

RE M C B

REVISTA
ECUATORIANA DE
MEDICINA Y
CIENCIAS BIOLÓGICAS

e - I S S N 2 4 7 7 - 9 1 4 8

Vol. **44**

Número 1

Mayo 2023



e-ISSN 2477 - 9148

REVISTA ECUATORIANA
DE MEDICINA Y
CIENCIAS BIOLÓGICAS

VOLUMEN XLIV - Nº 1 - MAY 2023

Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas
Volumen XLIV Número 1 - may - 2023
e-ISSN 2477 - 9148

Centro de Publicaciones de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Dir: Av. 12 de Octubre 1076 y Roca, Quito, Ecuador

Foto de portada: Leovigildo Cabrera
Pyrrhura orcesi, periquito de El Oro, ave endémica del Ecuador en peligro de extinción.



**REVISTA ECUATORIANA DE MEDICINA Y
CIENCIAS BIOLÓGICAS
REMCB**

DIRECTORIO

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Rector: Dr. Fernando Ponce León S.J.

Sociedad Ecuatoriana de Biología

Presidente: Lic. Ricardo Zambrano

Casa de la Cultura Ecuatoriana Benjamín Carrión

Presidente: Mgt. Fernando Cerón

COMITÉ EDITORIAL

Dra. Doris Vela Peralta (Pontificia Universidad Católica del Ecuador)

Dr. Rommel Montúfar Galárraga (Pontificia Universidad Católica del Ecuador)

Dra. Catalina Quintana (Pontificia Universidad Católica del Ecuador)

Dra. Carmen Ulloa Ulloa (Missouri Botanical Garden, USA)

Dra. Lorena Endara (University of Florida, USA)

CONSEJO CIENTÍFICO

Dr. Hugo Romero-Saltos (Universidad Yachay Tech, Ecuador)

Dr. Enrique Terán (Universidad San Francisco de Quito, Ecuador)

Dra. Paola Leone (Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador)

Dr. Thomas Couvreur (IRD, Francia)

La Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas (REMCB) es un órgano de difusión científica auspiciada por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), la Casa de la Cultura Ecuatoriana Benjamín Carrión (CCE), y la Sociedad Ecuatoriana de Biología (SEB).

La REMCB publica trabajos originales fruto de la investigación científica y experimental en todas las áreas de la Medicina y las Ciencias Biológicas y está dirigida a los científicos nacionales e internacionales así como a estudiantes de las Ciencias de la Vida.

La REMCB se publica en formato electrónico en la web <http://remcb-puce.edu.ec/remcb/> y se encuentra incluida en el catálogo Latindex 2.0 (e-ISSN 2477-9148) y en las bases de REDIB y Dialnet. La REMCB mantiene un sistema de revisión por pares, su publicación es semestral, su contenido es de libre acceso y se distribuye bajo una licencia CC BY-NC 4.0. El contenido de los artículos científicos y de las publicaciones que aparecen en la revista son responsabilidad exclusiva de sus autores.

CONTENIDO

Editorial	7
Artículos Científicos	
Análisis de genes normales y deletéreos con respecto a la fecundidad en poblaciones naturales de <i>Drosophila melanogaster</i>	11
Analysis of normal and deleted genes with respect to fecundity in natural populations of <i>Drosophila melanogaster</i> Víctor M. Salceda	
Evaluación de la población de <i>Pyrrhura orcesi</i> (Perico de El Oro) en el suroeste del Ecuador	19
Population evaluation of <i>Pyrrhura orcesi</i> (El Oro Parakeet) in southwestern Ecuador César Leonardo Garzón Santomaro, Marco F. Monteros, Andrés Merino Viteri	
Floración de <i>Planktothrix agardhii</i> en Yahuarcocha, una laguna altoandina hipereutrófica	35
<i>Planktothrix agardhii</i> bloom in Yahuarcocha, a high- Andean hypereutrophic lake María de Lourdes Guerra C., Miriam Steinitz-Kannan, Teresa Vegas Vilarrúbia	
Nota científica	
Lista de especies de las colecciones de Mastozoología y Herpetología del Museo de Zoología de la Universidad del Azuay (MZUA)	49
List of species from the Mammalogy and Herpetology collections of the Museum of Zoology of the University of Azuay (MZUA) Bernarda Vásquez-Ávila, Pablo Sebastián Padrón	

EDITORIAL

Estimados lectores, en el número actual encontrarán cuatro interesantes investigaciones que son un importante aporte para el conocimiento científico.

Como ya es conocido *Drosophila melanogaster* es una especie modelo, esta vez se han analizado poblaciones naturales en las cuales es importante la detección de genes con efecto deletéreo, los cuales pueden afectar la fecundidad en la población y por tanto la supervivencia de la misma. Estos conceptos y experimentos de la genética clásica son relevantes en el contexto actual pues los estudios poblacionales se basan en marcadores moleculares, los cuales no pueden siempre ser asociados a fenotipos identificables.

En otro de los artículos presentamos un interesante estudio respecto a la distribución de la población de la especie *Pyrrhura orcesi* conocida como el perico de El Oro. Esta especie no solo es representativa de la región suroeste del Ecuador sino que es una especie importante dentro del equilibrio de los ecosistemas pues cumple importantes funciones. Los investigadores demuestran como el cambio climático sobre los bosques tropicales afecta la distribución del perico de El Oro, por tanto esta especie se convierte en un excelente marcador de los efectos del cambio climático.

Otro de los artículos es una investigación en la cual se analiza la floración de *Planktothrix agardhii*, una especie de cianobacteria potencialmente tóxica en la laguna de Yahuarcocha, una de las lagunas más emblemáticas del Ecuador. Los resultados de esta investigación demuestran que la laguna ha pasado por diversos períodos en los cuales el crecimiento de microorganismos está asociado a las condiciones climáticas. La importancia de este estudio radica en la necesidad de realizar monitoreos periódicos que permitan conocer el estado de la población de microorganismos de la laguna.

Finalmente se presenta el registro de especies de las colecciones de Mastozoología y Herpetología del Museo de Zoología de la Universidad del Azuay. Estos datos son de gran relevancia para dar a conocer la importancia de los museos y el minucioso trabajo que se realiza en ellos para identificar y guardar la información, en este caso de las especies de mamíferos y reptiles del Ecuador. La publicación de esta información permite compartir la misma con toda la comunidad científica internacional siendo de mayor interés para los investigadores enfocados en estos grupos biológicos.

Les invitamos a explorar la REMCB y leer estas y otras interesantes investigaciones.

Dra. Doris Vela Peralta
Editora científica REMCB

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Análisis de genes normales y deletéreos con respecto a la fecundidad en poblaciones naturales de *Drosophila melanogaster*

Analysis of normal and deleted genes with respect to fecundity in natural populations of *Drosophila melanogaster*

Víctor M. Salceda*¹

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Departamento de Biología, Carretera México Toluca s/n, La Marquesa, Ocoyoacac, México, 52750

*Autor de correspondencia: victor.salceda@inin.gob.mx

DOI: 10.26807/remcb.v43i1.957

Recibido: 27-02-2023

Aceptado: 26-04-2023

Publicado: 27-05-2023

Como citar este artículo: Salceda V. 2023. Análisis de genes normales y deletéreos con respecto a la fecundidad en poblaciones naturales de *Drosophila melanogaster*. Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas 44(1): 11-17. doi: 10.26807/remcb.v43i1.957

Resumen.- Se estudió el efecto de genes normales y deletéreos sobre la fecundidad en seis poblaciones naturales de *Drosophila melanogaster*; mediante la técnica CyL/Pm, ampliamente usada en *Drosophila* en análisis similares, dependiendo de la población el número de genes normales, deletéreos y letales varió en cada población y a ellos nos referimos en esta ocasión. Los cromosomas se agruparon en libres y portadores de genes letales y/o deletéreos, estas agrupaciones son la base de las comparaciones hechas mediante la prueba "t" de Student. Para ello se obtuvo la fecundidad promedio de cada población y a partir de este se constituyeron categorías de fecundidad. Cada cromosoma fue adscrito a una de ellas obteniéndose así las frecuencias relativas para cada categoría. En todos los casos en que se compararon cromosomas portadores de genes letales o libres de ellos, las diferencias favorecieron a los libres de letales.

Palabras clave: *Drosophila*, genes letales, fecundidad.

Summary.-The effect of normal and deleterious genes on fertility in six natural populations of *Drosophila melanogaster* was studied; using the CyL / Pm technique, widely used in *Drosophila* in similar analyzes, depending on the population the number of normal, deleterious and lethal genes varied in each population and we referred to them this time. Chromosomes were grouped into free and carriers of lethal and / or deleterious genes, these clusters are the basis of comparisons made by Student's "t" test. For this, the average fertility of each population was obtained and from this, fertility categories were constituted. Each chromosome was assigned to one of them thus obtaining the relative frequencies for each category. In all cases in which chromosomes carrying or not lethal genes were compared, the differences in all cases favored those free of lethal genes.

Keywords: *Drosophila*, lethal genes, fertility

Introducción

Algunos postulados básicos de la genética de poblaciones son aparentemente evidentes por sí mismos al grado de ser en general aceptados con un mínimo soporte experimental, sobresale a este respecto el considerar el efecto desfavorable sobre la fecundidad de infinidad de mutaciones, ya que un alto porcentaje de los genetistas asumen que la mayoría de las mutaciones son perjudiciales para sus portadores, éste supuesto se apoya principalmente en observaciones realizadas en cepas de varios organismos experimentales portadores de diferentes mutaciones y considerando que los individuos normales son el producto de una larga y continua selección natural. Se sabe que las mutaciones son los cambios producidos en un gen ya sea en forma espontánea o bien por inducción con diferentes agentes tanto químicos como físicos.

Considerable atención se ha puesto a los mecanismos involucrados en el mantenimiento de la variabilidad genética presente en poblaciones con apareamiento al azar y se ha sugerido

teóricamente que la interacción de genes o cromosomas puede ser significativa en la conservación de la variabilidad genética de las poblaciones.

Con miras a esclarecer parcialmente el mecanismo que permita mantener la variabilidad genética en poblaciones naturales, varios investigadores han estudiado los efectos de las mutaciones sobre la fecundidad de los individuos portadores de esos genes o cromosomas tanto en condición homocigota como heterocigota., Band (1963 y 1964), Band e Ives (1963), da Cunha (1968) y Carson (1969). En ésta ocasión se presentan los resultados del fraccionamiento de la fecundidad en seis poblaciones naturales de *Drosophila melanogaster*, en un intento para determinar la relativa distribución de diferentes clases de genes y de cómo afectan dicha fecundidad. Como meta nos propusimos realizar comparaciones para determinar tanto en condición homocigota como heterocigota, similarmente a los estudios de Kitagawa (1967), Sánchez et al. (1974), Mitchel (1977), Simmons et al. (1978); Fowler et al. (1997), Petit y Nouaud (1984), Yamazaki (1984) y Gardner et al. (2005).

Materiales y Métodos

Previamente, el autor, determinó la carga genética en el segundo cromosoma de seis poblaciones de *Drosophila melanogaster*, a saber: Coyoacán "A", Coyoacán "B", Colonia del Valle, Mixcoac, Tuxtla Gutiérrez y Nopalera, acerca de las cuales ahora nos referimos para determinar sus valores de fecundidad afectada por diferencias entre genes normales y diferentes categorías de deletéreos, basándose para ello en la técnica CyL/Pm empleada por Wallace y Madden (1953). Todos los cultivos se mantuvieron en alimento de uso normal en el laboratorio a harina de maíz, azúcar, levadura de cerveza y agar, además de ácido propiónico y Tegosept al 12.5% de alcohol como fungicida y bactericida y en condiciones de temperatura constante de 25+ 1 o C y humedad relativa de 60%.

A partir de los conteos para definir si un cromosoma extraído de la población es portador de un gen normal o deletéreo se obtiene el número total de descendientes lo que corresponde a su fecundidad y de ella se calcula a qué categoría pertenece y se procede a determinar las frecuencias de cada categoría por población. Con los datos así obtenidos se construyeron las diferentes tablas para facilitar el análisis estadístico mediante la prueba de "t" de Students. Una vez obtenidos los valores promedio y en base a una jerarquización de las fecundidades individuales con respecto al promedio de la población, y estamos en posibilidad de obtener una tabla de distribución de frecuencias para las diferentes categorías de fecundidad, estas categorías están representadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Criterios para determinar las diferentes categorías de fecundidad.

% de descendientes	Categoría
0-14	Letal
15-29	Semiletal
30-49	Subvital
50-69	Subnormal
70-85	Quasinormal
86-114	Normal
115 ó más	Supernormal

Resultados

El estudio comprende el análisis de alrededor de 400,000 individuos repartidos en 1162 segundos cromosomas extraídos de las diferentes poblaciones y que corresponden respectivamente 191 a la población Coyoacán "A", en la que se detectó 29.32% de genes letales y/o semiletales; población Coyoacán "B" 186 cromosomas y un porcentaje de 24.73 de deletéreos; población Colonia del Valle 156 cromosomas y 34.61% de letales y/o semiletales; en la población de Mixcoac se analizaron 186 cromosomas y su correspondiente porcentaje de genes letales y/o semiletales de 24.73; para la población de Tuxtla Gutiérrez los valores fueron respectivamente de 201 cromosomas analizados y 8.45% de deletéreos y finalmente la población Nopalera con 242 cromosomas analizados de los

cuales el 24.38% fueron deletéreos. En cuanto a las diferencias en fecundidad entre las diferentes poblaciones y refiriéndonos exclusivamente a cromosomas libres de letales podemos señalar que las fecundidades promedio varían de 271.43 para la población de Colonia del Valle a 474.46 en la de Mixcoac y las restantes con valores intermedios, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Comparación de fertilidad entre cromosomas portadores de genes normales en seis poblaciones naturales de *Drosophila melanogaster*.

Población	No. de Cromosomas	Promedio de descendientes
Coyoacán "A"	135	356.18
Col. del Valle	102	271.43
Mixcoac	140	474.46
Tuxtla Gutiérrez	184	376.91
Coyoacán "B"	140	472.45
Nopalera	183	340.71

Comparaciones pareadas para los valores anteriores fueron las siguientes: Coyoacán "A" vs. Colonia del Valle 131.72 con un valor de "T" de 4.9, Coyoacán "A" vs. Mixcoac 201.54 y "T" de -4.86, Coyoacán "A" vs. Tuxtla Gutiérrez 161.89 y su "T" de -1.13, Coyoacán "A" vs. Coyoacán "B" 201.25 y "T" de -4.75, Coyoacán "A" vs. Nopalera 150.23 y "T" de 0.98, Colonia del Valle vs. Mixcoac 191.46 y "T" de -8.14, Colonia del Valle vs. Tuxtla Gutiérrez 145.55 y "T" de -5.87, Colonia del Valle vs. Coyoacán "B" 191.1 y "T" de -8.08, Colonia del Valle vs. Nopalera 130.98 y "T" de -4.28, Mixcoac vs. Tuxtla Gutiérrez 201.14 y "T" de 4.32, Mixcoac vs. Coyoacán "B" 238.22 y "T" de 0.07, Mixcoac vs. Nopalera 192.15 y "T" de 6.99, Tuxtla Gutiérrez vs. Coyoacán "B" 200.89 y "T" de -4.24, Tuxtla Gutiérrez vs. Nopalera 156.64 y "T" de 2.2, y finalmente Coyoacán "B" vs. Nopalera 191.89 y "T" de 6.11.

Similar análisis se hizo para los cromosomas portadores de genes letales, los que presentaron los valores de fecundidad que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Comparación de fertilidad entre cromosomas portadores de genes letales en seis poblaciones naturales de *Drosophila melanogaster*.

Población	No. de Cromosomas	Promedio de descendientes
Coyoacán "A"	56	255.55
Col. del Valle	54	183.46
Mixcoac	46	353.26
Tuxtla Gutiérrez	17	257.29
Coyoacán "B"	46	347.21
Nopalera	59	252.54

En estas poblaciones las comparaciones pareadas nos dieron los valores siguientes: ROSY

El primer paso consistió en determinar si los cromosomas libres de letales están mejor adaptados que los cromosomas portadores de letales, lo cual se determina en términos del número de descendientes lo cual se representa en las diferentes tablas II y que muestran asimismo las comparaciones dentro de las poblaciones.

De forma similar se condujeron comparaciones entre las diferentes poblaciones y las diferencias se muestran en las Tabla 3.

El otro aspecto considerado en nuestro análisis es el fraccionamiento de la fertilidad en diferentes categorías de acuerdo al monto de descendientes por cada cromosoma aislado para así de ésta forma determinar las frecuencias de genes en cada una de las categorías según la metodología empleada por Wallace y Madden (1953), éstas clases o categorías se distribuyen según la Tabla 1.

Discusión

El análisis de los datos presentados en las Tablas 2 y 3 nos muestran que en las tres comparaciones la población testigo presenta una mejor adaptabilidad en contraste con las poblaciones irradiadas cuando la comparación se refiere a los cromosomas libres de letales Tabla 3 y lo mismo sucede en las comparaciones referentes a cromosomas portadores de genes letales como puede ser observado en la Tabla 4.

Ahora bien, al analizar la Tabla 2 en la cual se comparan los cromosomas normales contra los letales se observa en todos los casos una mejor adaptabilidad de los cromosomas portadores de genes normales contra los portadores de genes letales independientemente de que hayan sido producto o no de la radiación. Lo anterior es controversial pues Wallace (1956 y 1958) observó que tanto cromosomas portadores y no portadores de genes letales cuando provienen de poblaciones irradiadas presentan mejor adaptabilidad. Sin embargo, los estudios de Falk y Ben.Zeev (1966) y Salceda (1985) muestran que las poblaciones irradiadas presentan una disminución en los valores de adaptabilidad en los casos por ellos analizados. Por su parte Mukai *et al.* (1966) encontraron sólo una ligera diferencia favoreciendo a los cromosomas provenientes de poblaciones sujetas a radiación, en estas referencias todos los estudios se refieren a resultados provenientes de experimentos realizados con la misma técnica empleada por nosotros, la CyL/Pm ya descrita, lo que permite las comparaciones.

Otros estudios como el de Ayala (1967) muestran que la radiación favorece, al menos en las primeras generaciones, una mejor adaptación en éste caso medida por el número de descendientes, lo que no se presenta en nuestro caso, una posible diferencia sería que el empleó otra metodología utilizando mediciones de índole demográfico además de emplear otras especies a saber *D. serrata* y *D. birchii*.

Tabla 4. Frecuencias relativas en porcentaje de diferentes categorías de fecundidad para genes normales en seis poblaciones naturales de *Drosophila melanogaster*.

Población	Semiletal	Subvital	Subnormal	Quasinormal	Normal	Supernormal
Coyoacán "A"	----	19.64	8.92	16.07	16.07	39.28
Col. del Valle	----	3.70	18.51	20.34	25.92	31.48
Mixcoac	4.34	13.04	15.21	8.69	19.56	39.13
Tuxtla Gutiérrez	----	17.64	23.52	5.88	5.88	47.05
Coyoacán "B"	4.34	13.04	13.04	8.69	17.39	43.47
Nopalera	----	11.85	22.04	8.47	20.34	37.28

Los resultados presentados en la Tabla 5 se refieren al fraccionamiento de las fecundidades promedio en diferentes categorías indicadas en la Tabla 1 y que están en concordancia con la Tabla 3 y que muestran las frecuencias relativas de cada tipo de cromosoma según su fecundidad y ésta comparada con la fecundidad promedio de la correspondiente población, la parte superior de la Tabla 5 se refiere a las frecuencias de las diferentes categorías para cromosomas normales (libres de genes letales) y la parte inferior de dicha tabla se refiere a los cromosomas portadores de genes letales.

