descendencia.

La cobertura espacio-temporal del presente estudio permitió establecer el periodo reproductivo de *U. occidentalis* entre diciembre y mayo, con una duración entre cuatro y cinco meses. Estudios previos han reportado que *U. occidentalis* se reproduce durante la época lluviosa (Solano y Moreno, 2009) y desova entre enero y mayo (Tazán y Wolf, 2000; Cedeño, 2013), pero sus resultados no han sido concluyentes debido a que se realizaron en zonas muy específicas y/o con un lapso de muestreo inferior a un año.

Los resultados del presente trabajo coinciden con lo reportado para Tumbes (Perú), donde se han observado eventos reproductivos entre diciembre y abril (Rujel, 1996) y con lo observado para el congénere *U. cordatus* en Brasil, donde encontraron hembras ovígeras entre noviembre y abril e incluso mayo (Diele, 2000; Dalabona *et al.*, 2005). Por otra parte, en El Salvador se ha reportado que *U. occidentalis* tiene actividad reproductiva casi todo el año, con mayor intensidad entre febrero y septiembre (Rivera, 2010). Aquello difiere con lo encontrado para Ecuador y Perú, lo cual podría deberse a que las especies con amplia distribución pueden presentar diferencias latitudinales en su reproducción (Dalabona *et al.*, 2005).

Se asume que, la diferencia reproductiva de El Salvador comparada con Ecuador, Perú y Brasil radica en la metodología usada. Rivera (2010) utilizó el desarrollo gonadal como indicador del período reproductivo, pero considerando que la maduración

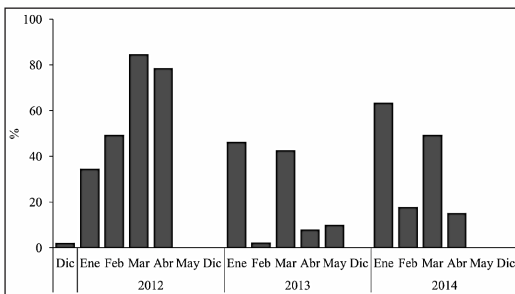


Figura 2. Porcentaje (%) mensual de hembras ovígeras de *Ucides occidentalis* (Ortmann, 1897) recolectadas en el Golfo de Guayaquil, Ecuador, entre diciembre 2011 y diciembre 2014.

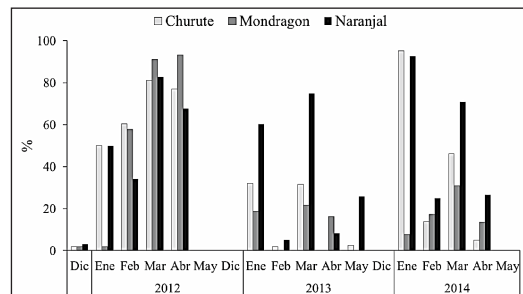


Figura 3. Porcentaje (%) mensual de hembras ovígeras de *Ucides occidentalis* (Ortmann, 1897) en los 3 sitios de muestreo en el Golfo de Guayaquil, Ecuador.

gonadal inicia antes de la cópula y que posteriormente al periodo de reproducción pueden quedar hembras sin copular, lo reportado para El Salvador puede estar sobrestimado.

Considerando que la reproducción se relaciona con factores ambientales (Lira *et al.*, 2013) y que *U. occidentalis* se reproduce en la época lluviosa (Solano y Moreno, 2009), se asume que la precipitación influye en la variabilidad de la reproducción (entre sitios y años) debido a los cambios ambientales que conlleva (e. g., salinidad, nutrientes). Los niveles de precipitación son heterogéneos en tiempo y espacio por ello, la etología reproductiva dependerá de las características ambientales en el Golfo de Guayaquil, lo cual promueve las diferencias de la reproducción observada entre sitios de muestreo.

La veda reproductiva actual protege parcialmente la reproducción, al prohibir las capturas en un pico (marzo) que puede ser, o no, el más importante en una zona y año específico.

Sin embargo, para optimizar la recuperación natural del stock de *U. occidentalis* se pueden aplicar otras medidas como, la restricción de la pesca durante todo el periodo reproductivo o un manejo adaptativo. La primera opción no es factible, pese a que es la mejor opción para la perpetuidad del recurso, debido al costo económico y social que implica. Aquello orienta la limitación del cierre pesquero al menor tiempo posible y en el mes de mayor reproducción.

El manejo pesquero adaptativo conduce a que, los pescadores consciente y voluntariamente eviten trabajar en sitios donde observen eventos reproductivos (*i. e.*, cortejos, cópulas), pero pueden dirigir su esfuerzo hacia otros sitios de pesca, actividades o recursos. Esta medida es considerada la ideal debido a que, promovería la recuperación natural del stock y el aprovechamiento sustentable del recurso con una baja afectación económica-social. El presente estudio corresponde a un punto de partida para trabajos futuros referentes a la reproducción de *U. occidentalis*. Se recomienda realizar trabajos sobre la relación entre la variabilidad espacio-temporal de la reproducción y los factores ambientales con muestreos de pequeña escala (*i.e.*, sitios de pesca). Además, se recomienda que las observaciones directas *in situ* respecto a la presencia/ausencia de hembras ovígeras sean quincenales, registrando únicamente a las hembras con ovas en desarrollo embrionario temprano. Lo mencionado anteriormente será información relevante para determinar la variabilidad reproductiva y como punto de referencia para el manejo pesquero adaptativo.

Conclusiones

El periodo reproductivo, en el Golfo de Guayaquil, tiene una duración entre cuatro y cinco meses pudiendo iniciar en diciembre o enero y terminar en abril o mayo.

Existen variaciones interanuales en los niveles de reproducción observados en Mondragón, Churute y Naranjal.

Los sitios de muestreo presentan características reproductivas diferentes entre ellos.

El presente trabajo es un punto de partida para estudios más profundos que cuantifiquen la variabilidad reproductiva y su relación con factores ambientales.

Agradecimientos

Se agradece a Edwin Moncayo, ex director del Instituto Nacional de Pesca, por la autorización para el análisis y publicación de los presentes resultados, los cuales forman parte del programa de investigación del recurso cangrejo. Además, se agradece a los pescadores que participan en el seguimiento de las capturas comerciales de *U. occidentalis*, por colaborar en los estudios independientes de la pesquería de los cuales se desprende el presente documento.

Referencias

- Araújo, M. S. L. C., A. O. B., Negromonte y A. V. Barreto. 2011. Reproductive period of the swimming crab *Callinectes danae* at the Santa Cruz Channel, a highly productive tropical estuary in Brazil. *Nauplius*, 19(2):155-162.
- Barragán, J. 1993. Biología del cangrejo de manglar, *Ucides occidentalis*, Ortmann, (Crustácea: Decapoda: Gecarcinidae). *Revista de Ciencias del Mar y Limnología*, 3(1):135-149
- Cedeño, I., 2012. Protocolo de muestreo: Estudios de densidad poblacional y aspectos reproductivos del cangrejo rojo de manglar (*Ucides occidentalis*) en el Golfo de Guayaquil. *Boletín Especial*, 3(1):35-57.
- Cedeño, I., M. Bravo, F. Solano, M. Peña y R. Zambrano. 2012. Abundancia relativa y estructura de tallas de cangrejo rojo de manglar (*Ucides occidentalis*) en el Golfo de Guayaquil, febrero 2011-enero 2012. *Boletín Especial*, 3(2):1-32.
- Cedeño, I. 2013. Aspectos reproductivos del cangrejo rojo de manglar (*Ucides occidentalis*) en el Golfo de Guayaquil, diciembre 2011-abril 2012. *Boletín Especial*, 4(2):17.
- Dalabona, G. y J. L. Silva. 2005. Periodo reproductivo de *Ucides cordatus* (Linnaeus) (Brachyura, Ocypodidae) na Bahía das Laranjeiras, sul do Brasil. *Acta Biológica Paranaense, Curitiba*, 34(1, 2, 3, 4):115-126.
- Diele, K. 2000. Life history and population structure of the exploited mangrove crab *Ucides cordatus cordatus* (Linnaeus, 1763) (Decapoda: Brachyura) in the Caeté Estuary, North Brazil. Tesis de Doctorado, Universität Bremen, Bremen, Alemania. 116 pp.
- Jiménez, R. 1983. Diatomeas y silicoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 2(2):193-281.
- Lira, J. J. P. R., T. C. S. Calado y M. S. L. C. Araújo. 2013. Breeding period in the mangrove crab *Goniopsis cruentata* (Decapoda: Grapsidae) in Northeast Brazil. *Revista de Biología Tropical*, 61(1):29-38.
- Litulo, C. 2005. External factors determining the reproductive periodicity in a tropical population of the hairy crab *Pilumnus vespertilio* (Decapoda: Brachyura: Pilumnidae). *The Raffles Bulletin of Zoology*, 53(1):115-118.
- Rivera, C. 2010. Morfometría, abundancia y distribución de *Ucides occidentalis* ("punches"). En C. Rivera y T. Cuellar (Eds.): *El ecosistema de manglar de la Bahía de Jilisco*

- (Sector Occidental), pp. 137-155. San Salvador, El Salvador.
- Rujel, J. 1996. Biología reproductiva de *Ucides occidentalis* “cangrejo de los manglares” en el litoral de Tumbes, Perú 1996. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Santos, S. y M. L. Negreiros-Fransozo. 1999. Reproductive cycle of the swimming crab *Portunus spinimanus* Latreille (Crustacea, Decapoda, Brachyura) from Ubata, Sao Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 16(4):1183-1193.
- Solano, F. y J. Moreno. 2009. Cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) un análisis durante el período de veda reproductiva, 2009. *Boletín Científico y Técnico*, 20(3):37-45.
- Tazán, G. y B. Wolf. 2000. *El cangrejo rojo Ucides occidentalis (Ortmann) en la Reserva Ecológica Manglares Churute*. Sección II, 69-117. Guayaquil, Ecuador: Fundación Natura.

Efectividad de cuatro cebos para control de ratas en Caña de Azúcar, en los cultivares Ragnar y Ecu-01

Effectiveness of four baits to control of rats in Sugar Cane, Ragnar and
Ecu-01 Cultivars

Allan Alvarado^{1,*}, Alejandro Gallardo²,
Yuri Garzón³ & Mayra Abad⁴

¹ Docente de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Agraria del Ecuador, Ciudadela La Carmela, mz. 566, sector 05, El Triunfo, Ecuador. Teléf: 0983232094.

² Docente de la Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanco Marengo, Guayaquil, Ecuador. Teléf: 04 28322228. E-mail: alejandrogc58@outlook.com

³ Asesor Técnico de Plantación, Coazucar, Recinto Voluntad de Dios, Parque Central, La Troncal, Ecuador. Teléf: 0989472185. E-mail: yurygarzon86@hotmail.com

⁴ Docente de la Unidad Educativa Temporal Virgilio Urgilés Miranda, Ciudadela Kananga, km 72, La Troncal, Ecuador. Teléf: 0923701809. E-mail: mayra.f5@hotmail.com

Recibido 15 de septiembre 2016; recibido en forma revisada 17 de noviembre 2016, aceptado 5 de diciembre 2016
Disponible en línea 31 de diciembre 2016

Resumen

El presente trabajo sobre efectividad de cuatro cebos para el control de ratas, especies *Sigmodon peruanus* y *Peromyscus maniculatus*; en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), variedades Ragnar y Ecu-01, se realizó en el Ingenio La Troncal, Provincia del Cañar, Ecuador, en una plantación establecida con edad de siete meses. El ensayo determina la variedad que prefieren los roedores y mide la eficacia de cuatro cebos para el control de ratas en base al grado de consumo de cebo por parte de las mismas. Una vez terminado el ensayo se concluye que existe mayor preferencia de los roedores por la variedad Ecu-01 que por la variedad Ragnar. Los cebos con mayor grado de consumo fueron Campeón + maíz; Ultra Plus; y, luego Klerat, mientras que el cebo Campeón + maní fue el que menos atención obtuvo por parte de las ratas, ya que tardaron más en consumirlo. En el segundo día del trapeo es cuando las ratas consumen más cebo, pues en los días posteriores la tendencia disminuye. Un aspecto evidente del control de roedores es notorio a las dos semanas de aplicados los cebos, debido a que éstos tienen una acción lenta y efectiva.

Palabras claves: Cebo, rodenticida, roedor, trapeo.