Tabla 5. Frecuencias relativas en porcentaje de diferentes categorías de fecundidad para genes letales en seis poblaciones naturales de *Drosophila melanogaster*.

Población	Semiletal	Subvital	Subnormal	Quasinormal	Normal	Supernormal
Coyoacán "A"	4.44	9.63	14.07	7.07	32.59	31.85
Col. del Valle	----	7.54	11.32	16.98	32.07	32.07
Mixcoac	8.57	11.42	11.42	7.85	20.00	40.71
Tuxtla Gutiérrez	2.71	10.32	11.95	17.93	23.91	33.15
Coyoacán "B")	8.58	11.42	12.14	7.14	20.00	40.71
Nopalera	4.37	9.28	12.02	10.38	29.50	34.42

En el caso de los cromosomas normales y al comparar la población testigo contra las irradiadas, se nota que en general las frecuencias para las diferentes categorías son muy similares entre sí sobretodo en la categoría supernormales; con relación a las otras cinco categorías al comparar cada población irradiada contra la testigo no es posible observar un comportamiento definido, igual comportamiento lo presentan los cromosomas portadores de genes letales. Esta variabilidad de respuesta sólo la podemos adscribir a efectos menores en diferentes genes que actúan pleiotrópicamente y que debido al azar confieren una mayor o menor respuesta adaptativa a sus portadores.

Por lo anterior podemos concluir que las comparaciones dentro de las poblaciones, con respecto a ser portadores o no de genes letales, que en ellas las diferencias resultan significativas favoreciendo a los cromosomas libres de genes letales, como se observa en la Tabla 2.

Las comparaciones entre poblaciones, Tablas 3 y 4, indican que la población "C" es la menos adaptada y que tanto en esta población como en las poblaciones "B" y "D" las diferencias encontradas son atribuibles a efectos pleiotrópicos y que las poblaciones en el momento en que se hizo el estudio, pese al periodo de relajación, aún no alcanzan el equilibrio.

Cuando se presta atención a las frecuencias relativas de las diferentes categorías de fecundidad, Tabla 5, se observan en todos los casos desviaciones con relación a la población testigo, así, cuando se comparan los cromosomas libres de genes letales, parte superior de la tabla, existen diferencias entre los denominados supernormales; para la categoría normales las frecuencias en las poblaciones "B" y "D" son menores; para los quasinormales existe un exceso en las poblaciones "B" y "C"; para los subnormales tanto en la población "B" como en la "D" las frecuencias son mayores; en la categoría subvital es parece existir un gradiente que se pudiera considerar debido a la razón de dosis.

Al referirnos a los cromosomas portadores de genes letales en las tres poblaciones irradiadas se observan diferencias en cuanto a las frecuencias de genes supernormales; para los normales la población "D" es muy diferente presentando una alta frecuencia, similar respuesta existe para los quasinormales en tanto que para los subnormales las tres poblaciones muestran frecuencias altas; para los subvital es la población "D" es diferente con una baja frecuencia de éste tipo de cromosomas y la "B" presenta alta frecuencia.

Consideramos que todas estas diferencias son debidas a ajustes internos e independientes dentro de cada población experimental analizada, las que tienden a alcanzar un equilibrio con respecto a la población testigo o ancestral, pero que para ello requieren un mayor o menor tiempo de readaptación y que éste tiempo de reajuste depende de las diferentes interacciones entre las diferentes mutaciones todas ellas de índole pleiotrópico y que requieren pasar por un proceso de ajuste y selección.

Siendo la fecundidad uno de los componentes genéticos e mayor importancia que se presentan en las poblaciones, diversos investigadores se han interesado en analizar este parámetro todo ello bajo diferentes puntos de vista y por tanto del aquí presentado, en esos casos los autores han puesto interés en factores internos como son cepas de diferente origen, variantes genéticas diversas por mencionar algunas y factores externos como lo son agentes químicos tales como Adh, etanol o bien agentes físicos como la radiación, algunos de estos estudios se ejemplifican a continuación.

Sgro y Partridge (2000) en poblaciones naturales de *D. subobscura* llevadas al laboratorio observaron que la fecundidad al inici de su mantenimiento en el laboratorio es alta disminuyendo al cabo del transcurso de las generaciones en laboratorio; Gardner y colaboradores (2001) observaron la variación del pre-adulto con respecto a la viabilidad; Bokor y Pecsente (2004) detectaron diferencias en la fecundidad y viabilidad de *D. melanogaster* cuando las cepas fueron tratadas con etanol y Adh; Leips y colaboradores (2006) determinaron el efecto diferentes rasgos cuantitativos con efecto etario específico sobre la fecundidad de *D. melanogaster*; Sanic-Vesilinic y colaboradores (2013) observaron que la selección sexual puede reducir la carga

mutacional dependiente de la fecundidad en *D. subobscura*; lo anterior refleja el interés por indagar factores que alteran la fecundidad

Referencias bibliográficas

Ayala, F. 1967. Evolution on fitness. III. Improvement of fitness in irradiated populations of *Drosophila serrata*. *Proceedings National Academy of Sciences, United States of America* 58: 1919-1923.

Band, H.T. 1963. Genetic structure of populations. II. Viabilities and variances of heterozygotes in constant and fluctuating environments. *Evolution* 17: 307-319.

Band, H.T. 1964. Genetic structure of populations. III. Natural selection and concealed variability in natural populations of *Drosophila melanogaster*. *Evolution* 18: 384-404.

Band, H.T. and Ives, P.T. 1963. Genetic structure of populations. I. On the nature of the genetic load in South Amherst population of *Drosophila melanogaster*. *Evolution* 17: 198-215.

Bokor, K. and Pecszenje, K. 2004. Differences in the effect of ethanol on fertility and viability components among laboratory strains of *Drosophila melanogaster*. *Hereditas* 132(3):215-227.

Carson, H.L. 1969. Maintenance of lethal and detrimental genes in natural populations. *Japanese Journal of Genetics* 44 (suppl. 1): 225-227.

Da Cunha, A.B. 1968. Maintenance of lethal and detrimental genes in natural populations. *Proceedings of the XII International Congress of Genetics* 2: 162-163.

Falk, R. 1967. Fitness of heterozygotes in *Drosophila*. *Mutation Research*. 4: 805- 819.

Falk, R. and Ben-Zeev, N. 1966. Viability of heterozygotes for induced mutations in *Drosophila melanogaster*. II. Mean effects in irradiated autosomes. *Genetics* 53: 65-77.

Fowler, K, C. Semple, N.H. Barton and L.P. Partridge. 1997. Genetic variation for total fitness in *Drosophila melanogaster*. *Proceedings Biological Sciences* 264: 191-199.

Gardner, M.P., Fowler, K., Barton, N.H and Partridge, L.P. 2005. Genetic variation for total fitness in *Drosophila melanogaster*. *Genetics* 169: 1553-1571.

Gardner, M.P., Fowler, K., Partridge, L.P. and Barton, N.H. 2001. Genetic variation for preadult viability in *Drosophila melanogaster*. *Evolution* 55(8): 1609-1620.

Kitagawa, O. 1967. Interaction in fitness between lethal genes in heterozygous condition in *Drosophila melanogaster*. *Genetics* 57: 809-820.

Leips, J., P. Gilligan and Mackay, T.F.C. 2006. Quantitative trait loci with age-specific effects on fecundity in *Drosophila melanogaster*. *Genetics* 172: 1595-1605.

Mukai, T., Yoshikawa, I. and Saito, K. 1966. The genetic structure of natural populations of *Drosophila melanogaster*. IV. Heterozygous effects of radiation-induced mutations on viability in various genetic backgrounds. *Genetics* 53: 513-527.

Petit, C. and Nouaud, D. 1984. The maintenance of the lethal gene curly in experimental populations of *Drosophila melanogaster*. *Heredity* 53: 260-281.

Salceda, V. M. 1967. Recessive lethals in second chromosomes of *Drosophila melanogaster*, with radiation stories. *Genetics* 57: 691-699.

Salceda, V.M. 1985. Viability effect of lethal and non-lethal II chromosomes of irradiated *Drosophila melanogaster* populations. *Archives. Biologist. Nauka, Beograd* 37 (1-4): 27-32.

- Sánchez, P.J.L., Salceda, V.M. y Molina, J. 1974. Efecto de genes letales recesivos en posición trans en el cromosoma II de *Drosophila melanogaster* (Meigen) sobre algunos componentes de valor adaptativo. *Agrociencia* 16: 75-82.
- Sankaranarayanan, K. 1966. Some components of genetic load in irradiated experimental populations of *Drosophila melanogaster*. *Genetics* 54: 121-139.
- Savic-Vesilincevic, M., Pavkovic-Lucic, S., Kerbalijc-Novacic, Z., Jelic, M. and Andelkovic, M. 2013. Sexual selection can reduce mutational load in *Drosophila subobscura*. *Genetika* 45(2): 537-552.
- Sgro, C.M. and Partridge, L. 2000. Evolutionary responses of the life history of wild-caught *Drosophila melanogaster* to two standard methods of laboratory culture. *American Naturalist* 156(4): 341-353.
- Simmons, M.J., Sheldom, E.W. and Crow, J.F. 1978. Heterozygous effects of fitness of EMS treated chromosomes in *Drosophila melanogaster*. *Genetics* 88: 575-590.
- Wallace B. 1956. Studies on irradiated populations of *Drosophila melanogaster*. *Journal of Genetics* 54:280-293.
- Wallace B. 1958. The average effect of radiation induced mutations on viability in *Drosophila melanogaster*. *Evolution* 12: 532-552.
- Wallace, B. and Madden C. 1953. The frequency of sub an supervitals in experimental populations of *Drosophila melanogaster*. *Genetics* 38: 456-470.
- Yamazaki, T. 1984. Measurement of fitness and its components in six laboratory strains of *Drosophila melanogaster*. *Genetics* 108: 201-211.

Evaluación de la población de *Pyrrhura orcesi*
(Perico de El Oro) en el suroeste del EcuadorPopulation evaluation of *Pyrrhura orcesi* (El Oro Parakeet)
in southwestern EcuadorCésar Leonardo Garzón Santomaro^{*1,2}, Marco F. Monteros³, Andrés Merino Viteri⁴¹Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO). Calle Rumipamba 341 y Av. de los Shyris, Quito 17078976, Ecuador.²Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Escuela de Ciencias Biológicas, Av. 12 de Octubre 1076 y Roca, Quito 170525, Ecuador. cesar.garzon@biodiversidad.gob.ec
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6171-3686>³Fundación EcoMinga, Av. 12 de noviembre and Luis A Martínez, Baños, Tungurahua, Ecuador
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6670-3687>⁴Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Museo de Zoología (QCAZ), Escuela de Ciencias Biológicas, Av. 12 de Octubre 1076 y Roca, Quito 170525, Ecuador
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1039-2645>*Autor de correspondencia:
cesarleo5@yahoo.com

DOI: 10.26807/remcb.v43i1.933

Recibido: 6-05-2022
Aceptado: 8-05-2023
Publicado: 27-05-2023Como citar este artículo:
Garzón CL, Monteros MF, Merino-Viteri A. 2023. Evaluación de la población de *Pyrrhura orcesi* (Perico de El Oro) en el suroeste del Ecuador. Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas 44(1): 19-34. doi: 10.26807/remcb.v43i1.933

Resumen.- *Pyrrhura orcesi* (Perico de El Oro) es una especie endémica y amenazada que habita en los Andes al suroeste de Ecuador en una estrecha franja de bosque nublado, ca. 100 km x 8 km en una gradiente altitudinal entre 800 y 1300 m. Este trabajo evalúa por vez primera las poblaciones de pericos en toda su área de distribución e identifica sitios importantes para la conservación. La búsqueda de pericos se realizó mediante recorridos visuales-auditivos de 2 a 3 km en cada sitio de muestreo. Se implementaron puntos fijos de conteo, en donde se detectó la presencia frecuente de pericos. Entre los años 2009 y 2012, se estimó un total de 695-714 individuos de 109-112 bandadas, en 13 localidades. Se utilizaron los datos regionales obtenidos para correr modelos predictivos de distribución e impacto potencial del cambio climático en la futura distribución de las poblaciones de *P. orcesi* en el suroeste del Ecuador. Esta información permitirá desarrollar lineamientos preliminares para la conservación de los bosques nublados del suroeste del Ecuador en donde habita esta especie de perico.

Palabras clave: corredor de conectividad, cambio climático, estimación, rango altitudinal, distribución potencial.

Abstract.- *Pyrrhura orcesi* (El Oro Parakeet) is an endemic and threatened species restricted to a narrow band of Andean cloud forests in southwestern Ecuador. It occupies an area of ca. 8 km x 100 km, at between 800 and 1300 m altitude. For the first time, we assess the El Oro Parakeet's populations across their distribution and identify important conservation areas. Parakeet detection was carried out through visual-auditory surveys along 2 to 3 km transects on each sampling site. Several fixed counting points were established where parakeets were frequently present. Between 2009 and 2012, 695-714 individuals from 109-112 flocks were estimated in 13 locations. These regional records were used to run predictive distribution models and to assess the potential impact of climate change on the future distribution of this species in southwestern Ecuador. This information will enable the development of guidelines for conserving cloud forests of southwestern Ecuador where the El Oro Parakeet is present.

Keywords: altitudinal range, connectivity corridor, climate change, estimation, potential distribution

Introducción

Los Andes tropicales occidentales son un área importante para la biodiversidad, que aloja una de las biotas más diversas y endémicas del planeta (Myers et al. 2000; Ceballos and Ehrlich 2006; Morrone 2014), con especies de rangos geográficos restringidos y amenazadas a nivel global (Voss 2003; Mena et al. 2011; Amori et al. 2013; Prado et al. 2014). El origen geológico de esta área ha sido un factor trascendental que ha moldeado ambientes novedosos provocando especiación y produciendo nuevos linajes de colonización (Esquerré et al. 2019).

Una muestra representativa de aquella biodiversidad se encuentra en los Andes del suroeste del Ecuador, consideradas como áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad ecuatoriana (Cuesta et al. 2015). En las estribaciones de esta zona de los Andes habita el perico de El Oro (*Pyrrhura orcesi*) en una estrecha franja altitudinal entre los 700 – 1300 m a través de 100 km de largo y 8 km de ancho, en las provincias de Azuay y El Oro (Ridgely and Robbins 1988; Ridgely y Greenfield 2006). *P. orcesi* es una especie endémica y categorizada como En Peligro de Extinción (EN) (Freile et al. 2018; BirdLife International [cited 2023]). BirdLife (2000) estimó una población regional de 2000 a 10000 individuos, sin embargo, actualmente se estima una población de 250 a 999 individuos maduros, lo que equivale a 375-1499 individuos en total (Birdlife International [cited 2023]).

El perico de El Oro es una especie gregaria y en época de nidificación existen tanto parejas monógamas como grupos cooperativos (Klauke et al. 2013, 2014). Esta especie anida en cavidades ubicadas en árboles, principalmente copales (*Dacryodes peruvianum*), palmas (*Iriartea deltoidea*), tangaré (*Carapa guianensis*) y la bella María (*Nectandra* sp.) (Garzón-Santomaro et al. 2020). Los grupos familiares conformados por más de tres individuos, tienen sólo una pareja reproductiva activa, los demás pericos (exclusivamente machos) ayudan a cuidar y alimentar a los pichones, indicando que sólo una parte de la población es activa reproductivamente (Klauke et al. 2014) (Figura 1).



Figura 1. Bandada de *P. orcesi* anidando en un nido artificial en la Reserva Buenaventura.

P. orcesi se encuentra únicamente protegido en la Reserva Buenaventura localizada en el cantón Piñas, provincia de El Oro y manejada por la Fundación de Conservación Jocotoco. Desde el año 2002, en la reserva se han realizado varios estudios como, estimación y monitoreo de la población de pericos, uso de hábitat, área de vida con radio-telemetría, estudio genético poblacional, colocación y monitoreo de nidos artificiales, entre otros (Garzón-Santomaro et al. 2019). En el 2003, se estimaron un total de 187 individuos (Schaefer and Schmidt 2003) y 192 individuos en el año 2007 (Garzón-Santomaro and Juiña 2007).

La franja altitudinal (1000 – 3000 m) en las laderas occidentales de los Andes presenta un elevado riesgo de fragmentación, debido a la conversión del hábitat por actividades antropogénicas. Justamente, el estudio de *P. orcesi* realizado en la Reserva Buenaventura evidenció que la deforestación representa la mayor amenaza para su supervivencia, la falta de conectividad ha

acarreado que las poblaciones de pericos presenten bajas tasas efectivas de dispersión y el flujo genético sea extremadamente bajo (Klauke et al. 2016).

A partir de este amplio conocimiento de la ecología y estado de conservación de *P. orcesi* en la Reserva Buenaventura, en este trabajo evaluamos las poblaciones de pericos en las estribaciones de los Andes del suroeste del Ecuador. Esto nos permitió conocer por vez primera la estimación poblacional de pericos y la identificación de nuevas áreas de ocurrencia de *P. orcesi* en el suroeste del Ecuador. Para esto, utilizamos los datos de presencia de *P. orcesi* y una combinación de variables ambientales para determinar su distribución potencial. Los resultados desprendidos de este trabajo servirán para conocer el tamaño poblacional en toda la distribución del perico de El Oro y a su vez, priorizar áreas importantes para la conservación de su hábitar en el suroeste del Ecuador.

Materiales y métodos

Área de estudio. Se localiza en las estribaciones de la cordillera de los Andes al suroeste del Ecuador, es una zona de transición entre los regímenes bioclimáticos Húmedo Tropical a los 600 m y Húmedos Subtropical y que pertenece al complejo "Darién-Chocó-Western Ecuador" considerado como uno de los mundialmente conocidos "hotspots" (Myers et al. 2000).

Se visitaron 22 localidades distribuidas en dos áreas de estudio: zona norte, ocho localidades ubicados en las provincias de Azuay, El Oro y Guayas, en la denominada cordillera de Molleturo; zona sur, 12 localidades de muestreo en la denominada cordillera de Chilla en la provincia de El Oro y dos en la provincia del Azuay (03°15'43''S - 79°38'08''O) y Pucará (03°18'01''S - 79°31'21''O) ubicadas en la provincia de Azuay (Tabla 1, Figura 2). Las localidades estuvieron separadas entre 2 a 3 km en promedio, sin embargo las localidades de Azuay fueron las que presentaron un mayor distanciamiento.

Ubicación de sitios de muestreo de *Pyrrhura orcesi*

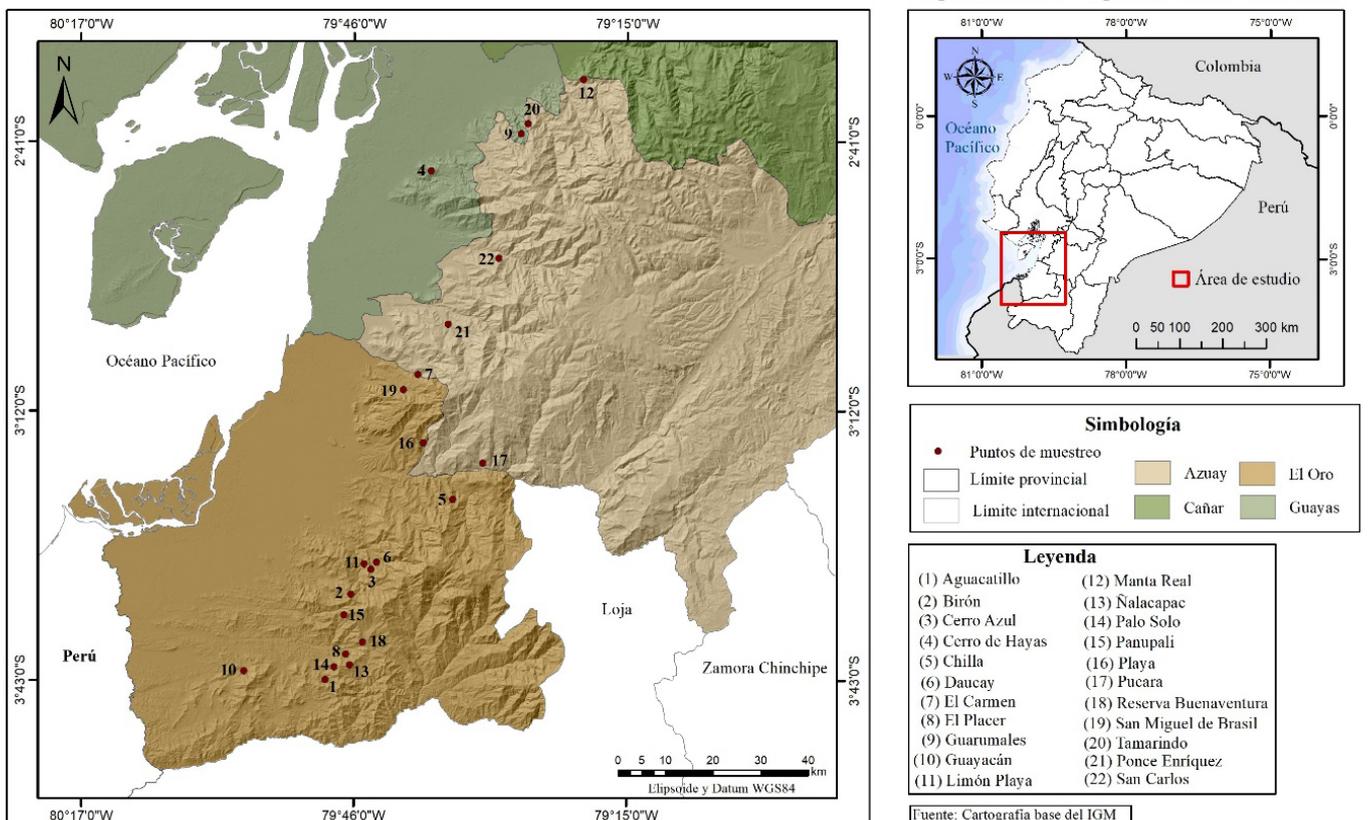


Figura 2. Ubicación de los sitios de muestreo de *P. orcesi* (Perico de El Oro) en el suroeste del Ecuador.

Tabla 1. Número individuos y bandadas de pericos presentes en los sitios de muestreo en el suroeste del Ecuador.

Localidad	Provincia	Coordenadas		Zona Norte		Zona Sur		Total Regional	
		N-S	E-O	Nro. Pericos	Nro. Grupos	Nro. Pericos	Nro. Grupos	Nro. Pericos	Nro. Grupos
Manta Real	Azuay	02°34'17''S	79°19'57''O	-	-	-	-	-	-
Tamarindo	Azuay	02°38'59''S	79°26'16''O	-	-	-	-	-	-
Guaramales	Azuay	2°43'03''S	79°30'04''O	31	6	-	-	31	6
Cerro de Hayas	Guayas	02°44'22''S	79°36'44''O	-	-	-	-	-	-
San Carlos	Azuay	03°07'51''S	79°38'43''O	18	3	-	-	18	3
Ponce Enríquez	Azuay	03°03'32''S	79°39'17''O	-	-	-	-	-	-
El Carmen	Azuay	02°58'25''S	79°33'49''O	14	3	-	-	14	3
San Miguel de Brasil	El Oro	3°09'37''S	79°40'22''O	42	7	-	-	42	7
Playa	Azuay	03°15'43''S	79°38'08''O	-	-	-	-	-	-
Pucara	Azuay	03°18'01''S	79°31'21''O	-	-	-	-	-	-
Chilla	El Oro	03°22'52''S	79°34'37''O	-	-	-	-	-	-
Daucay	El Oro	03°29'26''S	79°43'25''O	-	-	-	-	-	-
El Placer	El Oro	03°40'00''S	79°46'56''O	-	-	-	-	-	-
Cerro Azul	El Oro	03°29'22''S	79°43'31''O	-	-	80	11	80	11
Limón Playa	El Oro	03°29'39''S	79°44'49''O	-	-	9	2	9	2
Birón	El Oro	03°33'07''S	79°46'21''O	-	-	11	2	11	2
Palo Solo	El Oro	03°41'23''S	79°46'27''O	-	-	97	13	97	13
Ñalacapac	El Oro	03°41'04''S	79°46'13''O	-	-	77	15	77	15
Aguacatillo	El Oro	03°43'33''S	79°48'47''O	-	-	30	5	30	5
Panupali	El Oro	03°35'26''S	79°47'04''O	-	-	19	4	19	4
Guayacán	El Oro	03°42'35''S	79°57'16''O	-	-	25	4	25	4
Buenaventura	El Oro	03°38'35''S	79°45'00''O	-	-	261	37	261	37
Media poblacional				26.25		67.67		37.75	6.38
Desviación				11.05		75.08		65.62	2.99
Confianza				95%		95%		95%	95%
Error				±10.83		±49.05		±35,67	±0,55
Tamaño Muestra				4		9		13	
Intervalo de confianza				15,42 - 37,08		18,61 - 116,72		19,25 - 90,59	5,82 - 6,92
Máximo número de pericos y bandadas				91-105	19	547-609	93	695-714	109-112

Se observaron tres hábitats que predominaron en el área de estudio: a) bosques naturales maduros, que se encuentran en áreas pendientes, quebradas y zonas casi inaccesibles; b) bosque natural intervenido, situados en zonas no muy pendientes y abarcando hábitats como bosques secundarios, con extracción de madera y en regeneración y; c) pastos arbolados comúnmente situados en llanos o planicies, que se caracterizan por tener árboles en medio de los pastizales.

Métodos. Se efectuaron recorridos en lugares donde históricamente se registraron poblaciones de *P. orcesi* (Ridgely y Robbins 1988; Ridgely y Greenfield 2006). Los registros se obtuvieron mediante observaciones directas y auditivas para determinar la presencia o ausencia de pericos. En cada localidad, se efectuaron recorridos de 3 a 4 km dependiendo de la topografía del terreno y se realizaron paradas aleatorias de observación en lugares con amplio panorama de visualización para identificar de mejor manera a los grupos de pericos.

Después de detectar y confirmar la presencia de pericos en una localidad determinada, se estableció puntos fijos de conteo en lugares estratégicos de observación para su seguimiento (cerros, crestas de montañas, bordes de bosque, zonas abiertas, etc.), desde donde se podían contabilizar fácilmente el número de individuos por grupo o bandada de pericos, ya sea dentro de un bosque o en un área abierta. Las localidades con presencia de pericos fueron visitadas cuatro veces al año y durante cuatro días. El muestreo fue realizado entre las 07:00 a 17:00 utilizando dos horas en cada punto fijo, ubicados a una distancia mínima entre sí de 200 a 300 m. Para evitar contar los mismos individuos o grupos de pericos y lograr una estimación más exacta se tomó en cuenta dos factores: a) cada sitio de muestreo presentó dos o tres observadores simultáneos en distintos puntos fijos de conteo y así evitar contar los mismos grupos de pericos; b) se visitaron durante tres semanas a un mes todos los sitios de muestreo en todo el rango de distribución de *P. orcesi*, bajando la probabilidad de confundir una población o contar la misma población dos veces, en una localidad determinada. La selección de este factor es debido a que los pericos presentan un área de vida relativamente pequeña, no tienen desplazamientos amplios, especialmente en cortos períodos de tiempo (2 meses) a comparación de otros psitácidos (Garzón-Santomaro 2004; Garzón-Santomaro et al. 2019). Este desplazamiento y comportamiento de los pericos, minimizó la probabilidad de contar los mismos grupos o individuos en diferentes sitios de muestreo.

Esta metodología se ha utilizado desde que se inició el estudio de *P. orcesi* en la Reserva Buenaventura al suroeste del Ecuador (Schaefer and Schmidt 2003; Garzón Santomaro 2004; Naranjo-Saltos 2007; Echeverría Vaca 2014; León-Hernández 2015; Echeverría-Vaca y Garzón-Santomaro 2016).

Las localidades, correspondientes a los puntos de conteo y a los hábitats presentaron el mismo tiempo de esfuerzo de muestreo, para realizar las respectivas comparaciones de las preferencias de hábitat de los pericos. Para la observación y seguimiento de los pericos fue necesario el uso de binoculares y un GPS para georeferenciar los puntos de observación y la ubicación de los pericos dentro del área de estudio. Es importante citar, que no se realizó búsqueda intensiva de nidos, así que únicamente se incluye en este trabajo la estimación local y regional de poblaciones de *P. orcesi*.

Los datos que fueron tomados en cuenta para la estimación poblacional de los pericos son los siguientes: código del punto de conteo, fecha, hora de inicio y fin de estancia en el punto fijo, número de individuos, hábitat, distancia y dirección de vuelo. Los datos fueron ingresados y sistematizados en una base de datos en el software Excel, luego procedimos a sumar los pericos de diferentes puntos de observación, sin embargo, nunca se sumaron los individuos contados en diferentes horarios de una misma localidad, porque generalmente puede tratarse de los mismos grupos. Tras estimar el número de pericos por cada localidad, se sumaron los individuos que por el horario de las observaciones no podían solaparse (Cockle et al. 2007; Fariña et al. 2009; Segovia y Cockle 2012).

Con respecto a los modelos de distribución potencial, se utilizaron los datos obtenidos directamente de campo, entre los años 2009-2012 y se analizaron mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG). Para determinar modelos de distribución potencial, se utilizó el algoritmo MaxEnt 3.2.1 (Phillips et al. 2006; Peterson et al. 2011), usando el 80 % de los registros de presencia como puntos de entrenamiento y el 20 % de validación. Se analizó la distribución de los puntos de presencias/ausencias de los pericos, rango geográfico de residencia según la lista roja de IUCN, historia natural, distribución de franjas altitudinales máximas y mínimas según la literatura (Ridgely y Grennfield 2006; McMullan y Navarrete 2017; Freile y Restall 2018).

Se utilizó un conjunto de variables que se obtuvo de la plataforma WorldClim versión 2.2, de las cuales once corresponden a temperatura y ocho a precipitación (Hijmans et al. 2005), con una resolución espacial de 30 arcossegundos lo que equivale en terreno aproximadamente de 1 km (www.worldclim.org). En cada modelo se realizaron dos ejercicios: primero para saber la contribución relativa de cada una de las 19 variables y la segunda corrida se efectuó con las variables bioclimáticas que más influyeron en el modelo y no estaban correlacionadas entre sí.

El modelo final de la distribución potencial de *P. orcesi*, se elaboró a partir de la selección del modelo que presentó el error de omisión más bajo y valores más altos del área bajo la curva AUC (Area Under the Curve) y que está comprendido entre 0,5 y 1. Estos valores miden la capacidad del modelo para clasificar correctamente a una especie como presente o ausente (Phillips et al. 2006; Contreras-Medina et al. 2010). Para considerar estadísticamente confiable el modelo final, se utilizaron valores aproximados a 1 pero mayores a 0,8 de AUC, tanto de prueba como de entrenamiento (Phillips et al. 2006).

Se realizaron cinco réplicas usando el método de Bootstrap, cada réplica fue proyectada a futuro, utilizando los escenarios de emisiones de los gases de efecto invernadero, aplicados en un horizonte de tiempo a 50 años (promedio para 2041-2060) y se encuentran disponibles en el portal Worldclim conocidas como, Vías Representativas de Concentración (RCP por sus siglas en inglés) y están disponibles cuatro escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero, RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5 ((Moss et al. 2010; IPCC 2014; Van Vuuren et al. 2011)). Los escenarios seleccionados fueron el RCP 4.5 (referente al escenario futuro de menores emisiones de dióxido de carbono) y la RCP 8.5 (referente al escenario futuro de mayores emisiones de dióxido de carbono) determinadas como las más probables para la región (Moss et al. 2010; Picasso et al. 2013).

Por último, a partir de los valores de cada variable ambiental seleccionada de *P. orcesi*, y en base al método de quiebres de Jenks y al umbral de corte, clasificamos en cinco categorías de idoneidad de hábitat: 1) Muy alta, 2) Alta, 3) Media, 4) Baja y, 5) Muy baja (Jenks 1967). Posteriormente a estos análisis, la distribución potencial de *P. orcesi* fueron proyectados en el programa ArcGis 10.3.

Resultados

Estimación de la poblacional del perico de El Oro en su rango de distribución

Se identificó la presencia de *P. orcesi* en cinco localidades en el año 2009 y fueron registrados otras 13 localidades en el año el 2012. En este último año, debido al encuentro de un mayor número de localidades, se realizó la estimación regional de pericos, obteniendo un total de 695 -714 individuos de 109-112 bandadas o grupos familiares. El número promedio de pericos en las localidades de muestreo fue de 54,92 individuos ($\pm 35,67$, $n = 13$), con un rango de variación entre los 19,27 y 90,59 individuos (Intervalo de Confianza del 95 %). La alta desviación obtenida se debió al registro de poblaciones grandes de pericos en la provincia de El Oro, principalmente en la Reserva Buenaventura y sus alrededores (Ñalacapac, Palo Solo, Cerro Azul). Por otro lado, el tamaño promedio de las bandadas o grupos de pericos fue 6,38 individuos ($\pm 0,55$, $n = 112$), variando entre 5,82 y 6,93 individuos (Intervalo de Confianza del 95 %). El tamaño de las bandadas de pericos se registró un mínimo de dos individuos y un máximo de 14 individuos (Tabla 1).

En la zona norte, en la cordillera de Molleturo, identificamos poblaciones de pericos en cuatro de las ocho localidades muestreadas: Guarumales, San Carlos, El Carmen y San Miguel de Brasil (Tabla 1). Estas localidades presentaron poblaciones pequeñas de pericos y poco frecuentes, con un tamaño promedio de 26,25 individuos ($\pm 11,05$, $n = 4$), variando entre 15,42 a 37,08 individuos en las localidades de muestreo. En total se estimó entre 91-105 pericos y 19 grupos familiares en la provincia de Azuay (Tabla 1).

En la zona sur, se presentaron poblaciones de pericos en nueve de las 14 localidades muestreadas. Las localidades que presentaron las poblaciones de pericos más importantes fueron: Reserva Buenaventura y a una distancia de 2 a 3 km las localidades de Palo Solo, Ñalacapac y Cerro Azul (Tabla 1). El número promedio de pericos en las localidades de muestreo fue de 67,67 individuos ($\pm 49,05$, $n = 9$), variando entre los 18,61 y 116,72 individuos por localidad. En general, se estimó entre 547-609 individuos y 93 grupos familiares, mostrando que la provincia de El Oro presenta las localidades más importantes y de mayor congregación de pericos en toda el área de distribución conocida.

El mayor número de registros de *P. orcesi* en todo su rango de distribución se obtuvo en los potreros con árboles, ubicados en medio de los remanentes boscosos y en zonas con bajas pendientes. Un menor número de observaciones se registraron en los remanentes boscosos, sean en los bosques naturales maduros ubicados principalmente en áreas pendientes y quebradas, y en los bosques secundarios, generalmente con extracción de madera y ubicados en zonas con pendientes no muy pronunciadas. El patrón de registro de pericos fue muy similar en todos los años de estudio, siendo los potreros arbolados los hábitats más importantes (Figura 3). El tiempo de observación de pericos fue el mismo en cada uno de los hábitats visitados.

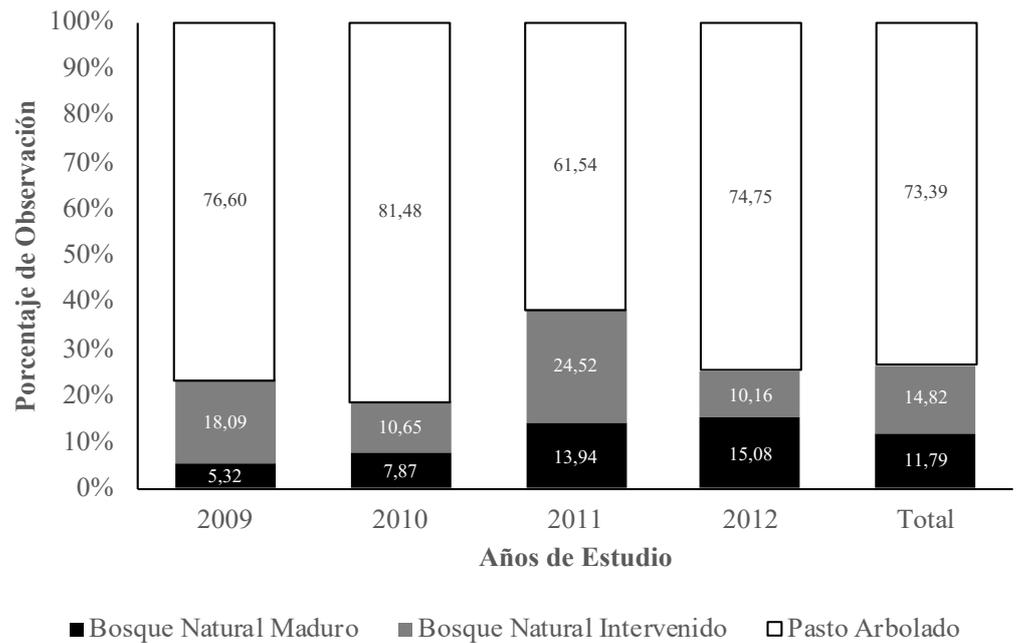


Figura 3. Registros de pericos en hábitats del suroccidente del Ecuador.

Modelo de distribución potencial del perico de El Oro

Después del ejercicio del modelamiento con las 19 variables bioclimáticas de Worldclim, se realizó una segunda corrida con las cinco variables que presentaron una alta contribución al modelo y no estaban correlacionadas entre sí (Temperatura máxima del mes más cálido, Precipitación total anual, Precipitación del mes más seco, Temperatura mínima del mes más frío, Estacionalidad de la temperatura). La Precipitación total anual y la Temperatura máxima del mes más cálido fueron las que aportaron más en la construcción del modelo y las que más influenciaron en la distribución potencial de *P. orcesi* (Tabla 2).

Tabla 2. Contribución estadística de cada variable climática seleccionada que contribuye al modelo.