Abstract

This research about the effectiveness of four baits to control rats, *Sigmodon perruvianus* and *Peromyscus maniculatus* species; in sugarcane crop (*Saccharum officinarum*), Ragnar and Ecu-01 varieties, was held at the Sugarmill La Troncal, Cañar Province, Ecuador, on a plantation established at the age of seven months. The research to determine which of these varieties rodents prefer and measure the effectiveness of the four baits to control rats based on the bulkiness of bait that the rats consume. After the test is finished we can concluded that the rodents prefer the Ecu-01 variety than Ragnar variety. The baits with the highest consumption were Champion + corn; Ultra Plus, and then Klerat, while Champion + peanut bait had the least attention by the rats, since it takes more time to consume it. On the second day of trapping the rats eat more bait, because in the following days the trend decreases. A remarkable effect in rodent control is evident within two weeks of the baits been applied, because they have a slow but effective action.

Keywords: Bait, rodenticide, rodent, trapping.

Introducción

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es un cultivo agroindustrial de gran importancia en el

Ecuador debido a su gran capacidad de generación de empleo de mano de obra y personal técnico. Según datos del (CINCAE, 2013) se estima que aproximadamente un 20% de la producción cañera

* Correspondencia del autor:

E-mail: aalvarado@uagraria.edu.ec; ingallan33@gmail.com



ecuatorial se destina a la fabricación de panela y el 80% a la producción de azúcar y alcohol etílico. La misma fuente nos da a conocer que la producción nacional azucarera sobrepasa los 10 millones de sacos, de los cuales tan solo el 10% sirven para el mercado interno.

El rendimiento del cultivo de la caña de azúcar depende directamente del adecuado control y manejo de sus labores culturales, el aporte de agua, nutrientes y manejo de los problemas fitosanitarios. Uno de estos problemas que afectan la producción lo constituyen las plagas de roedores (Mendoza et al. 2007).

En los canteros puede haber una reducción hasta del 20% de las cosechas antes de ser recogidas debido a la infestación de ratas (Collazo y Castro 1997). Este tipo de daño tiende a aumentar debido al desequilibrio ecológico ocasionado por el ser humano. Considerando que la caña de azúcar es un monocultivo y su preparación de suelo tiende a destruir el hábitat de los depredadores de roedores, éstos pueden aumentar su población constituyéndose en potenciales plagas que pueden provocar perjuicios, especialmente en los brotes tiernos de la caña (Subiróz, 1995). Otorgar un valor económico a los problemas causados por los roedores es difícil por cuanto es una labor compleja cuantificar el daño de las ratas en los canteros; lo que sí está definido y se puede notar es que la calidad de la producción al momento de las cosechas disminuye notablemente.

Los ingenios azucareros localizados en la región litoral ecuatorial producen el 90% del azúcar nacional, cuya producción alcanza un promedio de 70 TM/ha/año y su rendimiento es de 9% por TM de caña. La distribución del área sembrada se considera 31760 hectáreas de área propia; 33173 hectáreas de área de cañicultores con un total de 64933 hectáreas (Bernal, 2007).

En Ecuador los daños causados por las ratas de la caña de azúcar, *Sigmodon peruanus* y *Peromyscus maniculatus*, se han convertido en un problema fitosanitario que ha recibido la debida atención en el campo como plaga agrícola (CINCAE, 2013). Su población crece aceleradamente infectando las nuevas zonas agroecológicas de producción en el país, ocasionando pérdidas en la producción, mermas en el tonelaje cosechado, además de reducción de la calidad de los jugos extraídos, ya que los microorganismos que provocan la fermentación invaden los tejidos de los tallos produciendo un aumento en la concentración de azúcares reductores (Angulo y Salazar 2007). En las plantaciones cañeras los daños de ratas en los canteros pueden ser leves, pero también muy severos cuando la plaga se sale de control.

Al ser las ratas unos roedores pequeños, son difíciles de observar directamente en el campo, por lo que para su captura debe recurrirse a diferentes tipos de trampas. Las trampas más comunes son las de captura viva, de caída y de golpe (Jones et al. 1996). También

existen los cebos envenenados, cuyo fin es eliminar los roedores sin necesidad de estar supervisando las trampas. En función del cebo utilizado, la eficacia de la trampa puede ser letal a corto, mediano y largo plazo (Bonino, 1999).

En base a los antecedentes presentados se justifica el desarrollo del presente trabajo experimental como norma ineludible de generar tecnologías dentro de un manejo integrado de los roedores en el cultivo de caña de azúcar. Los objetivos específicos de esta investigación son: determinar a qué variedad de caña de azúcar, entre Ragnar y Ecu-01, prefieren más los roedores y medir la eficacia de cuatro cebos para el control de ratas en base al grado de consumo de producto.

Materiales y Métodos

Localización del ensayo

El presente trabajo se realizó en el ingenio La Troncal, provincia del Cañar, (Toc, 2014) informa que este ingenio se encuentra localizado entre las siguientes coordenadas geográficas: 79°22'11" W y 2°22'56" S, a una altura de 68 msnm. En la actualidad, la administración privada cosecha la caña proveniente de sus 12284 hectáreas y de 9024 hectáreas de cultivo de diferentes cañicultores asociados a la empresa.

Diseño estadístico

Para la realización del presente trabajo experimental se utilizaron dos principales variedades de caña cultivadas en el ingenio La Troncal:

- Variedad 1: Ragnar, de origen australiano (Armas, 2014)
- Variedad 2: ECU-01, de origen ecuatoriano (CINCAE, 2007)

La investigación fue de carácter cuasi-experimental debido a que el estudio se llevó a cabo en población de caña establecida (soca), con una edad de siete meses, abarcando un periodo de tiempo comprendido entre el 09/09/2016 hasta el 16/09/2016. Se dispusieron los tratamientos en parcelas divididas bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), en los cuales se estudiaron los distintos tratamientos para el control de ratas, especies *Sigmodon peruanus* y *Peromyscus maniculatus*.