Código	Variable	Porcentaje de Contribución	Importancia de Permutación
bio5	Temperatura máxima del mes más cálido	33.9	45.1
bio12	Precipitación anual	24.8	10.9
bio14	Precipitación del mes más seco	17	6.4
bio6	Temperatura mínima del mes más frío	15.7	32.1
bio4	Estacionalidad de la temperatura	8.7	5.6

La validación del modelo arrojó un valor probabilístico de 0,945 (AUC). También se tomó el AUC de los registros que sirvieron para la prueba de evaluación del modelo, obteniendo un valor de 0,950. *P. orcesi* presenta una distribución potencial que va desde la provincia de Cañar hasta el norte de la provincia de Loja, cruzando las provincias del Azuay y Guayas.

La mayor parte de la distribución potencial del *P. orcesi* se encuentra en la provincia de El Oro y en menor proporción en Loja, Cañar, Guayas y una mediana parte en Azuay. El área predicha total del modelo es de 2 910,46 km², sin embargo, cuando solapamos las capas de cobertura vegetal y usos de suelo del Ecuador continental, el área que presenta las condiciones ambientales y el tipo de vegetación favorable para *P. orcesi* se reduce a 2367,29 km² (81,33 % del área predicha), siendo 905,96 km² de cobertura boscosa (38,36 % del área predicha) y 1461 km² de pastizal (61,71 %) (Figura 4).

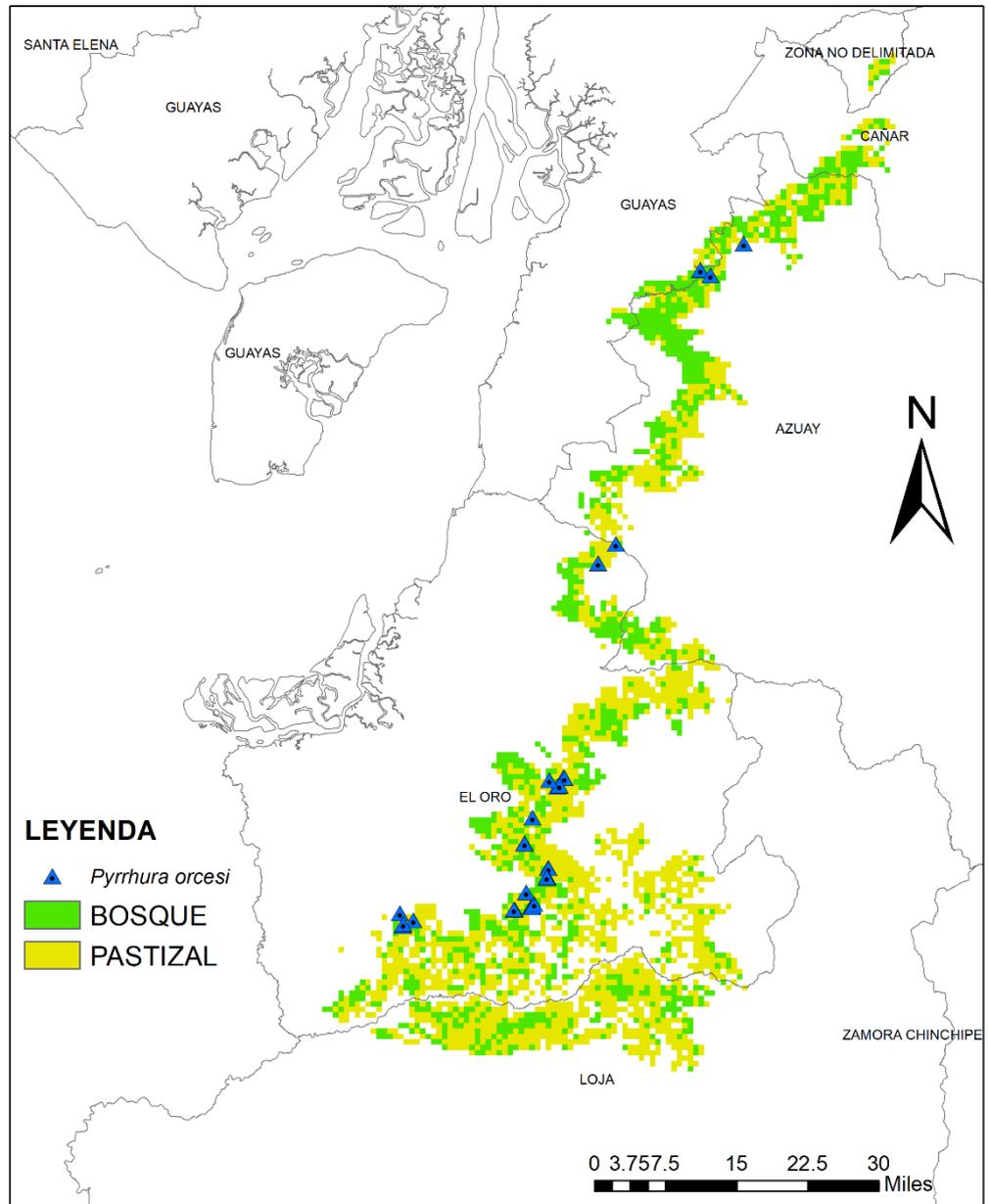


Figura 4. Cobertura vegetal en el área predicha del modelo de distribución potencial de *P. orcesi*.

Tomando en cuenta los escenarios de cambio climático para el año 2050 (promedio para 2041-2060), *P. orcesi* en un escenario RCP 4.5 presenta un área predicha de 764,07 km² de condiciones ambientales favorables entre los 1500 a 2000 m.s.n.m., disminuyendo en un 73,75 % de su distribución potencial (Figura 5). Mientras que en el escenario RCP 8.5 es de 583 km² entre los 1500 a 2500 m, disminuyendo un 79,93 % (Figura 5). Observamos que la mayor ocurrencia de pericos en estas áreas predichas se ubica en la provincia del Azuay en la Cordillera de Molleturo-Mollepungo, contrariamente, a lo que ocurre actualmente, en donde la mayor probabilidad de presencia de poblaciones de *P. orcesi* es la provincia de El Oro.

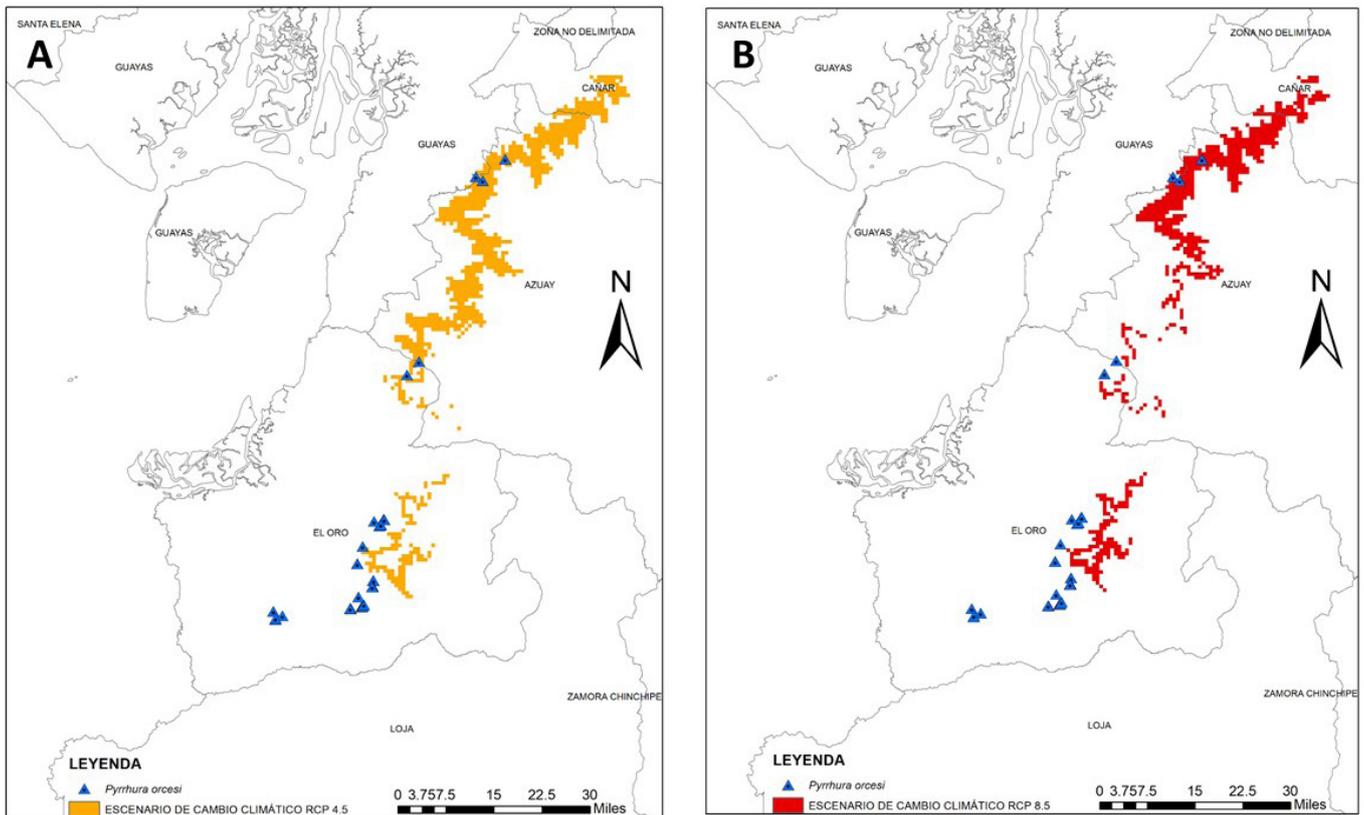


Figura 5. A) Distribución potencial de *P. orcesi*, escenario de cambio climático RCP 4.5; B) Distribución potencial de *P. orcesi*, escenario de cambio climático RCP 8.5.

Los ejercicios del modelado de nicho ecológico de *P. orcesi* y su ponderación indica que la provincia de El Oro presenta las mayores zonas de idoneidad ecológica, siendo los sitios más importantes la Reserva Buenaventura y sus alrededores como, las localidades de Ñalacapac, Cerro Azul y Palo Solo (Figura 6). En la provincia de Azuay existe una menor idoneidad ecológica, lo que corrobora los pocos registros de campo de grupos de *P. orcesi*. Zonas fuera de la distribución de *P. orcesi*, también presentan una idoneidad ecológica importante, al norte en la provincia de Chimborazo y al sur de la provincia de Loja (Figura 6). Sin embargo, estas áreas son estimaciones de áreas potenciales, lo que quiere decir, que reflejan las condiciones ambientalmente óptimas para la especie, sin considerar los efectos de origen antrópico que puedan limitar la óptima distribución de *P. orcesi*. En general, el ecosistema que presentó la mayor idoneidad ecológico en toda la distribución de *P. orcesi* fue el bosque siempreverde piemontano.

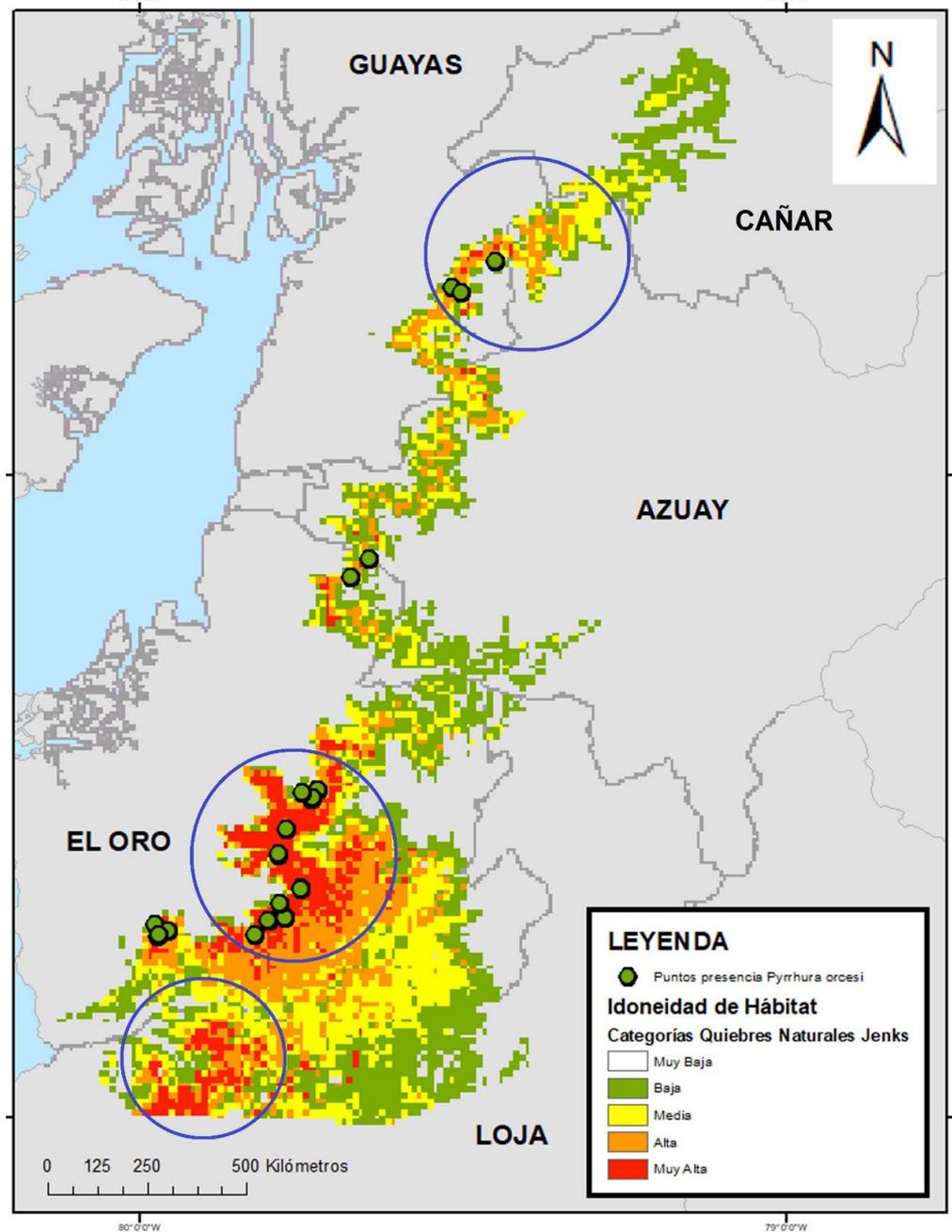


Figura 6. Mapa de idoneidad de hábitat de *P. orcesi* con cinco categorías en base a los quiebres naturales de Jenks. En círculo azul las áreas más importantes de idoneidad de hábitat.

Discusión

La estimación que realizamos de las poblaciones de *P. orcesi* en el suroeste del Ecuador, coincide en cierta medida a lo citado por Birdlife International ([cited 2023]), que estima una población de 250 a 999 individuos maduros que equivale a 375-1499 individuos en total.

Las poblaciones de pericos registrados en este estudio estuvieron dentro del rango de distribución (Ridgely and Robbins 1988; Ridgely y Greenfield 2006; Freile and Restall 2018), mostrando que no se extienden mucho más de sus límites identificados desde su descubrimiento. Posiblemente, la presencia de pericos en una zona determinada está fuertemente relacionado con la abundancia de algunas especies arbóreas que le sirven de alimento frecuentemente como, *Ficus sp.*, *Cecropia reticulata*, *Heliocarpus popayanensis*, *Iriartea deltoidea* (Garzón-Santomaro and Juiña 2007). Otros

psitácidos como el perico pintado *Pyrrhura roseifrons* y perico pechiblanco *Pyrrhura albipectus* distribuidos al sureste del Ecuador, o el perico pechipardo *Pyrrhura calliptera*, especie endémica de Colombia, consumen siconos de *Ficus* sp, llegando a ser especialistas en este tipo alimento (Rodríguez y Hernández 2002). Estas especies de árboles que conforman la dieta de los psitácidos son importantes para delinear estrategias de conservación no sólo para *P. orcesi*, sino para otras especies de psitácidos del Ecuador y Sudamérica. Junto a esto, mencionar la gran importancia que tiene el copal *Dacryodes peruvianum* para la reproducción y anidación de *P. orcesi* (Garzón-Santomaro et al. 2020).

Los grupos de pericos están formados entre 3 y 14 individuos, en algunas ocasiones se congregan con otros grupos para buscar alimento, descansar y realizar actividades de forrajeo (suman grupos de hasta 60 individuos). Estas grandes bandadas, posiblemente están formadas por múltiples parejas relacionadas o juveniles no reproductivos de varias generaciones. Esto se observa en otras especies de psitácidos, específicamente lo observado en *Guaruba guarouba* (Laranjeiras 2011), y lo que puede reforzar la idea en que *P. orcesi* también pueden formar clanes. Las bandadas o grupos de pericos presentan el mismo tamaño a lo largo del año y solo cambian al entrar en época de reproducción, mismo comportamiento observado en otras especies de psitácidos como el perico dorado *G. guarouba* (Laranjeiras 2011).

El Oro es la provincia que presentó la mayor abundancia de pericos con más del 85 % del total de la población, así mismo, en las localidades se evidenció la constante presencia de pericos en varios períodos del día, en diferentes hábitats y en todos los meses de muestreo. Estos resultados obtenidos se deben a varios factores, sin embargo, lo más evidente es la presencia de la Reserva Buenaventura en la provincia de El Oro. La reserva presenta una gran extensión de remanentes boscosos y áreas de anidación, esta última gracias a la asistencia del sistema de nidos artificiales. Se observó que la abundancia de pericos posiblemente está relacionada con la cercanía a la Reserva Buenaventura, en donde, se han identificado localidades con poblaciones numerosas de pericos (Cerro Azul, Palo Solo, Ñalacapac). Posiblemente, la reserva es un sumidero de las poblaciones de pericos y un área importante para su reproducción y anidación.

Los sitios de muestreo donde no fueron registradas poblaciones de pericos fueron visitados tres veces por año para confirmar su presencia o ausencia. Durante cuatro años, en nueve sitios de muestreo no fueron registradas bandadas de pericos, aunque las localidades eran parte de su zona de distribución. Seoane and Bustamente (2001), mencionan que se asumen implícitamente que los hábitats adecuados para una especie están ocupados por ella, sin embargo, un área adecuada puede estar vacía ya sea porque aún no se ha colonizado o porque la población existente se ha extinguido. Para confirmar esta aseveración en el caso de *P. orcesi*, se necesita monitorear a largo plazo y medir otros factores como, calidad de hábitat, áreas de anidación, fenología, comportamiento, fragmentación entre otros.

Es conocido que la fragmentación a menudo ocasiona una disminución en la capacidad de desplazamiento de los animales silvestres dentro del paisaje modificado (Johnson et al. 1992). A pesar de ello se ha observado que las poblaciones de *P. orcesi* son muy tolerantes a la modificación de su hábitat y ocupan los pastos arbolados como áreas de dispersión, alimentación y anidación (Echeverría y Garzón 2016; Klauke et al. 2016; Garzón et al. 2020). La especie *P. orcesi* persiste en su área de distribución gracias a la presencia de remanentes boscosos que se restringen a zonas pendientes y quebradas, que su vez, se encuentran alrededor de las áreas intervenidas. Además, estas áreas presentan todavía árboles de los cuales se alimentan frecuentemente como el *Ficus* sp., y disponen de árboles con cavidades para la anidación. Esta observación es similar en varias especies de psitácidos como el *G. guarouba* (Laranjeiras 2011), en el perico paramuno *Leptosittaca branickii* (Montes and Verhelst 2011) en el loro vinoso *Amazona vinaceae* (Segovia y Cockle 2012), la cotorra chiripepé *Pyrrhura frontalis* (Kristoch and Marcondes-Machado 2001), los cuáles, ocupan las zonas abiertas o perturbadas para actividades de forrajeo e inclusive para la anidación.

Sin embargo, se cree que las altas tasas de deforestación representan una amenaza inminente, especialmente para la supervivencia del perico de El Oro (Klauke et al. 2016). Aunque en el siglo XX no se tiene datos de censos exhaustivos sobre el tamaño de la población de pericos,

estimaciones sugieren una disminución de la población en las últimas tres décadas de 8000-10000 individuos a aproximadamente, 1500 individuos en las tres últimas décadas (Birdlife 2000, Birdlife International (2023).

El modelo obtenido corrobora la distribución actual de los pericos, en los bosques piemontanos entre los 800 a 1300 m y, potencialmente en los bosques montanos bajos hasta los 1600 m. Al incrementar la temperatura mediante un escenario de cambio climático futuro, la especie puede ampliar su distribución hasta los 2500 m, este dato que se debería tomar en cuenta para implementar estrategias de conservación. Estos resultados concuerdan en cierta medida con el estudio realizado en la Reserva Buenaventura por Hermes et al. (2018), quien observó que, el rango de distribución del perico ha aumentado altitudinalmente a una velocidad promedio de 90 m por década, lo que corresponde a un desplazamiento de aproximadamente 420 m por cada 1°C de calentamiento, aumento que podría ser causado por una baja tolerancia a los cambios de temperatura por parte de los pericos. La Fundación Jocotoco al evidenciar estos cambios drásticos en la distribución de *P. orcesi*, ha proyectado ampliar altitudinalmente a la Reserva Buenaventura hasta 2200 m con una expansión aproximada de 2000 ha (Michael Moens com. pers.). A través de los resultados de cambio climático de máximas emisiones de dióxido de carbono de nuestro estudio, se observa que la mayor ocurrencia del área predicha se encuentra en la provincia del Azuay en la Cordillera de Molleturo-Mollepungo. Es por este motivo que, la implementación de una estrategia de conservación de *P. orcesi* debe estar orientada no solo a las zonas altas de la provincia de El Oro, sino incluir también a los bosques de altura del Azuay, que poseen condiciones idóneas.

Los ecosistemas piemontanos de la provincia de El Oro presentan una muy alta idoneidad en una franja altitudinal entre los 800 a 1300 m. Además, el modelo identificó nuevas zonas climáticamente potenciales con muy alta idoneidad fuera de la distribución normal de poblaciones de pericos, ubicadas en la provincia de Loja en el cantón Puyango, en la localidad de Orianga y en las partes altas de los bosques de Cedropamba y Cochancay de la provincia de Cañar. Aunque no se realizaron búsquedas y muestreos en los bosques nublados de la provincia de Chimborazo debido a que históricamente no se ha registrado poblaciones de *P. orcesi*, sin embargo, no se descarta su presencia, por continuidad física del flanco suroccidental de los Andes, desde la cordillera de Molleturo-Mollepungo en Azuay, a la cordillera de Bulubulu en Chimborazo y Guayas.

Las predicciones de modelos geográficos siempre deben ser interpretadas con precaución, ya que los datos utilizados pueden ser algo limitados al usar solo presencia de registros y esto puede disminuir la probabilidad de predecir presencias (Merow et al. 2013). Así mismo, los modelos no consideran factores ecológicos, barreras físicas, o aspectos históricos que también son importantes predictores de las distribuciones de especies (Seoane and Bustamente 2001), lo que puede causar representaciones incompletas de la realidad y sus hábitats. Para contrarrestar estos problemas, todos los datos generados para los modelos se efectuaron directamente en campo, por lo que se conoció in situ toda el área de estudio. Además, el alcance de este estudio fue visualizar de manera general las zonas más importantes que presenta el *P. orcesi*, y de esta forma priorizar los sitios en donde se podría ampliar los estudios e implementar estrategias de conservación.

Conclusiones

Los futuros estudios de investigación no solo de *P. orcesi* sino de otras especies endémicas y amenazadas, podrían integrar información específica y diferenciada de actividades de comportamiento como, áreas de anidación, alimentación y dormideros en los que se modele cada actividad y se realice posteriormente, de ser necesario un modelo de ensamblado (D'Élia et al. 2015). Por otro lado, es importante tomar en cuenta el medio en el que se desarrolla la especie e incluir otros elementos predictores relevantes como, la riqueza de especies de plantas, presencia de competidores y producción de frutos (Ramírez and Stevenson 2019), lo que podría ayudar a construir una mejor imagen de la distribución y hábitat potencial de *P. orcesi*. Además, se debería tomar en cuenta procesos de deforestación y cambios de uso del suelo, de lo cual podría desprenderse resultados predictivos más precisos (Varela-Largo 2019).

Es importante el conocimiento sobre la distribución y ecología de una especie, para desarrollar iniciativas de conservación. La protección a nivel regional de *P. orcesi* surge con base a la recopilación de información bioecológica en estos años de estudio, en los cuales, fueron identificados algunos atributos ecológicos de los pericos y sus amenazas.

Tomando en consideración las características ecológicas de *P. orcesi* y la visión de asegurar que muchas especies se beneficien, el corredor de conectividad debe presentar un amplio rango altitudinal y a futuro una orientación a la conservación y uso sustentable. El suroeste del Ecuador muestra varias zonas que se deben restaurar y otras proteger, así como, aquellas áreas que deben desarrollar prácticas de manejo sostenible sin desmedro de sus funciones sociales, culturales, económicas, entre otras (Garzón-Santomaro et al. 2019).

El estudio de la población de *P. orcesi* es prioritario y se recomienda que el monitoreo en toda su distribución se lo realice por lo menos cada 10 años y a nivel local cada 5 años, para conocer los cambios en el tamaño de su población, su ascenso altitudinal en la cordillera de los Andes y nuevas localidades de ocupación. El monitoreo servirá como una herramienta de gestión para proponer a entidades públicas y privadas nuevas medidas de conservación y manejo de los ecosistemas montanos del suroeste del Ecuador.

Agradecimientos

Varias son las instituciones y personas que han colaborado y apoyado, a su vez fueron estratégicos para presentar los resultados de este trabajo. A la Fundación Loro Parque de España y la Fundación Jocotoco por el apoyo brindado al proyecto desde su inicio en el año 2002; al Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de El Oro (GADPEO) quién apoya actualmente al establecimiento de un corredor de conectividad en la provincia de El Oro. A todos los asistentes que han colaborado en el levantamiento y sistematización de información como, Mery Juiña, Gabriela Echeverría, Martha Buenaño, Paulina Atti, Cecilia Proaño y Diego Castro. A Leovigildo Cabrera, administrador de la Reserva Buenaventura por facilitarnos la fotografía de una bandada de *Pyrrhura orcesi*. Un agradecimiento especial a Mateo Vega Yáñez y a Karima G. López por su colaboración y criterios en la elaboración de los mapas. Al profesorado del programa de Maestría de Biología de Conservación de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador principalmente a Álvaro Barragán, Catalina Quintana Medina, Verónica Crespo-Pérez, y María Fernanda Checa Villafuerte, quienes apoyaron con valiosos comentarios y sugerencias a este trabajo. A Martin Schaefer y Veronika Schimidt quienes iniciaron el proyecto y el estudio del *Pyrrhura orcesi* en el suroeste del Ecuador. Por último, un especial agradecimiento a los revisores anónimos y a los editores de la REMCB por sus comentarios y sugerencias que contribuyeron significativamente al manuscrito.

Declaración de Conflicto de intereses y contribuciones de los autores

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses, y no ha sido sometido ni aceptado para su publicación en otra revista científica.

Contribución de los autores

CLGS: Concepción, diseño del estudio, colección, análisis e interpretación de datos y redacción de la versión inicial del manuscrito.

MFM: Análisis e interpretación de datos geográficos y modelamiento.

AMV: Revisión del manuscrito

Referencias bibliográficas

Amori G, Chiozza F, Patterson BD, Rondinini C, Schipper J, Luiselli L. 2013. Species richness and the distribution of Neotropical rodents, with conservation implications. *Mammalia*, 77:1-19. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2012-0050>

BirdLife, 2000. Threatened birds of the world. Lynx Edition and BirdLife International, Barcelona and Cambridge.

BirdLife Internacional: Species factsheet:*Pyrrhura orcesi* [internet]. BirdLife; 2023 [cited 2023 marzo 26]. Available from: <http://www.birdlife.org>

- Ceballos G, Ehrlich PR. 2006. Global mammal distributions, biodiversity hotspots, and conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103:19374-19379. <https://doi.org/10.1073/pnas.0609334103>
- Cockle K, Capuzzi G, Bodrati A, Clay R, del Castillo H, Velázquez HM, Areta JI, Fariña N, Fariña R. 2007. Distribution, abundance and conservation of Vinaceous Amazons (*Amazona vinacea*) in Argentina and Paraguay. *Journal of Field Ornithology*, 78: 21-39. <https://doi.org/10.1111/j.1557-9263.2006.00082.x>
- Contreras-Medina R, Luna-Vega I, Ríos-Muñoz CA. 2010. Distribución de *Taxus globosa* (Taxaceae) en México: Modelos ecológicos de nicho, efectos del cambio del uso de suelo y conservación. *Revista Chilena de Historia Natural*, 83: 421-433. <https://doi.org/10.4067/s0716-078x2010000300009>
- Cuesta F, Peralvo M, Baquero F, Bustamante M, Merino-Viteri A, Muriel P, Freile J, Torres O. 2015. Áreas prioritarias para la conservación del Ecuador continental. Ministerio de Ambiente, Condesan, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, GLZ.
- Echeverría-Vaca G. 2014. Evaluación poblacional de *Pyrrhura orcesi* Ridgely and Robbins (Perico de El Oro) y conectividad en tres remanentes boscosos de la provincia de El Oro. [tesis de pregrado]. Universidad Central del Ecuador.
- Echeverría-Vaca G, Garzón-Santomaro C. 2016. Evaluación preliminar de las poblaciones de *Pyrrhura orcesi* en remanentes boscosos de la provincia de El Oro, Ecuador. *Hornero*. 31(2):121-124.
- Esquerré D, Brennan IG., Catullo RA, Torres-Pérez F, Keogh JS. 2019. How mountains shape biodiversity: The role of the Andes in biogeography, diversification, and reproductive biology in South America's most species-rich lizard radiation (Squamata: Liolaemidae). *Evolution*, 73(2): 214-230. <https://doi.org/10.1111/evo.13657>
- Fariña N, Welter M, Cockle K, Bodrati A. 2009. Abundancia del Loro Vinoso (*Amazona vinacea*) en la Argentina: resultados del conteo 2007 en el departamento San Pedro, Misiones. *Nuestras Aves* 54: 44-46.
- Freile JF, Restall R. 2018. *Birds of Ecuador*. Helm Field Guides. HELM, Bloomsbury Publishing Plc. First published in Great Britain 2018. Printed and bound in China by C&C Offset Printing Co. Ltd. pp 656.
- Garzón-Santomaro C. 2004. Análisis de Conservación y Usos de Hábitat del Perico de Orcés (*Pyrrhura orcesi*) en el Bosque Nublado de Buenaventura. [tesis de pregrado]. Universidad Central del Ecuador.
- Garzón-Santomaro C, Juiña M. 2007. Conservation of the El Oro Parakeet Project (*Pyrrhura orcesi*) Southwestern Ecuador 2005-2006. (Final report). Loro Parque Foundation, Tenerife, España.
- Garzón-Santomaro C, Prieto-Albuja F, Mena-Jaén J, Brito J. (Eds.) 2019. Propuesta para el establecimiento del Subsistema de Áreas Naturales de Conservación y Diseño del Corredor Ecológico de la provincia El Oro: Una guía para el desarrollo de estrategias de investigación, conservación y manejo de la biodiversidad orense. Serie de Publicaciones Miscelánea N° 12. GADPEO – INABIO. Quito-Ecuador.
- Garzón-Santomaro C, Naranjo-Saltos E, Pozo-Zamora G. 2020. Depredación de nidos del perico de El Oro *Pyrrhura orcesi* por el tucenete lomirrojo *Aulacorhynchus haematopygus*, en la Reserva Buenaventura, Ecuador. *Huitzil*. 21 (1): 1-9. <https://doi.org/10.28947/hrmo.2020.21.1.397>
- Hermes C, Keller K, Nicholas RE, Segelbacher G, Schaefer HM. 2018. Projected impacts of climate change on habitat availability for an endangered parakeet. *Plos One*, 13(1): e0191773. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191773>.

- Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones G, Jarvis A. 2005. Very High Resolution Interpolated Climate Surfaces for Global Land Areas, 1978. 1965-1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>.
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri RK, Meyer LA. (Eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151.
- Johnson A, Wiens J, Milnes B, Crist T. 1992. Animal movements and population dynamics in heterogeneous landscape. *Landscape Ecology*, 7:63-75. <https://doi.org/10.1007/bf02573958>
- Klauke N, Segelbacher G, Schaefer HM. 2013. Reproductive success depends on the quality of helpers and on female experience in the endangered, cooperative El Oro Parakeet (*Pyrrhura orcesi*). *Molecular Ecology* 22: 2011-2027. <https://doi.org/10.1111/mec.12219>
- Klauke N, Jansen J, Kramer J, Schaefer HM. 2014. How to feed the multitude: food allocation rules in a cooperatively breeding parrot? *Behavioral Ecology & Sociobiology* 68: 1037-1047. <https://doi.org/10.1007/s00265-014-1716-9>
- Klauke N, Schaefer HM, Bauer M, Segelbacher G. 2016. Limited Dispersal and Significant Fine – Scale Genetic Structure in a Tropical Montane Parrot Species. *PLoS ONE* 11 (12): e0169165. Doi: 10.1371/journal.pone.0169165.
- Kramer J, Klauke N, Bauer M, Schaefer HM. 2016. No evidence for enforced alloparental care in a cooperatively breeding parrot. *Ethology* 122: 389-398. <https://doi.org/10.1111/eth.12486>
- Kristoch G, Marcondes-Machado L. 2001. Diet and feeding behavior of the Reddish-bellied Parakeet (*Pyrrhura frontalis*) in an Araucaria forest in southeastern Brazil. *Ornitología Neotropical*, 12: 215–223.
- Laranjeiras TO. 2011. Biology and population size of the Golden Parakeet (*Guaruba guarouba*) in western Pará, Brasil, with recommendations for conservation. *Revista Brasileira de Ornitología*. 19(3): 303-314.
- León-Hernández K. 2015. Monitoreo de la población de *Pyrrhura orcesi* (Perico de El Oro) en la Reserva Buenaventura, Cantón Piñas, El Oro. [tesis de pregrado]. Universidad Central del Ecuador.
- McMullan L, Navarrete L. 2017. *Fieldbook of the Birds of Ecuador including the Galapagos Island and common mammals*. Second Edition. Ratty Ediciones.
- Mena JS, Solari S, Carrera JP, Aguirre LF, Gómez H. 2011. Small mammal diversity in the Tropical Andes. pp. 260–275. In: Herzog SK, Martínez R, Jørgensen RM, Tiessen H. (Eds). *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE).
- Merow C, Smith MJ, Silander JA. 2013. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: What it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, 36(10), 1058-1069. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.07872.x>.
- Montes MA, Verhelst JC. 2011. Tamaño poblacional y uso de hábitat del perico paramuno (*Leptosittaca branikii*) en la Reserva Natural El Mirador, Génova, Quindío. *Conservación Colombiana*. 14: 47.
- Morrone J. 2014. Biogeographical regionalisation of the Neotropical region. *Zootaxa*, 3782 (1): 001-110. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3782.1.1>
- Moss RH, Edmonds JA, Hibbard KA, Manning MR, Rose SK, van Vuuren DP, Carter TR, Emori S, Kainuma M, Kram T, Meehl GA, Mitchell JFB, Nakicenovic N, Riahi K, Smith S, Ronald SJ, Thomson

- AM, Weyant JP, Willbanks TJ. 2010. The Next Generation of Scenarios for Climate Change Research and Assessment. *Nature*. 463. 747-56. <https://doi.org/10.1038/nature08823>
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, da Fonseca GAB, Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403:853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Naranjo-Saltos, E. 2007. Aspectos básicos de la ecología reproductiva y comportamiento del perico de El Oro, *Pyrrhura orcesi* durante la época de nidificación en bosques nublados de la Reserva Buenaventura y zonas aledañas, Piñas, provincia de El Oro [Tesis de pregrado]. Universidad del Azuay, Ecuador.
- Peterson AT, Soberón J, Pearson RG, Anderson RP, Martínez-Meyer E, Nakamura M, Araujo MB. 2011. *Ecological Niches and Geographic Distributions*. Princeton: Princeton University Press. <https://doi.org/10.23943/princeton/9780691136868.003.0003>
- Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190:231-259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Prado, J.R., Brennan, P.G.G., Godoy, L.P., Libardi, G.S., Abreu-Júnior, E.F., Roth, P.R.O., Chiquito EA, Percequillo AR. 2014. Species richness and areas of endemism of oryzomyine rodents (Cricetidae, Sigmodontinae) in South America: an NDM/VNDM approach. *Journal of Biogeography*, 42(3): 1-12. <https://doi.org/10.1111/jbi.12424>
- Ramírez MA, Stevenson PR. 2019. Fruit production needed to maintain populations of woolly monkeys: Recommendations for reintroduction projects. *Global Ecology and Conservation*, 21, e00817. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00817>
- Ridgely RS, Robbins MB. 1988. *Pyrrhura orcesi*, a new parakeet from Southwestern Ecuador, with systematic notes on the *P. melanura complex*. *Willson Bull.* 100: 173–182.
- Ridgely RS, Greenfield PJ. 2006. *Aves del Ecuador. Volumen II*. Academia de Ciencias Naturales de Filadelfia y Fundación de Conservación Jocotoco. 812 pp.
- Rodríguez J, Hernández J. 2002. *Loros de Colombia*. Conservation International. Tropical Field Guide Series. Bogotá, Colombia.
- Schaefer HM, Schmidt V. 2003. Ecology and conservation of the El Oro Parakeet (*Pyrrhura orcesi*). *Cyanopsitta*. 71(10):15-16.
- Segovia JM, Cockle HL. 2012. Conservación del Loro Vinoso (*Amazona vinacea*) en Argentina. *Hornero*, 27(1): 27-37.
- Seoane J, Bustamente J. 2001. Modelos predictivos de la distribución de especies: Una revisión de sus limitaciones. *Ecología*, 15: 9-21.
- Picasso V, Cruz G, Astigarraga L, Terra R. (Eds.) (2013). *Cambio y variabilidad climática: respuestas interdisciplinarias*. Espacio Interdisciplinario Primera Edición Universidad de la República, Montevideo.
- Varela-Largo S. 2019. Potential Distribution Models and Climate Change Scenarios for five Threatened Bird Species in Ecuador. [Tesis de Máster en Biodiversidad Terrestre y Conservación en Islas]. Universidad de la Laguna.
- Voss R. 2003. A New species of *Thomasomys* (Rodentia: Muridae) from Eastern Ecuador, with remark on Mammalian Diversity and Biogeography in the Cordillera Oriental. *American Museum Novitates*, 3421: 47.