- T1= Cebo Ultra Plus (15 g)
- T2= Cebo Campeón + maíz (15 g)
- T3= Cebo Klerat (15 g)
- T4= Cebo Campeón + maní (15 g)
- T5= Testigo: trozos de caña de azúcar (15 g)

Se siguió el criterio de utilizar rodenticidas para envenenar los cebos (Donald, 1984) y evaluar su efectividad comparativa con diversas combinaciones para controlar las ratas, considerando las circunstancias de garantizar el consumo en base a la palatabilidad (Fuentes, 2007). Dicha efectividad se evaluó considerando los diferentes grados de

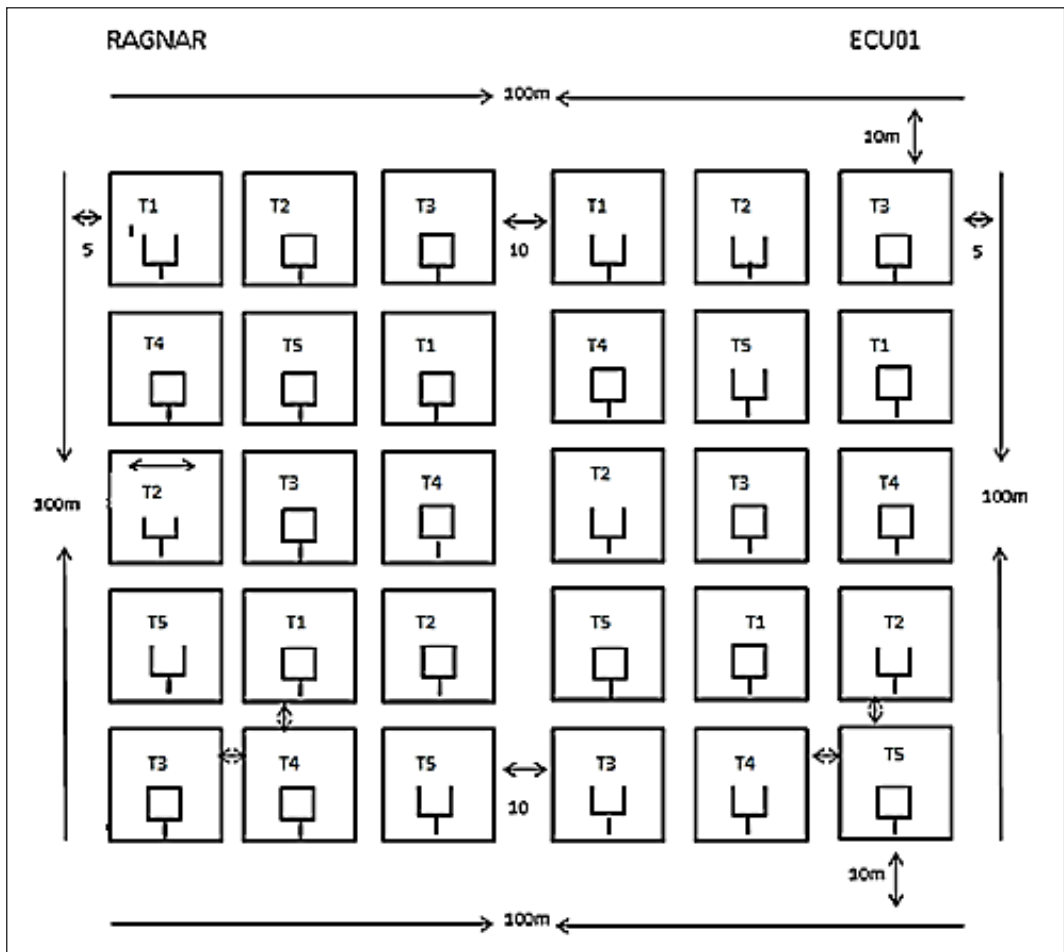


Figura 1. Croquis del diseño experimental.

daño ocasionados por las ratas: leves, moderados o fuertes en base a su intensidad (5%, 10% y 15%, respectivamente) en los entrenudos afectados (Angulo y Salazar, 2007).

Los tratamientos para cada variedad estudiada tuvieron 1 hectárea de superficie, donde se tomaron 30 muestras por tratamiento para evaluar los resultados del control de roedores. Se escogieron los cebos para controlar ratas en pro de disminuir las poblaciones de roedores, pues de acuerdo con (Hidalgo, 2014) la sostenibilidad de la agricultura en el control de plagas depende de las tácticas de manejo sin ocasionar impacto ambiental.

Para detectar diferencias significativas se utilizó el análisis de varianza. Para la comparación de los tratamientos (cebos) se aplicó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad (Villalpando et al. 2001).

Evaluación de campo

El primer trapeo se lo realizó manualmente al comienzo del ensayo, colocando los cebos en el

terreno, el segundo trapeo se lo efectuó en el segundo día, y el tercer trapeo a la finalización del ensayo, a los siete días, colocando 30 trampas distribuidas aleatoriamente en los tratamientos.

Durante el desarrollo del experimento se analizó la cantidad consumida de los cebos en gramos. Para esto se tomaron los datos de consumo por 7 días, revisando los cebos al día siguiente de haber sido colocados, para poder determinar el grado de aceptación de los cebos por parte de las ratas en el primero, segundo y séptimo día.

Resultados

Consumo (g) al primer día

Se presenta variación en el factor A (variedades), pues se observó mayor grado de consumo en Ecu-01. El factor B (cebos) también presentó variación; los preferidos por los roedores fueron los cebos Campeón + maíz, Klerat y Ultra Plus, quedando con menor grado de aceptación el Campeón + maní. El testigo no captó la atención de los roedores. (Tablas 1, 2 y figura 2).

Tabla 1. Cantidad promedio de cebo (g) para trapeo al primer día.

N°	Tratamientos (Factor A: variedades; Factor B: cebos)	Repeticiones			Total	Promedios
		1	2	3		
1	Ecu-01 Testigo	0,71	0,71	0,71	2,13	0,71
2	Ecu-01 Ultra Plus	3,5	4,3	2,9	10,7	3,57
3	Ecu-01 Klerat	3,7	4,1	2,9	10,7	3,57
4	Ecu-01 Campeón + maní	2,9	2,9	2,9	8,7	2,90
5	Ecu-01 Campeón + maíz	2,9	2,9	5,5	11,3	3,77
6	Ragnar Testigo	0,71	0,71	0,71	2,13	0,71
7	Ragnar Ultra Plus	2,49	3,66	0,71	6,86	2,29
8	Ragnar Klerat	2,93	5,21	0,71	8,85	2,95
9	Ragnar Campeón + maní	3,46	3,24	0,71	7,41	2,47
10	Ragnar Campeón + maíz	2,93	4,83	0,71	8,47	2,82
Total					77,25	25,75

Tabla 2. Valoración estadística de los promedios del consumo de cebo (g) por parte de las ratas.