Floración de *Planktothrix agardhii* en Yahuarcocha, una laguna altoandina hipereutrófica

Planktothrix agardhii bloom in Yahuarcocha, a high-Andean hypereutrophic lake

Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas
Volumen 44. No. 1, Mayo 2023

María de Lourdes Guerra C.*¹, Miriam Steinitz-Kannan², Teresa Vegas Vilarrúbia¹,

¹Universitat de Barcelona, Facultat de Biologia, Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia y Ciències Ambientals. Av. Diagonal 643, 08028, Barcelona, España. mlguerrac@yahoo.com ORCID: 0009-0007-7166-3345, tvegas@ub.edu ORCID: 0000-0001-9136-136X

²Northern Kentucky University, Departament de Ciències Biològiques, USA. ORCID:0000-0002-6361-0186

*Autor de correspondència: mlguerrac@yahoo.com

DOI: 10.26807/remcb.v44i1.958

Recibido: 14-04-2023
Aceptado: 25-05-2023
Publicado: 27-05-2023

Como citar este artículo:
Guerra ML, Steinitz-Kannan M, Vegas T. 2023. Floración de *Planktothrix agardhii* en Yahuarcocha, una laguna altoandina hipereutrófica. Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas 44 (1): 35-45. doi: 10.26807/remcb.v44i1.958

Resumen.- La laguna de Yahuarcocha y su cuenca han sufrido una serie de transformaciones a lo largo del tiempo. Gran parte del área en torno a la laguna ha sido y es usada para agricultura. En el año 1972, se construyó una pista automovilística alrededor de laguna, lo que generó una zona urbana destinada básicamente a turismo y hoteles. Aparte de la influencia antrópica, la zona, históricamente, ha sufrido épocas de lluvia y sequías anómalas que han impactado en la dinámica de la laguna. En los años 1977-78, se realizaron los primeros estudios limnológicos, que encontraron clorofíceas, euglenofíceas y diatomeas, y escasa cantidad de cianobacterias. En aquellos estudios se evidenciaron floraciones de *Euglena sanguinea*, que tornaron el agua roja en épocas de sequía. A partir del 2014, los estudios realizados en la laguna han reportado floraciones de la cianobacteria *Raphydiosis raciborskii*. En esta contribución presentamos resultados de los muestreos realizados en los años 2020 y 2021, en época seca y de lluvia, en la laguna de Yahuarcocha. Encontramos una fuerte floración de *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis y Komárek (1988), entre el 75% y el 90% del fitoplancton. Es una cianobacteria, potencialmente tóxica, que no ha sido reportada antes en la laguna, cuya presencia confirmamos a través de análisis de metagenómica en el 2021. Esta cianobacteria podría afectar a la población circundante y turística.

Palabras clave: Lagos poco profundos, lagunas Altoandinas, cianobacterias, algas verdes, eutrofización, hipereutrofización

Abstract.- yahuarcocha, and its watershed have undergone a series of transformations over time. Much of the surrounding area has been and is used for agriculture. In 1972, an automobile racetrack was built around the lake, which generated an urban zone destined basically for tourism and hotels. In addition to the anthropogenic influence, the area has historically suffered from periods of rain and drought, which have had an impact on the lake's dynamics. In 1977-78, the first limnological studies were carried out; the plankton consisted mainly of Chlorophyceae, Euglenophyceae and diatoms, with a small amount of cyanobacteria. In those studies, blooms of *Euglena sanguinea* were evidenced in times of drought; events that turned the water red. Since 2014, lake studies have found mainly blooms of the cyanobacteria *Raphydiosis raciborskii*. Our studies of plankton collected in the years 2020 and 2021, in the dry and rainy seasons, show strong blooms of the cyanobacteria *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis y Komárek 1988, between 75% and 90% of phytoplankton. This is a potentially toxic cyanobacteria not previously reported from this site. Its presence was confirmed by metagenome analysis in 2021. These cyanobacteria can potentially impact the surrounding population including tourism.

Keywords: Shallow lakes, high Andes lakes, cyanobacteria, blue-green algae, eutrophication, hypereutrophication

Introducción

La laguna de Yahuarcocha ocupa parte del fondo irregular de lo que pudo haber sido un gran cráter o un valle entre colinas volcánicas piroclásticas. Estudios paleolimnológicos, evidencian que se formó en tiempos glaciares tardíos y posglaciares, hace aproximadamente 12500 años (Anton 1987; Colinvaux et al. 1988; Echeverría y Jaramillo 2008).

Yahuarcocha es una laguna poco profunda, cuya profundidad ha variado entre los 3 y 9 metros en tiempos recientes. Está ubicada en la provincia de Imbabura, en un área de acentuada sequía, a 0°23'N, 78°05'E; 5 kilómetros al noreste de la ciudad de Ibarra, a una altitud de 2201 msnm (Terán 1975; Colinvaux et al. 1988). Mantiene su nivel de agua por lluvias; por el agua que llega de las Quebradas de Manzana Huaycu-Santo Domingo y Polo-Golo, cuyo régimen hídrico es intermitente, secándose durante la época seca y por el canal de trasvase del río Tahuando, que abastece a la laguna en época seca, con 16 l/s (Saelens 2015).

La laguna y su cuenca han sufrido una serie de transformaciones a lo largo del tiempo. De acuerdo con estudios paleolimnológicos, la actividad humana en la zona comienza hace 2500 años (Anton 1987). Hay evidencias de la presencia de la cultura Caranqui aproximadamente 1500 años antes del presente, ejemplo de ello son las tolas en la zona y un templo semi-acuático, los Caranquis realizaban cultivos sobre todo maíz y fréjol para ello seguramente aprovecharon las orillas de la laguna (Tobar 1985; Revelo 2017). Los registros del siglo 20 evidencian la presión antrópica en la cuenca; la información obtenida en el año 1987, indicaba que cerca del 25 % del área fue usada para agricultura y únicamente el 1,6 % correspondió a vegetación de páramo (Anton 1987; Colinvaux et al. 1988). Para la ampliación de la zona agrícola se ha desforestado una buena parte de la cuenca, incrementando con ello, el aporte de sedimentos en la laguna. En el año 2008, la empresa Darwinest, que buscaba vestigios arqueológicos, corroboró las publicaciones realizadas sobre la tasa de acumulación anual de sedimentos en la laguna, en las cuales se estimaba un aproximado de 0,33 cm cada año (Terán 1975; Steinitz-Kannan 1979); y calculó que esto habría generado 2,8 m³ de lodo suelto y una profundidad máxima de la capa sedimentada de 6,90 m (Echeverría y Athens 2016) disminuyendo el volumen de agua.

Por otro lado, la agricultura conlleva el uso de pesticidas sobre todo de glifosato, para erradicar la mala hierba. En el año 2003, el informe del Fonsalci (Fondo de Salvamento del Patrimonio Cultural de Ibarra), reveló que en la cuenca del río Tahuando se encontraron pesticidas organoclorados como el Dieldrin, Endrin (La Hora 2003). Por otro lado la introducción de especies invasoras como el cangrejo rojo de pantano *Procambarus clarkii*, el guppy *Poecilia reticulata* y la carpa *Cyprinus carpio*, han desplazado a las especies nativas por competición, depredación o modificación del ecosistema (Riascos et al. 2018).

Otro impacto antrópico a considerar fue la construcción de la pista automovilística alrededor de Yahuarcocha en 1972 (Anton 1987), convirtiendo el área en turística e incrementando la zona urbana, la misma que en el año 1987 fue de 6,1 %, y actualmente está alrededor del 8% (Asociación de Municipalidades del Ecuador 2010; Saelens 2015). Al convertirse en un área turística, alrededor se instalaron muchos locales de expendio de comida, sobre todo pescado. Esto ha traído un problema de contaminación por el faenamiento de peces, y descarga de aceites y detergentes hacia la laguna (Anton 1987; Saelens 2015; La Hora 2016).

El calentamiento global en curso, ha alterado casi todos los ecosistemas incluidos los ecosistemas acuáticos (Paul 2008; Carey et al. 2012; Paerl 2014) La manifestación de estos cambios, en los ambientes acuáticos suele ser muy rápida ya que el aumento de la temperatura del aire trae como consecuencia, incrementos en la temperatura del agua (Carey et al. 2012; Woolway et al. 2020). Esto da como resultado cambios abióticos y bióticos, convirtiéndolos en ecosistemas vulnerables. Esta vulnerabilidad se presenta con mayor fuerza por la sensibilidad de las especies a las variaciones del medio, lo cual puede producir cambios en la estructura poblacional, en los patrones de asociación a nivel de comunidad, hasta el reemplazo y desaparición de especies locales (Dawson et al. 2011; Terneus et al. 2019) Sólo los organismos caracterizados por una alta tolerancia ecológica pueden hacer frente a tales cambios (Davis et al. 2009). Las cianobacterias, filogenéticamente las algas fotosintéticas más antiguas, son un ejemplo de tales organismos.

Estos procariotas pueden acumular solutos compatibles, que les ayudan a sobrevivir y aclimatarse a condiciones ambientales adversas (Lenard y Poniewozik 2022). Actualmente se ha evidenciado floraciones descontroladas de cianobacterias a nivel mundial, causando el deterioro de los cuerpos de agua (Paul 2008; Bonilla et al. 2009). Este aumento de la frecuencia y la intensidad de las floraciones se ha atribuido a cambios antropogénicos, principalmente al enriquecimiento excesivo de nutrientes y contaminantes, producto del desarrollo urbano, así como del aumento de las actividades agrícolas e industriales (Paul 2008) e introducción de especies invasoras (Riascos et al. 2018).

En general, la región andina del Ecuador tiene un régimen pluviométrico con dos estaciones lluviosas, de febrero a mayo y de octubre a noviembre, con una primera estación seca muy marcada de junio a septiembre, siendo menos acentuada la segunda de diciembre a enero (Pourrut 1983; Varela y Ron 2022). En la cuenca del río Mira, donde se encuentra la laguna, se han registrados largos períodos de sequía y lluvia. Los datos obtenidos del pre-Holoceno y Holoceno evidencian el comienzo de las lluvias y fue el período cuando se llenó la cubeta de Yahuarcocha. Entre los 11500 y 6500 años se alternan periodos de lluvia y sequía, se registra 3 épocas prolongadas de sequía (Anton 1987). En documentos de los años 1917, 1929, 1936 y 1948, hay registros de la disminución de la cota de agua a causa de prolongadas épocas de sequía en la zona (Terán 1975; Tobar 1985; Echeverría y Jaramillo 2008). Toda esta alternancia entre épocas de lluvia y sequía ha dado lugar a cambios en la dinámica de la laguna. En los estudios limnológicos realizados, en Yahuarcocha, en los años 1977-78 y en la década de los 80 y 90 (Steinitz-Kannan 1979; Miller et al. 1984; Anton 1987b), se encontró tanto en el fitoplancton como en el fitobentos gran cantidad de diatomeas, clorofíceas, euglenofíceas y pocas cianobacterias. Así también, se reportó que el agua en ocasiones se volvió roja, aspecto causado por floraciones de *Euglena sanguínea* presente; evidenciando en todos estos estudios que la laguna presentó un estado eutrófico (Steinitz-Kannan 1979; Miller et al. 1984; Anton 1987). En el 2003 se reportó la muerte masiva de peces, el Instituto Nacional de Pesca (INP) identificó como causa a bacterias del género *Aeromonas* (Maridueña et al. 2003). En los estudios realizados el año 2014, por Saelens y Van Colen, el fitoplancton estaba dominado por las cianobacterias, sobre todo se reportó la floración de *Raphydiopsis raciborskii*, (antes *Cylindrospermopsis raciborskii*) (Saelens 2015; Van Colen et al. 2017); Van Colen en el estudio indicó que el estado trófico de la laguna, era eutrófico. En el año 2015, en el estudio realizado para determinar el estado trófico de la laguna, se determinó ya una tendencia de estado eutrófico a hipereutrófico (Portilla 2015; Guevara y Morales 2022). Ante el estado crítico de la laguna, en el año 2022 se instalaron equipos de ultrasonido (La Hora 2022), para eliminar las algas; hasta ahora no han tenido éxito.

En vista de esta grave situación, el objetivo principal de nuestro estudio en Yahuarcocha es identificar y cuantificar las microalgas que dominan, actualmente, el plancton de la laguna. En particular confirmar la presencia y la abundancia de cianobacterias indicadores de un estado trófico avanzado y que puedan, posiblemente, producir toxinas y afectar a la población circundante.

Materiales y Métodos

Sitio de estudio.- La laguna de Yahuarcocha (0°23'N, 78°05'E) está ubicada en los Andes del norte del Ecuador, en la provincia de Imbabura, a 5 km al noreste de la ciudad de Ibarra. Tiene un área de 254 ha y 2,5 km de largo; es una laguna poco profunda, con una profundidad máxima registrada en el período de estudio (2020-2021), que osciló entre 6 y 7,1m. La laguna de Yahuarcocha pertenece a la cuenca del río Mira, y a la microcuenca del río Tahuando (Figura 1). La cuenca se caracteriza por tener un clima cálido y templado, con una temperatura promedio anual, que oscila entre 16 y 18° C, y una precipitación media anual de 600 mm (Chen y Chen 2013; Saelens 2015). Sin embargo, el año 2020 fue un año muy seco. La vegetación circundante se compone principalmente de Totora (*Schoenoplectus californicus*). Entre las plantas acuáticas destacan los lechuguines (*Eichhornia crassipes*), que en época de lluvia cubren hasta el 40% de la laguna. Otras especies encontradas son: *Typha dominguensis*, *Miriophyllum aquaticum*, *Potamogeton pusillus*, *Elodea canadensis* y *Azolla filiculoides* (Terneus 2014). Entre la totora se pueden encontrar nidos y aves, algunas migratorias. Entre las aves observadas están Cormoranes (*Phalacrocorax brasilianus*), Patillos o Focha andina (*Fulica ardesiaca*), Gaviota Andina (*Chroicocephalus serranus*), Gavilán (*Geranoaetus polyosoma*) Garza bueyera (*Bubulcus*

ibis) Zambullidor de pico grueso (*Podilymbus podiceps*) Pato rojizo andino (*Oxyura ferruginea*), Garceta grande (*Ardea alba*), Pollona Azul (*Porphyrio martinicus*), Garcita Azulada (*Butorides striata*) Pollona negra (*Gallinula galeata*) y Garza Bruja (*Nycticorax nycticorax*). Las especies de peces presentes son introducidas. El zooplancton se caracteriza por rotíferos de los géneros *Brachionus* y *Keratella*, copépodos ciclopoideos del género *Acanthocyclops* y branchiopoda del género *Daphnia* (Van Colen et al. 2017).

Muestreos.- En el mes de noviembre del año 2020 y marzo del 2021, en época seca y época de lluvia respectivamente, entre las 11:00 y 12:00 del día, hora en que se espera que la productividad primaria sea alta, se tomaron muestras de agua en puntos establecidos, considerando el punto más profundo y las orillas opuestas de la laguna Yahuarcocha (Figura 1). Para caracterizar el agua del lago se realizaron perfiles de profundidad y se capturaron muestras de agua para análisis. Se realizaron mediciones de pH, conductividad eléctrica de la laguna, temperatura y oxígeno a cada metro de profundidad, con un equipo multiparamétrico marca Hach en el punto más profundo (según la batimetría de la laguna, Figura 1). Con la ayuda de una botella Van Dorn, se tomó una muestra y una réplica de agua, de 1 litro cada una, a tres metros de profundidad; que fueron llevadas al laboratorio para el análisis de parámetros químicos: alcalinidad, Fosfato (PO₄), Nitrógeno Total (NT), así como también para análisis de clorofila-*a*. Los análisis de agua fueron realizados por los técnicos del laboratorio la Empresa Municipal de Agua Potable Sede Ibarra (EMAPA-I), de acuerdo con el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (American Public Health Association et al. 2017)

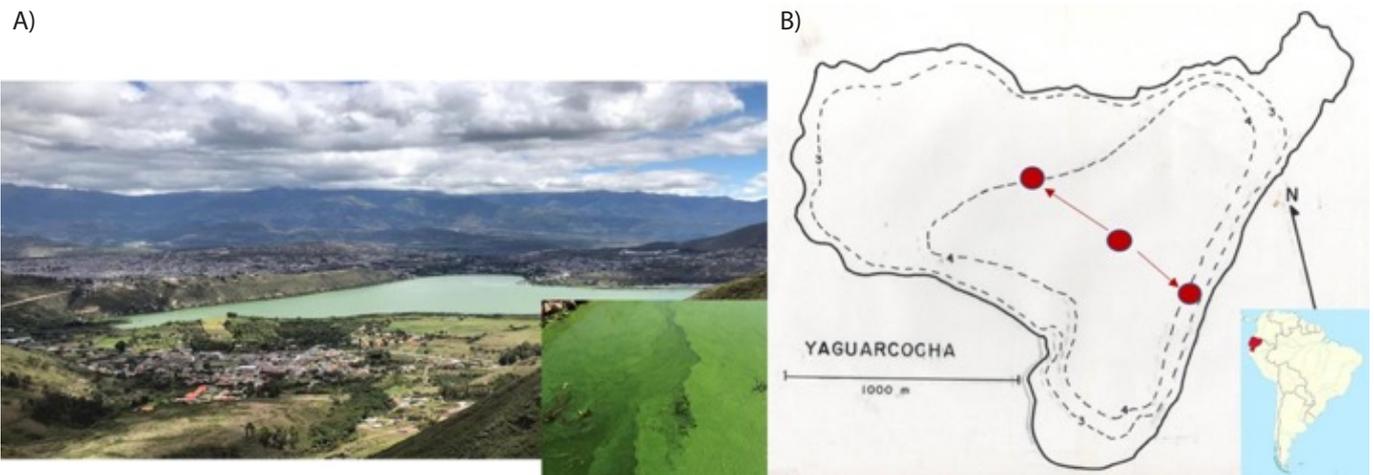


Figura 1. A) Laguna de Yahuarcocha y color verde intenso del agua por la floración, B) Mapa de Batimétrico (Steinitz-Kannan, M.) y puntos de muestreo

Identificación del fitoplancton.- Para la determinación del fitoplancton, se tomaron cinco muestras, con red de plancton, de 63 μ de diámetro de poro, marca Wildco. Tres de ellas se tomaron desde el fondo hasta la superficie, una en el punto más profundo de la laguna, y dos en las orillas (orilla 1 u orilla oeste), (orilla 2 u orilla este); para las dos restantes se hizo un arrastre desde el centro hacia la orilla 1 y otro hacia la orilla 2. Las muestras se colocaron en frascos de 50 ml, se añadió lugol para preservarlas y se llevaron al laboratorio para su posterior análisis. Las muestras fueron analizadas a 400 y 1000 aumentos, con la ayuda de un microscopio óptico binocular marca Motic modelo Panthera E. Para el conteo de las células se utilizó la técnica por campos (Gómez et al. 2009)

Resultados

Tanto en el período seco como en el de lluvia, la laguna se caracterizó por tener un color verde intenso y no presentó ningún olor que pudiera sugerir un estado de descomposición. En época seca, la visualización del disco de Secchi fue de 0,25 m y en época de lluvia de 0,24 m. Los valores de la temperatura ambiental en época seca y de lluvia no presentaron diferencia significativa,

fueron de 21 °C, y 20,8 °C respectivamente. Con relación al pH, en época seca fue de 8,73 y en época de lluvia de 8.97 (Tabla 1).