Factor A (Variedades)	Promedios (g)	Clasificación
Ecu-01	15,0	A
Ragnar	15,0	A
Medias n E.E.		
Factor B (Cebos)	Promedios	Clasificación
Ultra Plus	1.75 6 0.15	A
Campeón + maíz	1.75 6 0.15	A
Klerat	1.66 6 0.15	A
Campeón + maní	1.60 6 0.15	A
Testigo	0.84 6 0.15	B

Consumo (g) al segundo día

Se presenta variación en el factor A (variedades), pues se observó mayor grado de consumo en Ragnar. El factor B (cebos) también presentó variación; el preferido por los roedores fue el Klerat, y en segundo lugar el Campeón + maíz seguido del Ultra Plus. Se mantiene la tendencia de menor aceptación para el Campeón + maní. Al igual que el día anterior, el testigo no captó la atención de los roedores. (Tablas 3, 4 y figura 3).

Consumo (g) al séptimo día

Se presenta variación en el factor A (variedades), pues se observó mayor grado de consumo en Ecu-01. El factor B (cebos) también presentó variación; el ampliamente referido por los roedores fue el Ultra Plus. El testigo en este caso ocupó el segundo grado de aceptación por parte de los roedores, mientras que en tercer lugar quedan los cebos Campeón + maní y Campeón + maíz, dejando con menor atención de los roedores el Klerat. (Tablas 5, 6 y figura 4).

Discusión

Cuando se salen de control, los roedores causan pérdidas del 36% de la producción (Angulo y Salazar, 2007). Considerando este antecedente, en el momento de colocación de los cebos pudo notarse indicios de ataques de roedores en los entrenudos basales, además de huellas frescas (daños, excrementos, madrigueras). Al término del ensayo pudo evidenciarse, una vez recolectadas las ratas, dos especies: *Sigmodon*

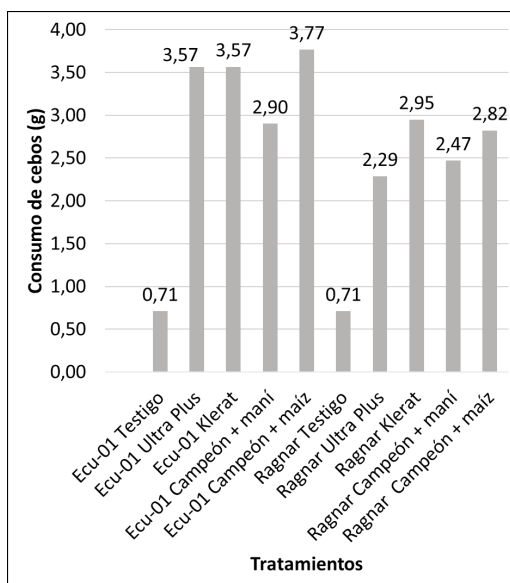


Figura 2. Consumo de cebo (g) al primer día.

peruanus y *Peromyscus maniculatus* (Toc, 2014), las cuales pudieron ser identificadas visualmente por sus características fenotípicas, ya que las ratas del género *Sigmodon* son de tamaño mediano, hocico redondeado, ojos grandes, orejas redondeadas y pequeñas, y cola bicolor, oscura por arriba y pálida por debajo, con escaso pelo (Monge, 2008), dorso marrón grisáceo con numerosos pelos negros entremezclados, lo que le da un aspecto canoso (Tirira, 2007). Por otro lado, el género *Peromyscus* incluye ratas de tamaño pequeño con hocico en punta, orejas redondeadas y grandes, cola gris con escaso pelo; su pelaje es gris en el lomo y blanco en el vientre (Ramírez, Castro y Salame, 2001). *Sigmodon* y *Peromyscus* son las especies predominantes en los canteros ecuatorianos (CINCAE, 2013).

El método de trapeo mediante cebos empleado en el trabajo fue aplicado en lugar de la captura de roedores con trampas de golpe tipo "Victor" o "Wooden", que son letales al momento de actuar

Tabla 3. Cantidad promedio de cebo (g) para trapeo al segundo día.

N°	Tratamientos (Factor A: variedades; Factor B: cebos)	Repeticiones			Total	Promedios
		1	2	3		
1	Ecu-01 Testigo	0,71	0,71	0,71	2,13	0,71
2	Ecu-01 Ultra Plus	8,89	5,81	5,52	20,22	6,74
3	Ecu-01 Klerat	8,81	9,08	4,35	22,24	7,41
4	Ecu-01 Campeón + maní	5,52	5,21	0,71	11,44	3,81
5	Ecu-01 Campeón + maíz	7,57	9,08	6,75	23,4	7,80
6	Ragnar Testigo	0,71	0,71	0,71	2,13	0,71
7	Ragnar Ultra Plus	4,83	8,81	11,1	24,74	8,25
8	Ragnar Klerat	9,18	7,99	14,59	31,76	10,59
9	Ragnar Campeón + maní	5,52	6,3	8,35	20,17	6,72
10	Ragnar Campeón + maíz	6,17	8,23	13,56	27,96	9,32
Total					186,19	62,06

Tabla 4. Relación entre la preferencia hacia la variedad de caña de azúcar (Ecu-01, Ragnar) y consumo de cebos (g) por parte de las ratas en el primer día.

Error: 0.2456 gl: 18				
Medias n E.E.				
Factor A (Variedades)	Promedios		Clasificación	
Ecu-01	2.50	15	0.13	A
Ragnar	2.14	15	0.13	B
Medias n E.E.				
Factor B (Cebos)	Promedios		Clasificación	
Klerat	2.96	6	0.20	A
Campeón + maíz	2.90	6	0.20	A
Ultra Plus	2.71	6	0.20	A
Campeón + maní	2.20	6	0.20	A
Testigo	0.84	6	0.20	B

sobre el animal capturado (CESVMOR, 2011); (Vásquez y Téllez, 2010). Los cebos actúan de manera “silenciosa” abarcando un mayor número de roedores por unidad de trapeo, a diferencia de las trampas de golpe que requieren constante supervisión y la cantidad de roedores capturados se limita en función del número de trampas funcionales instaladas (CESVETAB, 2008). Se confirma la efectividad de los cebos en el presente trabajo, ya que la expectativa de consumo fue satisfactoria, especialmente en el caso de los cebos Campeón + maíz, Ultra Plus y Klerat.

Se ha determinado que la eficiencia de las trampas de golpe y las de caída presentan un elevado índice de captura, reduciendo la infestación en más del 90% (Niculaes, 2006), en comparación con las trampas de captura viva, que evidencian menor eficiencia con respecto a las trampas de golpe (Lee, 1997). Los rodenticidas pueden llegar a lograr controles efectivos de ratas, en rango de 85 a 90%, teniendo la ventaja de un costo menor y más sencilla aplicabilidad en terrenos de gran superficie (Mcclain, 2004), criterio que se empleó para el presente trabajo debido a que en una plantación de caña de azúcar se dificulta el monitoreo de las trampas de captura.

La presencia de hormigas y la ausencia o escasez de cebo se han identificado como causas muy relacionadas, ya que la presencia de hormigas se

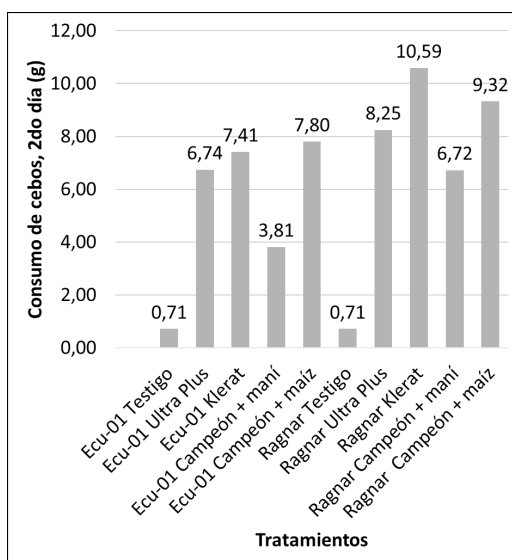


Figura 3. Gráfico de barras del consumo de cebo (g) al segundo día.

debe a la atracción del cebo, el cual es acarreado paulatinamente por estos insectos. De ahí que, la atención a las poblaciones de hormigas entre 31 y 41% el adecuado funcionamiento de trampas (Mitchell, Lancia y Jones, 1996). El presente ensayo consideró la utilización de granos secos que, dada su dureza, requieren más tiempo en ser llevados por los insectos, ya que es difícil acarrearlos; además, al mezclar el cebo con formulaciones rodenticidas se consiguió hacerlo menos atractivo para las hormigas y más palatable para los roedores.

Los rodenticidas empleados fueron efectivamente consumidos por las ratas, y en razón de ello los daños derivados de la presencia de roedores disminuyó considerablemente en un lapso de 2 semanas después de aplicados los cebos. Esto se debe principalmente a la acción lenta de anticoagulantes (Collazo y Castro, 1997) utilizados en el trapeo, los cuales fueron consumidos sucesivamente hasta su totalidad, evitando la prejuiciosa acción de eliminar a los depredadores naturales.

Tabla 5. Cantidad promedio de cebo (g) para trapeo al séptimo día

N°	Tratamientos (Factor A: variedades; Factor B: cebos)	Repeticiones			Total	Promedios
		1	2	3		
1	Ecu-01 Testigo	3,24	2,97	4,53	10,74	3,58
2	Ecu-01 Ultra Plus	4,32	5,97	7,78	18,07	6,02
3	Ecu-01 Klerat	0,71	0,71	3,10	4,52	1,51
4	Ecu-01 Campeón + maní	0,71	4,15	4,53	9,39	3,13
5	Ecu-01 Campeón + maíz	0,71	6,36	6,50	13,57	4,52
6	Ragnar Testigo	5,81	3,41	4,63	13,85	4,62
7	Ragnar Ultra Plus	0,71	4,53	6,36	11,6	3,87
8	Ragnar Klerat	0,71	5,62	4,53	10,86	3,62
9	Ragnar Campeón + maní	6,02	4,53	3,61	14,16	4,72
10	Ragnar Campeón + maíz	3,61	0,71	0,71	5,03	1,68
Total					111,79	37,26

Tabla 6. Relación entre la preferencia hacia la variedad de caña de azúcar (Ecu-01, Ragnar) y consumo de cebos (g) por parte de las ratas en el séptimo día.

Error: 0.3292 gl: 18				
Medias n E.E.				
Factor A (Variedades)	Promedios		Clasificación	
Ecu-01	1.82	15	0.15	A
Ragnar	1.81	15	0.15	A
Medias n E.E.				
Factor B (Cebos)	Promedios		Clasificación	
Ultra Plus	2.11	6	0.23	A
Testigo	2.01	6	0.23	A
Campeón + maní	1.92	6	0.23	A
Campeón + maíz	1.58	6	0.23	A
Klerat	1.46	6	0.23	B

La ubicación del trapeo sobre el terreno es decisiva para el éxito, para lo cual es preciso conocer exhaustivamente las zonas o rutas de tránsito de los roedores. Dicha palatabilidad aumenta cuando los rodenticidas son mezclados con granos o tallos de caña en estado maduro (Márquez, 2008). En el presente ensayo se recurrió al uso de maíz y maní, los cuales son granos apetecidos por la mayoría de las especies de roedores de campos agrícolas (Mabbett, 2001).

Debe considerarse que las excesivas temperaturas y alta humedad deterioran los componentes químicos de los rodenticidas a largo plazo (Monge, 2010), por lo cual se requiere una inspección permanente y reemplazo de los cebos (Amaya, 1998). Esto hace necesario un encargado responsable que delimite los sitios de trapeo, significando un costo añadido de 5% a la inversión en jornales del cultivo, que es menor en comparación con las posibles pérdidas de hasta 40% ocurridas por la acción de los roedores (Melara, López y Sabillón, 1996).