De los parámetros medidos en profundidad, tanto en la época seca como de lluvia, las concentraciones de oxígeno disuelto a nivel superficial presentaron sobresaturación, mientras que hacia el fondo descendieron abruptamente, 13,2 ppm, y 1,20 ppm; 12,41 ppm, y 0,96 ppm respectivamente (Figura 2 y Tabla 1). Los valores de temperatura, a nivel superficial y a lo largo de la columna de agua fueron similares tanto en época seca como de lluvia, 23,4 °C, y 21,1 °C; 23,6 °C y 20,4 °C, respectivamente (Figura 2). La profundidad del agua, en época seca fue de 6 m y en época de lluvia de 7,1 m (Figura 2).

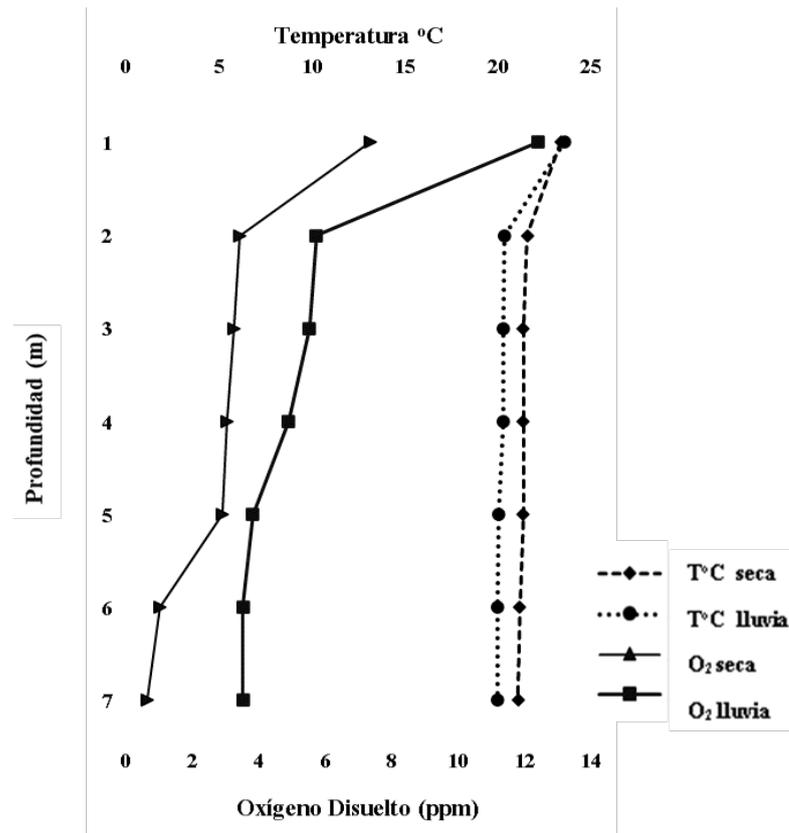


Figura 2. Comportamiento del oxígeno y temperatura a lo largo de la columna de agua de la laguna de Yahuarcocha en las épocas seca y de lluvia (2020 – 2021)

El pH y los valores de alcalinidad evidencian la condición alcalina del agua durante los dos periodos (Tabla 1). Comparando las diferencias de los parámetros químicos entre las épocas seca del 2020 y de lluvia del 2021, se observa que el fósforo en forma de fosfato (PO_4) fue muy elevado en los dos periodos con un incremento en el 2021. Con relación al nitrógeno total (NT), el comportamiento fue similar al del fósforo, se registró en el 2020 una concentración alta que aumentó en el 2021, (Tabla 1). Con relación a la concentración de clorofila-*a*, en la época seca fue elevada, 74,51 $\mu\text{g/l}$ y en la época de lluvia casi se triplicó (224,8 $\mu\text{g/l}$).

Tabla 1. Condiciones fisicoquímicas y biológicas en la laguna de Yahuarcocha durante la época seca del año 2020 y época lluviosa del año 2021

Época	Alcal meq l ⁻¹	Chl-a $\mu\text{g/L}$	Cond ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	PO ₄ - mg/L	TN mg/L	OD (ppm) superficie	OD (ppm) Fondo	pH	ToC Superf.	Secchi (m)	Prof (m)	P. agardhii (%)
seca	384	74,51	686	0,06	5	13,2	1,2	8,73	23,4	0,25	6	75,2
lluvia	288	224,8	610	1,05	5,19	12,41	0,96	8,97	23,6	0,24	7,1	90,1

mg/l – miligramos por litro; $\mu\text{g/l}$ – microgramos/litro; ppm – partes por millón

En cuanto al análisis fitoplanctónico, en época seca se contabilizaron 3965 células y/o filamentos, en cinco campos y en época lluviosa 3681 células y/o filamentos, en cuatro campos. El 90,4 % y el 96,2 % de las células en época seca y de lluvia respectivamente corresponden a cianobacterias. De las 18 especies encontradas de cianobacterias en época seca, la más abundante fue *Planktothrix agardhii* (Tabla 2), conformando el 75,2 % de las células. De las 9 especies encontradas en época lluviosa el 90,1 % de las células corresponden a *P. agardhii*. El porcentaje restante en época seca corresponde a 16 especies de clorofíceas, 10 de diatomeas y otras algas del grupo de los euglenoide, *Trachelomonas*, (Tabla 2). En época de lluvia el porcentaje restante corresponde a 6 especies de clorofíceas, 3 de diatomeas (Tabla 2) además de otras algas del grupo de los euglenoides, *Trachelomonas*, Euglena.

Tabla 2. Géneros de algas presentes en la laguna de Yahuarcocha durante la época seca del año 2020 y época de lluvia del año 2021

Año	Cianobacteria	Clorofíceas	Diatomeas
2020	<i>Anabaenopsis sp.</i>	<i>Pandorina sp.</i>	<i>Amphora ovalis</i>
	<i>Aphanizomenon sp.</i>	<i>Oocystis sp.</i>	<i>A. granulata</i>
	<i>Borzia sp.</i>	<i>Monoraphidium</i>	<i>Epithemia sp.</i>
	<i>Chroococcus turgidus</i>	<i>Ankistrodesmus</i>	<i>Eunotia sp.</i>
	<i>Cylindrospermum sp.</i>	<i>Closterium sp.</i>	<i>Gomphonema sp.</i>
	<i>Dolichospermum sp.</i>	<i>Lacunastrum simplex</i>	<i>G. sphaerophorum</i>
	<i>Gloeocapsa sp.</i>	<i>Oedogonium sp.</i>	<i>Melosira sp.</i>
	<i>Limnothrix sp.</i>	<i>Pediastrum sp.</i>	<i>Navicula sp.</i>
	<i>Microcystis sp.</i>	<i>Pediastrum bariam</i>	<i>Nitzschia sp.</i>
	<i>Oscillatoria sp.</i>	<i>Pediastrum simplex</i>	<i>Tabellaria sp.</i>
	<i>Planktolimbya sp.</i>	<i>Peridunium sp.</i>	
	<i>Planktothrix agardhii</i>	<i>Pseudopediastrum</i>	
	<i>Planktothrix rubescens</i>	<i>Scenedesmus sp.</i>	
	<i>Planktothrix sp.</i>	<i>Sphaerocystis sp.</i>	
	<i>Raphydiopsis mediterranea</i>	<i>Staurastrum sp.</i>	
	<i>Raphydiopsis raciborskii</i>	<i>Tetraedron sp.</i>	
	<i>Snowella sp.</i>		
	<i>Synetochoccus sp.</i>		
2021	<i>Cylindrospermum sp.</i>	<i>Lacunastrum sp.</i>	<i>Nitzschia sp.</i>
	<i>Chroococcus sp.</i>	<i>Monoraphidium acuaticum</i>	<i>Nitzschia closterium</i>
	<i>Limnothrix sp.</i>	<i>Mougeotia sp.</i>	<i>Melosira sp.</i>
	<i>Oscillatoria sp.</i>	<i>Oedogonium sp.</i>	
	<i>Planktothrix agardhii</i>	<i>Oocystis solitaria</i>	
	<i>Planktothrix rubescens</i>	<i>Scenedesmus sp.</i>	
	<i>Planktothrix sp.</i>		
	<i>Raphydiopsis raciborskii</i>		
<i>Snowella sp.</i>			

Discusión

La laguna de Yahuarcocha tiene una larga historia de eutrofización por ser poco profunda, y drenar una amplia cuenca con más de 2500 años de impacto humano. Su nombre que significa "laguna de sangre" refleja las floraciones de algas como *Euglena sanguinea* que tornan el agua roja. Bandas rojas reflejando estas floraciones son comunes en los sedimentos de la laguna (Anton 1987). Sin embargo, las floraciones de cianobacterias se han observado en esta laguna solamente en los últimos 10 años (desde 2014). El género *Raphydiopsis* (antes *Cylindrospermopsis*) fue identificado como dominante en 2014 (Saelens 2015; Van Colen et al. 2017). Posteriormente,

durante el período 2020-21, en época seca y época de lluvia, nuestros estudios detectaron por primera vez en la laguna, intensas floraciones de *Planktothrix agardii*. Dada su importancia ecológica y sanitaria, la identidad de la especie fue inmediatamente confirmada con un análisis metagenómico efectuado el año 2021, con el secuenciador Illumina NextSeq 2000 y al mismo tiempo se investigó la probable presencia de toxinas, con el método de Espectrometría de Masas y Cromatografía Líquida UltraPerfomance (UPLC/MS/MS) (Guerra et al. 2023). *Planktothrix agardii* – (Gomont) Anagnostidis y Komárek (1988), es una cianobacteria del orden de las Oscillatoriales; responde a diferentes factores limitantes como el fósforo, el nitrógeno, la temperatura e intensidad de la luz (Paerl y Huisman 2008; Moreno et al. 2010). *Planktothrix agardii*, de acuerdo con los estudios realizados sobre el nicho que ocupa, por lo general, se encuentra en lagos poco profundos, donde hay mucha radiación, en capas inferiores; esta cianobacteria utiliza el nitrógeno en la forma de amonio (Lenard y Poniewozik 2022). Se les encuentra en lagos con alta alcalinidad (Reynolds et al. 2002). Además de tener una capacidad notable para la regulación sensible de la flotabilidad, la especie tiene una poderosa facilidad para adaptación cromática durante la estratificación profunda en el gradiente de luz (Lenard y Poniewozik 2022). Es un alga que puede producir hepatotoxinas y neurotoxinas, aparte de eso puede causar problemas en la piel (Lucena 2008).

Como se desprende de los resultados presentados en este trabajo, tales floraciones han causado que la penetración de luz sea escasa, lo cual probablemente ha reducido, tanto la cantidad de plantas acuáticas sumergidas, como *Myriophyllum* como también la diversidad de otras algas planctónicas y bentónicas como las diatomeas. Estas floraciones de cianobacterias, las altas concentraciones de clorofila-*a* (74,4 µg/L en 2020 y de 224,8 µg/L en el 2021) y la transparencia baja del agua (< 25 cm) indican que la laguna ahora podría haber entrado en un estado hipereutrófico, Durante el período 2014-15, Van Colen et al. (2017) encontró un aumento de la concentración de clorofila (185 µg/L) a partir del segundo semestre del año 2014, coincidiendo con la floración de *Raphidiopsis raciborskii* y mayor turbidez, por lo que indica que Yahuarcocha ya se encontraba en un estado eutrófico.

Es importante notar que Yahuarcocha es una laguna poco profunda y eutrofizada, donde las floraciones se han dado en diferentes épocas y con diferentes especies de algas. Actualmente, las altas temperaturas asociadas con el calentamiento global y el incremento de nutrientes y pesticidas que ahora recibe la laguna son las causas más probables de mantener y agravar este estado. El propósito del manejo de la laguna debería ser la prevención de estas floraciones nocivas. La erradicación de los organismos invasores; el uso de un método de biomanipulación para reducir las floraciones de cianobacterias y reintroducir las plantas acuáticas sumergidas (Scheffer et al. 1993; Davidson et al. 2023), contribuiría a alcanzar el objetivo de mejorar el estado de Yahuarcocha.

Los procesos de eutrofización de lagos poco profundos representan, un problema poco estudiado en el ámbito mundial. Algunas de las lagunas presentan niveles de nutrientes que están entre los más altos reportados en la literatura sobre lagos naturales. La acción humana ha incrementado sustancialmente esas cargas (Quirós et al. 2002). Las lagunas turbias constituyen un estado avanzado de hipereutrofización, caracterizado por una relación N:P relativamente baja, frecuentes florecimientos de algas. Además, este tipo de lagunas es más proclive a presentar florecimientos de cianobacterias (Izaguirre y Vinocur 1994).

El aumento de las temperaturas favorece a las cianobacterias, que generalmente crecen mejor, a temperaturas más altas (a menudo por encima de 20 °C), que otras especies del fitoplancton como diatomeas y algas verdes, dándoles una ventaja competitiva. Las algas superficiales flotantes generan una sombra subyacente, donde se encuentra el fitoplancton no flotante, suprimiendo así a sus oponentes a través de la competencia por la luz (Lund 1965; Robarts y Zohary 1987; Paerl y Huisman 2008).

Finalmente, a partir de este estudio se recomiendan las siguientes actividades: evitar la extracción la tatora que crece alrededor de la laguna, desarrollar una regulación para evitar el ingreso de nutrientes a la laguna de Yahuarcocha. Se recomienda colocar una planta de tratamiento para

aguas servidas. Los gobiernos locales, deberían establecer regulaciones para el manejo del turismo. Concientizar a la gente que vive en los alrededores de la laguna y/o que hace uso de ella, que procure no utilizar el agua de la laguna, por el alto grado de toxicidad en que se encuentra actualmente.

Conclusiones

Durante la época seca del 2020 y época de lluvia del 2021, se evidenció una intensa floración en la laguna de Yahuarcocha, de la cianobacteria *Planktothrix agardhii*, razón por la cual ha bajado la biodiversidad registrada en estudios anteriores.

Según la transparencia tan baja y la clorofila-*a* tan alta en los períodos de sequía y lluvia de los años 2020-2021, y la presencia de floraciones de cianobacterias, se sugiere que la laguna de Yahuarcocha ha entrado en un estado hipereutrófico.

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración a la Ing. Carla Valarezo directora del departamento de Química de la EPMAP-I por la realización de los análisis de agua. Al Capitán Fabián López director del cuerpo de Bomberos de Ibarra, por su colaboración prestándonos la embarcación. A Edith Montalvo por su asistencia en el campo. Agradecemos también a los revisores por sus valiosas observaciones.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses en publicar este artículo.

Contribución de los autores

MLG: Concepción y diseño del estudio, diseño experimental, colección de datos, análisis e interpretación de datos, redacción de la versión inicial del manuscrito, revisión del manuscrito, gestión de financiamiento

MSK: Concepción y diseño del estudio, análisis e interpretación de datos, redacción de la versión inicial del manuscrito, revisión del manuscrito.

TVV: Análisis e interpretación de datos, revisión del manuscrito.

Referencias bibliográficas

American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23RD Edition. Washington DC. USA: American Public Health Association.

Anton A. 1987. Paleolimnology of an Equatorial lake in the Inter-Andean Plateau of Ecuador [Ph.D Dissertation]. [Columbus, OH. USA]: The Ohio State University.

Asociacion de Municipalidades del Ecuador A. 2010. Cantón Ibarra. AME. <https://ame.gob.ec/2010/05/20/canton-ibarra/>.

Bonilla S, Aubriot L, Brena B, Britos A, Conde D, Challar G, De Leon L, Fabre A, Gabito L, Gravier A, et al. 2009. Cianobacterias Planctónicas del Uruguay Manual para la identificación y medidas de gestión.

Carey C, Ibelings BW, Hoffmann EP, Hamilton DP, Brookes JD. 2012. Eco-physiological adaptations that favour freshwater cyanobacteria in a changing climate. *Water Research*. 46(5):1394–1407. doi:10.1016/j.watres.2011.12.016.

Chen D, Chen HW. 2013. Using the Köppen classification to quantify climate variation and change: An example for 1901–2010. *Environmental Development*. 6:69–79. doi:10.1016/j.envdev.2013.03.007.

Colinvaux P, Olson K, Liu K-B. 1988. Late-glacial and holocene pollen diagrams from two endorheic lakes of the inter-andean plateau of Ecuador. *Review of Palaeobotany and Palynology*. 55(1):83–99. doi:10.1016/0034-6667(88)90055-3.

- Davidson T, Sayer C, Jeppesen E, Søndergaard M, Lauridsen TL, Johansson LS, Baker A, Graeber D. 2023. Bimodality and alternative equilibria do not help explain long-term patterns in shallow lake chlorophyll-a. *Nat Commun.* 14(1):398. doi:10.1038/s41467-023-36043-9.
- Davis TW, Berry DL, Boyer GL, Gobler CJ. 2009. The effects of temperature and nutrients on the growth and dynamics of toxic and non-toxic strains of *Microcystis* during cyanobacteria blooms. *Harmful Algae.* 8(5):715–725. doi:10.1016/j.hal.2009.02.004.
- Dawson T, Jackson S, House J, Prentice IC, Mace GM. 2011. Beyond Predictions: Biodiversity Conservation in a Changing Climate. *Science.* 332(6025):53–58. doi:10.1126/science.1200303.
- Echeverría J, Athens JS. 2016. Investigación subacuática en las lagunas de Yahuarcocha, San Pablo, Mojanda, Provincia de Imbabura, Ecuador. *Revista de Arqueología Americana.*(34): 125–142. doi:10.35424/rearam342016%.
- Echeverría J, Jaramillo X. 2008. Laguna de Yahuarcocha: patrimonio natural y cultural de la sierra norte del Ecuador. [Ibarra], Ecuador: Casa de la Cultura Ecuatoriana. Núcleo de Imbabura.
- Gómez N, Donato JC, Georgi A, Huash H, Mateo P, Sabater S. 2009. La biota de los ríos: los microorganismos autótrofos. In: *Conceptos y técnicas en ecología fluvial.* BBVA. p. 26.
- Guerra M, Oerhle S, Steinitz-Kannan M, Cooper J. 2023. Metagenome-Assembled Genome Sequence of *Planktothrix agardhii* from a Toxic Cyanobacterial Bloom in Yahuarcocha, a Tropical Shallow Lake in Ecuador. *Microbiology Resource Announcements.*:2.
- Guevara V, Morales A. 2022. Evaluación de cianobacterias en el lago eutrófico Yahuarcocha por medio de estudio de secuencias de ADN [bachelorThesis].
- Izaguirre I, Vinocur A. 1994. Typology of shallow lakes of the Salado River basin (Argentina), based on phytoplankton communities. *Hydrobiologia.*(277):49–62.
- La Hora. 2003. Más químicos en la cuenca del Tahuando. <https://www.lahora.com.ec/secciones/m-s-qu-micos-en-la-cuenca-del-tahuando/>.
- La Hora. 2016. Desechos de pescados, un problema que sigue latente en Yahuarcocha. <https://www.lahora.com.ec/noticias/desechos-de-pescados-un-problema-que-sigue-latente-en-yahuarcocha/>.
- La Hora. 2022. Yahuarcocha tiene 400 veces más algas de lo normal. <https://www.lahora.com.ec/imbabura-carchi/yahuarcocha-contaminacion-algas-ultrasonido-mayo-2022/>.
- Lenard T, Poniewozik M. 2022. *Planktothrix agardhii* versus *Planktothrix rubescens*: Separation of Ecological Niches and Consequences of Cyanobacterial Dominance in Freshwater. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 19(22):14897. doi:10.3390/ijerph192214897.
- Lucena E. 2008. Aspectos Sanitarios de las Cianotoxinas. *Higiene y Sanidad ambiental.* 8:291–302.
- Lund J. 1965. The Ecology of the Freshwater Phytoplankton. *Biological Reviews.* 40(2):231–290. doi:10.1111/j.1469-185X.1965.tb00803.x.
- Maridueña A, Chalén N, Coello D, Cajas J, Solís P, Aguilar F, Elías E. 2003. Mortandad de peces en la Laguna de Yahuarcocha cantón Ibarra – Provincia de Imbabura, febrero 2003. Sección Peces. Taxonomía y características generales de los peces identificados en la Laguna Yahuarcocha. INP, Municipalidad de Ibarra.
- Miller M, Kannan M, Colinvaux PA. 1984. Limnology and primary productivity of Andean and Amazonian tropical lakes of Ecuador. *SIL Proceedings, 1922-2010.* 22(2):1264–1270. doi:10.1080/03680770.1983.11897482.