Conclusiones

Los trapeos mediante cebos son una manera de manejar el ataque de ratas en caña de azúcar, porque favorece el descenso en la población de estos

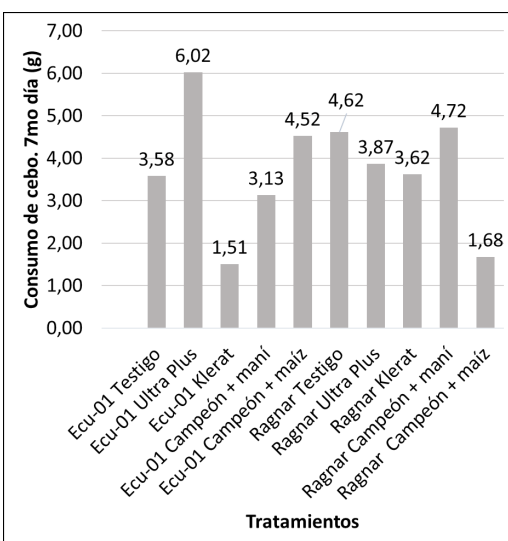


Figura 4. Gráfico de barras del consumo de cebo (g) al séptimo día.

individuos. El mayor grado de consumo de los cebos se obtuvo en el segundo día que se colocaron los cebos, mientras que en los días posteriores el consumo disminuye, pero no obstante todo el producto fue consumido.

En las variedades de caña de azúcar Ragnar y Ecu-01 se presenta una leve diferencia en la preferencia por parte de las ratas, debido a que se notaron más algunos signos de la presencia de roedores en el cultivar Ecu-01.

El cebo que más palatabilidad tuvo por parte de las especies *Sigmodon peruanus* y *Peromyscus maniculatus* fue el Campeón + maíz y el Ultra Plus impregnado en semilla, ya que la principal fuente de alimento de estos roedores son las semillas. Cuando cebo Campeón fue mezclado con maní (que son granos secos al igual que el maíz), su consumo tardó mayor tiempo en efectuarse, lo que no pasó en el caso del maíz mezclado con Campeón.

El Klerat en pellets es una buena alternativa de

control para roedores en época lluviosa, ya que los demás cebos son susceptibles de ser lavados y no se obtiene un control apropiado.

Recomendaciones

Considerando los resultados obtenidos en una plantación de caña de azúcar de siete meses de edad, debería realizarse un ensayo para medir el grado de daño que provocan los roedores al final de la cosecha. Así mismo, se recomienda realizar este tipo de ensayo con otros cultivares nacionales de caña de azúcar, como Ec-02, Ec-03, Ec-04, Ec-05, Ec-06 ó Ec-07, lo cual permitirá determinar el grado de susceptibilidad que tienen las variedades nacionales frente al ataque de roedores.

Se obtendría un valor agregado implementando estudios relacionados con la búsqueda de más alternativas de control de ratas. Si se utilizan métodos de trapeo que permitan capturar vivos a los roedores podrían evaluarse las dosificaciones exactas que necesita la rata para morir; de esa manera podrían aplicarse los cebos de manera más eficiente.

Se recomienda la utilización de más cebos disponibles en el mercado y combinaciones de los mismos con diversos granos y semillas, de esta manera la rotación diversificaría el consumo disponiendo de un número mayor de alternativas para el trapeo de roedores en las plantaciones de caña de azúcar.

Referencias

Amaya, P. 1998. *Cultivo de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) y los daños causados por las ratas*. Saltillo, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División de Agronomía. Departamento de Fito mejoramiento.

Angulo, A, y J Salazar. 2007. *Manejo integrado de ratas*. Guanacaste, Costa Rica: LAICA-DIECA.

Armas, Francisco. 2014. *Comportamiento agroindustrial de 7 variedades de caña de azúcar a 900 msnm en la provincia de Morona Santiago, cantón Morona, Ecuador*. Morona Santiago: INGPACOWPN.

Bernal, M. 2007. *Nuevas variedades de caña de azúcar fue presentada*. <http://www.eluniverso.com/2007/09/08/0001/71/30E7F297DA8343559AF2C9A96314EE6C.html>.

Bonino, M. 1999. *Manual para el control de roedores en el ámbito domiciliario*. San Carlos de Bariloche, Argentina: INTA - Estación Experimental Agropecuaria Bariloche.

CESVETAB. 2008. *Manejo fitosanitario de la caña de azúcar. Manual de control*. Tabasco, México: Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Tabasco.

CESVMOR. 2011. *Manejo fitosanitario de la caña de azúcar*. <http://www.cesvmor.org.mx/index.php/manejo-fitosanitario-de-la-cana-de-azucar>.

CINCAE. 2007. *Primera variedad mejorada de caña de azúcar del Ecuador*. El Triunfo, Ecuador: Centro de Investigación de la Caña de Azúcar en el Ecuador.

—. 2013. *Ratas de la caña de azúcar*. <http://cincae.org/areas-de-investigacion/manejo-de-plagas/ratas-de-la-cana-de-azucar/>.

Collazo, R, y J Castro. 1997. *Los roedores dañinos: algunos aspectos del control químico y bacteriológico*. Lima, Perú: IVITA.

Donald, J. 1984. *Roedores como plagas de productos almacenados; control y manejo*. Santiago, Chile: Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe.

Fuentes, E. 2007. *Efectividad biológica de seis rodenticidas utilizados para el control de Sigmodon hispidus (Rodentia: Cricetidae) en caña de azúcar*. Veracruz, México: Colegio de Postgraduados. Programa de Postgrado en Agroecosistemas Tropicales.

Hidalgo, M. 2014. *Campañas de tratamiento fitosanitarios y de lucha contra roedores en espacios naturales protegidos*. Asturias, España: Departamento de Sanidad Vegetal y Departamento de Ordenación de los Recursos Naturales de Asturias.

Jones, C, W Mcshea, M Conroy, y T Kunz. 1996. *Measuring and monitoring biological diversity. Standard methods for mammals*. Washington, USA: Smithsonian Institution Press.

Lee, L. 1997. *Effectiveness of live traps and snap traps in trapping small mammals in Kinmen*. Taiwan, República de China: Acta Zoológica Taiwanica.

Mabbett, T. 2001. *Control de roedores en granos y raciones*. Bogotá, Colombia: Agricultura de las Américas.

Márquez, J. 2008. *Rodenticidas anticoagulantes y las características de palatabilidad y toxicidad que orientan su uso en campo para el control de la rata*. Guatemala: Cengicaña.

McClain, C. 2004. *The mid-domain effect applied to elevational gradients: species richness of small mammals in Costa Rica*. San José de Costa Rica: Journal of Biogeography.

Melara, W, J López, y A Sabillón. 1996. *Manejo de los plaguicidas botánicos*. Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Mendoza, J, D Gualle, A Ayora, y I Martínez. 2007. *Estimación de pérdidas causadas por roedores e insectos en caña rezagada*. San Carlos, Ecuador: Centro de Investigación de la Caña de Azúcar en Ecuador.

Mitchell, M, R Lancia, y E Jones. 1996. *Use of insecticide to control destructive activity of ants during trapping of small mammals*. Missoula, USA: Montana Cooperative Wildlife Research Unit.

Monge, J. 2010. *Comparación de trampas de golpe de diferente tamaño en la captura de ratas Sigmodon hirsutus (Cricetidae)*. San José: Universidad de Costa Rica. Campus Universitario Rodrigo Facio.

Monge, Javier. 2008. *Estado del conocimiento sobre la rata de campo (Sigmodon hirsutus) en Costa Rica*. San José: Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) No. 79-80.

Niculaes, C. 2006. *A comparative analysis of efficiency for two types of traps used in the study of small mammals*. Rumania: Analele Științifice ale Universității AL I CUZA Iași.

Ramírez, J, A Castro, y A Salame. 2001. *Los Peromyscus (Rodentia: Muridae) en la colección de mamíferos de la Universidad Autónoma Metropolitana - Unidad Iztapalapa (UAMI)*. México, D.F.: División de C.B.S. Departamento de Biología.

Subiróz, F. 1995. *El cultivo de caña de azúcar*. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia San José.

Tirira, D. 2007. *Guía de campo de los mamíferos del Ecuador. Publicación Especial sobre los Mamíferos del Ecuador*. Quito, Ecuador: Ediciones Murciélagos Blanco.

Toc, M., entrevista de Y. Garzón. 10 de Octubre de 2014. *Caracterización del ingenio La Troncal y sus sistemas de producción* La Troncal, Ecuador.

Vásquez, I, y O Téllez. 2010. *Establecimiento del programa de manejo ecológico de roedores en la región cañera del DDR-08 Tehuacan, Puebla*. Puebla, México: Comité Estatal de Sanidad Vegetal.

Villalpando, J, A Morales, M Guzmán, G Sánchez, y M Saavedra. 2001. *Comparación de los procedimientos de Tukey, Duncan, Dunnett, HSU y Bechhofer para selección de medias*. Chapingo, México: Revista Agrociencia.

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. Iltis. 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. 10(2)

Plantas acuáticas con potencial para fitoextracción de Cadmio en arrozales del Cantón Daule, provincia del Guayas, Ecuador / Aquatic plants with potential for phytoextraction of Cadmium in rice fields of Daule Parish, Province of Guayas, EcuadorÁmbar Benavides , Beatriz Pernía, Mariuxi Mero, Genoveva Torres Jorge Muñoz , Kenya Bravo, Naskia Morán, Josué Zambrano, Xavier Cornejo.....	51
Diversidad y abundancia de la quiropterofauna en la Estación Científica Pedro Franco Dávila, durante los meses mayo-agosto 2015 / Diversity and abundance of bats in the Pedro Franco Dávila Scientific Station, during may-august 2015	60
.....Andrea Au Hing & Jaime A. Salas	60
Lista anotada de saurios presentes en Estación Científica “Pedro Franco Dávila” (Los Ríos-Ecuador), durante mayo- septiembre del 2015 / Checklist of sauria in the “Pedro Franco Dávila” Scientific Station (Los Ríos-Ecuador), during may to september 2015 Ángela Ayala, Miriam Salvador, Lissette Torres, Yanella Tutivén, Karina Marcillo, Adrián López & Jesús Anzules.....	68
Reproducción y estructura poblacional de Perela (Paralabrax spp.) en el estuario exterior del Golfo de Guayaquil, Ecuador / Population structure and reproductive aspects of the Perela (Paralabrax spp.), in the outer estuary of the Gulf of Guayaquil, Ecuador Esteban Elías & Dialhy Coello.....	75
Caracterización de pigmentos por espectrofotometría en una cepa de Dunaliella viridis, aislada de las salinas de Ecuasal / Characterization of pigments by spectrophotometry in a strain of Dunaliella viridis, isolated from the Ecuasal salt pondsLeonardo García, Shirley Moncayo & María de los Ángeles Pastuzo.....	81
Impacto de la estrategia didáctica digital: aula invertida en el rendimiento académico / Impact of the digital didactic strategy: classroom inverted in academic performance..... Jenny Rosero, José Antepará & Allison Kingman.....	88
Estimación del ámbito de hogar de Stenocercus iridescens (Günther, 1859) (Squamata: Tropiduridae) durante la época lluviosa en el Bosque Protector Cerro Blanco (Guayas, Ecuador) / Estimation of the home environment of Stenocercus iridescens (Günther, 1859) (Squamata: Tropiduridae) during the rainy season in the Cerro Blanco Protected Forest (Guayas, Ecuador).....	96
.....Marcos Morales & Jaime A. Salas.....	96
Cuantificación y caracterización química de exopolisacáridos (EPS) producidos por una cepa de Penicillium sp. aislada de la Antártida / Quantification and chemical characterization of exopolysaccharides (EPS) produced by a strain of Penicillium sp. isolated from Antarctica	101
Jaime Santos, Kleber León, Jean Alcívar, Edwin Flores & Santiago Olivares.....	101
Período reproductivo de Ucides occidentalis en el Golfode Guayaquil, Ecuador / Reproductive period of Ucides occidentalis in the Gulf of Guayaquil, Ecuador	106
..... René Zambrano.....	106
Efectividad de cuatro cebos para control de ratas en Caña de Azúcar, en los cultivos Ragnar y Ecu-01 / Effectiveness of four baits to control of rats in Sugar Cane, Ragnar and Ecu-01 Cultivars	113
..... Allan Alvarado, Alejandro Gallardo, Yuri Garzón & Mayra Abad	113
Normas para la publicación de artículos “Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales” / Guidelines for publishing articles “Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales”	