- Moreno D, Quintero J, López A. 2010. Métodos para identificar, diagnosticar y evaluar el grado de eutrofia. *ContactoS*. 78:25–33.
- Paerl H. 2014. Mitigating Harmful Cyanobacterial Blooms in a Human- and Climatically-Impacted World. *Life*. 4(4):988–1012. doi:10.3390/life4040988.
- Paerl H, Huisman J. 2008. Blooms Like It Hot. *Science* (New York, NY). 320:57–8. doi:10.1126/science.1155398.
- Paul V. 2008. Global warming and cyanobacterial harmful algal blooms. In: Hudnell HK, editor. *Cyanobacterial Harmful Algal Blooms: State of the Science and Research Needs*. Vol. 619. New York, NY: Springer New York. (Back N, Lajtha A, Paoletti R, Cohen IR, Lambris JD, editors. *Advances in Experimental Medicine and Biology*). p. 239–257.
- Portilla K. 2015. Evaluación del Comportamiento de los Parámetros Físicos del Agua, para determinar el estado trófico Del lago Yahuarcocha, Provincia Imbabura [bachelorThesis].
- Pourrut P. 1983. *Los Climas del Ecuador. Fundamentos Explicativos*.
- Quirós R, Rennella AM, Boveri MA, Rosso JJ, Sosnovsky A. 2002. Factores que afectan la estructura y el funcionamiento de las lagunas pampeanas. *Ecología austral*. 12(2):175–185.
- Revelo C. 2017. Evaluación del Balance Hidrológico y establecimiento de Estrategias para la Conservación del Recurso Hídrico del Lago Yahuarcocha [Tesis]. [Ecuador]: Universidad Técnica del Norte.
- Reynolds C, Huszar V, Kruk C, Naselli-Flores L, Melo S. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research*. 24:417–428. doi:10.1093/plankt/24.5.417.
- Riascos, L, Geerts A, Oña T, Van der Hayden C. 2018. DNA-based monitoring of the alien invasive North American crayfish *Procambarus clarkii* in Andean lakes (Ecuador) | Elsevier Enhanced Reader. *Limnologia*.(70):20–25. doi:10.1016/j.limno.2018.02.002.
- Robarts R, Zohary T. 1987. Temperature effects on photosynthetic capacity, respiration, and growth rates of bloom-forming cyanobacteria. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 21:391–399. doi:10.1080/00288330.1987.9516235.
- Saelens P. 2015. Ecological functioning of a eutrophic, high-altitude shallow lake in Ecuador, Laguna Yahuarcocha.
- Scheffer M, Hosper SH, Meijer M-L, Moss B, Jeppesen E. 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. *Trends in Ecology Evolution*. 8(8):275–279. doi:10.1016/0169-5347(93)90254-M.
- Steinitz-Kannan M. 1979. Comparative Limnology of Ecuadorian Lakes. A study of species number and composition of plankton communities of the Galapagos Islands and the Equatorial Andes. [Ph.D Dissertation]. [Columbus, OH. USA]: The Ohio State University.
- Terán F. 1975. Cartilla de divulgación ecuatoriana No. 2. Nuestras lagunas andinas geografía e historia.
- Terneus E. 2014. Vegetación acuática y estado trófico de las lagunas andinas de San Pablo y Yahuarcocha, provincia de Imbabura, Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*. 35(1–2):121–131. doi:10.26807/remcb.v35i1-2.255.
- Terneus E, Vallejo B, Gómez de la Torre M. 2019. Impactos del cambio climático sobre la flora acuática de las Lagunas Verdes, volcán Chiles, Ecuador. *BC*. 20(2). doi:10.21068/c2019.v20n02a02.

Tobar C. 1985. Monografía de Ibarra. Tercera edición. Ibarra, Ecuador: Centro de Ediciones Culturales de Imbabura.

Van Colen W, Portilla K, Oña T, Wyseure G, Goethals P, Velarde E, Muylaert K. 2017. Limnology of the neotropical high elevation shallow lake Yahuarcocha (Ecuador) and challenges for managing eutrophication using biomanipulation. *Limnologica*. 67:37–44. doi:10.1016/j.limno.2017.07.008.

Varela A, Ron S. 2022. Geografía y clima. <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/GeografiaClima/>

Woolway RL, Kraemer BM, Lenters JD, Merchant CJ, O'Reilly CM, Sharma S. 2020. Global lake responses to climate change. *Nat Rev Earth Environ*. 1(8):388–403. doi:10.1038/s43017-020-0067-5.

NOTA
CIENTÍFICA

Lista de especies de las colecciones de Mastozoología y Herpetología del Museo de Zoología de la Universidad del Azuay (MZUA)

List of species from the Mammalogy and Herpetology collections of the Museum of Zoology of the University of Azuay (MZUA)

Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas
Volumen 44. No. 1, Mayo 2023

Bernarda Vásquez-Ávila¹, Pablo Sebastián Padrón^{2*}

¹ Museo de Zoología de la Universidad del Azuay, Escuela de Biología, Universidad del Azuay, Av. 24 de mayo 7-77 y Hernán Malo, Cuenca, Ecuador.

² Laboratorio de Entomología, Museo de Zoología de la Universidad del Azuay. Av. 24 de mayo 7-77 y Hernán Malo, Cuenca, Ecuador. ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9104-1657>

* Autor por correspondencia: sebastianpadronm@yahoo.com

DOI: 10.26807/remcb.v44i1.953

Recibido: 31-01-2023
Aceptado: 17-05-2023
Publicado: 27-05-2023

Como citar este artículo:
Vásquez-Ávila B, Padrón PS. 2023
Lista de especies de las colecciones de Mastozoología y Herpetología del Museo de Zoología de la Universidad del Azuay (MZUA).
Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas 44 (1): 49-71. doi: 10.26807/remcb.v44i1.953

Resumen.- Las colecciones biológicas son fundamentales para el entendimiento y conservación de la biodiversidad de un país, más aún, en países megadiversos como Ecuador que requieren una activa documentación de su diversidad biológica. En esta publicación se reporta información de 3,744 especímenes pertenecientes a 456 especies depositadas en el MZUA. Los mamíferos están representados en siete órdenes, 19 familias y 105 especies. En cuanto a Herpetología los especímenes pertenecen a ocho órdenes, 39 familias, y 351 especies. Estas 456 especies representan un cuarto de todas las especies de mamíferos, reptiles y anfibios reportadas hasta el 2022 para el Ecuador (1,634 especies). Entre estos especímenes sobresalen siete holotipos (cinco anfibios, un reptil y un mamífero) y 46 paratipos. Se observan patrones claros en cuanto a la distribución de la colección de especímenes. El cantón Cuenca en la provincia del Azuay es el área con mayor número de especímenes colectados, mientras que, el rango altitudinal con mayor número de registros corresponde a los 3000 a 4000 m, en las regiones naturales Páramo y Bosque Montano Oriental. Nuestros resultados identifican a las colecciones biológicas del MZUA, como uno de los principales repositorios de pequeños vertebrados en la región centro sur del país. Las colecciones resguardadas dan gran complementariedad al inventario nacional de biodiversidad y permiten identificar áreas prioritarias y vacíos de investigación en los Andes tropicales del sur de Ecuador.

Palabras clave: anfibios, biodiversidad, colecciones biológicas, reptiles, mamíferos, Andes Sur de Ecuador

Abstract.- Biological collections are fundamental for the understanding and conservation of a country's biodiversity, especially in megadiverse countries such as Ecuador. Information on 3757 specimens belonging to 456 species deposited in the MZUA is reported here. Mammals are represented in five orders, 15 families and 105 species. Regarding Herpetology, the specimens belong to eight orders, 39 families, and 351 species. These 456 species represent a quarter of all species (1634) of mammals, reptiles and amphibians reported up to 2022 for Ecuador. Among these specimens, seven holotypes (five amphibians, one reptile, and one mammal) and 46 paratypes stand out. Clear geographic patterns were observed in terms of the distribution of collected specimens. Cuenca, which is the Canton of Azuay Province, was the area with the most specimens. The altitudinal range with the highest number of records is between 3000 to 4000 m, in the natural regions of the Páramo and Eastern Montane Forests. Our results identified the biological collections of the MZUA as one of the main repositories of small vertebrates in the central-southern region of the country. The preserved collections complement and expand the national inventory of biodiversity and allow for the identification of several priority areas and information gaps in the southern Ecuadorian Andes.

Keywords: amphibians, biodiversity, biological collections, reptiles, mammals, Southern Andes of Ecuador

Introducción

Los museos de historia natural se conciben en la actualidad como centros de investigación que preservan la diversidad biológica, fomentan la investigación científica, forman nuevos

investigadores y son útiles para la vinculación de la ciencia con la sociedad (Schindel y Cook 2018; Miller et al. 2020). Actualmente, en el Ecuador existen museos dedicados a la preservación de especímenes biológicos y a su investigación, sin embargo, el número de estos y su ubicación geográfica dentro del territorio ecuatoriano es insuficiente y desigual (Cuesta et al. 2017; Sornoza-Molina et al. 2018). Esto es especialmente notorio en la región sur del país, donde en la actualidad existen pocos museos de historia natural en las provincias de Azuay, El Oro, Loja y Guayas, a pesar de la gran importancia y al ser prioridades de conservación en la región (Myers et al. 2000; Lessmann et al. 2014; Tapia-Armijos et al. 2015; Noh et al. 2020).

Los Andes Tropicales del sur de Ecuador son lugares con altos niveles de diversidad y endemismo, pero aún poco explorados (Duellman y Lynch 1988; Moret 2005; Neill 2005). En esta región inicia la deflexión de Huancabamba considerada como una de las barreras biogeográficas más importantes del continente (Weigend 2002; Quintana et al. 2017; Hazzi et al. 2018), esta separa las faunas del norte, centro, y sur de los Andes, fomentando procesos de especiación (Young y Reynel 1997). También, en esta región existe una importante población humana que es altamente dependiente de la biodiversidad que les rodea, obteniendo de estos servicios ambientales importantes para su subsistencia y generando recursos importantes para la matriz productiva del país. Pero también, en esta región los índices de alteración de hábitats son muy altos (Mosandl et al. 2008; Rivas et al. 2021). Estas características hacen de esta parte del país un área prioritaria para la investigación y conservación de la biodiversidad (Cuesta et al. 2017), pero para cumplir con estos objetivos es necesario primero inventariar, estudiar y empoderar a la ciudadanía sobre la biodiversidad existente, es por esto que los museos dedicados a estas tareas son fundamentales.

El MZUA, de la Escuela de Biología, Ecología y Gestión de la Universidad del Azuay en Cuenca, Ecuador, fue creado en el 2010 con el objetivo principal de fomentar la investigación científica sobre la fauna del sur del país. Sus objetivos contemplaban brindar un servicio a la sociedad principalmente por medio del uso de sus colecciones, personal y facilidades en el área de la consultoría ambiental. En el 2015 se establecieron protocolos de manejo de las colecciones, se destinó infraestructura para cumplir con proyectos de investigación y docencia, estos cambios permitieron una mejor sistematización y manejo de las colecciones científicas. Estos esfuerzos han hecho que el museo se posicione como un referente científico y de educación a nivel nacional. Siendo sus colecciones fundamentales en la generación de nuevo conocimiento, lo cual se evidencia en la publicación de varios artículos científicos (Urgiles et al. 2017; Niveló-Villavicencio et al. 2019), guías de campo (Sánchez-Nivicela et al. 2019; Fernández de Cordova y Niveló-Villavicencio 2016), y reportes técnicos. Los especímenes han sido fuente de consulta de varios investigadores nacionales e internacionales, quienes usan activamente las colecciones.

Conscientes del potencial de la información asociada a los especímenes de las colecciones del MZUA, esta publicación facilita la difusión de la información actualizada al 2022 de sus colecciones de Mastozoología y Herpetología, por medio de una lista de especies y un análisis espacial de distribución de especímenes. Se espera, que esta publicación motive a investigadores a visitar las colecciones bajo nuestro cuidado.

Materiales y Métodos

Tratamiento taxonómico

Se realizó una sistematización de la información de los especímenes preservados en las colecciones de Mastozoología y Herpetología del MZUA. La nomenclatura y la validez taxonómica de los nombres reportados fue revisada y sigue la propuesta de Tirira et al. (2022) para mamíferos, Ron et al. (2022) para anfibios y Torres-Carvajal et al. (2022), para Reptiles.

Las listas de especies se presentan siguiendo un orden taxonómico, se especifica el número de individuos por sexo, se detalla las provincias donde se han colectado y el tipo de material asociado a los mismos (mamíferos). Finalmente se indica si las muestras tienen alguna importancia taxonómica (tipos) y se incluye el código y número de colección del museo.

Mapas de distribución espacial de los especímenes de las colecciones

Para analizar la distribución espacial de los especímenes de las colecciones del MZUA, la información fue analizada a escala de distribución geopolítica, ecosistemas (Ron 2020) y bandas

de distribución altitudinal. Permitiendo realizar una detallada corrección y validación de datos. Se georreferenciaron un total de 3,757 especímenes, de estos 2,886 (77%) pertenecientes a anfibios, 481 (13%) a reptiles y 390 (10 %) a mamíferos (Fig. 1). Para cada uno de los grupos (Anfibios, Reptiles y Mamíferos). Luego se realizó una suma de registros por cada una de las celdas para de esta manera representar mediante una gama de colores el número de registros (riqueza). Los análisis espaciales se realizaron en QGIS (Versión 3.4) usando una proyección WGS1984. Y los resultados se graficaron mediante histogramas usando los paquetes *tidyverse* y *hrbrtheme* en RStudio. Las figuras finales fueron compuestas en Photoshop.

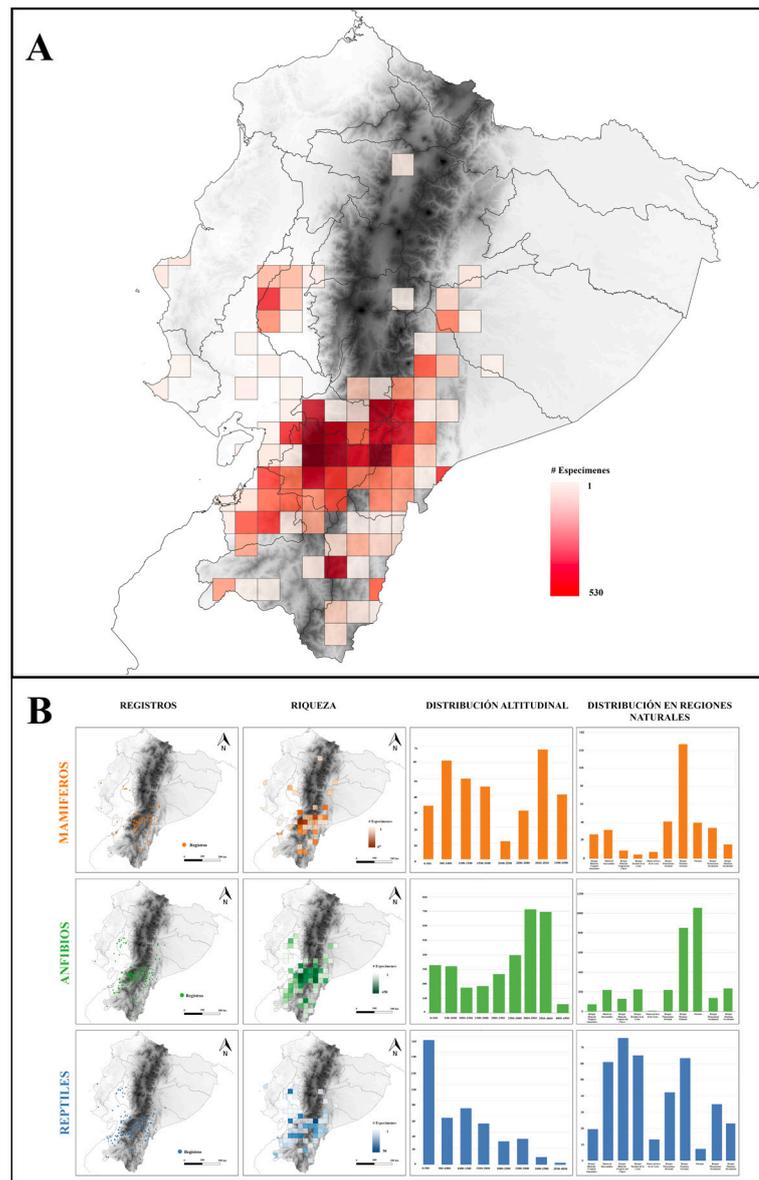


Figura 1. A) Mapa de la distribución espacial de los registros de todos los especímenes de las colecciones de Herpetología y Mastozoología del MZUA. B) Distribución espacial de los registros de mamíferos, anfibios y reptiles, la riqueza de registros, su distribución altitudinal y su distribución en las regiones naturales del Ecuador. Cada celda de la cuadrícula en los mapas es de 25 km x 25 km y las categorías de elevación se establecieron cada 500 m de altura.

Resultados

Mamíferos

Se reporta información para 390 especímenes representados por siete órdenes (Carnivora, Chiroptera, Didelphimorphia, Eulipotyphla, Paucituberculata, Pilosa y Rodentia) (Fig.1). Entre

estos órdenes se incluyen 19 familias, 55 géneros y 105 especies. Los órdenes Chiroptera y Rodentia son los más abundantes en las colecciones, con 217 y 130 individuos respectivamente. Dentro de las colecciones existe un holotipo de la especie *Ichthyomys pinei* Fernández de Córdova et al., 2019. Los especímenes aquí reportados han sido colectados desde 1988 hasta el 2020, la mayor cantidad de especímenes fueron colectados en el año 2017 y 2018 con 60 y 91 individuos respectivamente (Fig. 2). Los especímenes depositados en la colección de mamíferos provienen de 101 localidades ubicadas en 13 provincias, siendo Azuay la provincia con mayor cantidad de especímenes con 199 individuos pertenecientes a 61 especies (Fig. 2).

Lista de especies de Mamíferos en la colección del MZUA

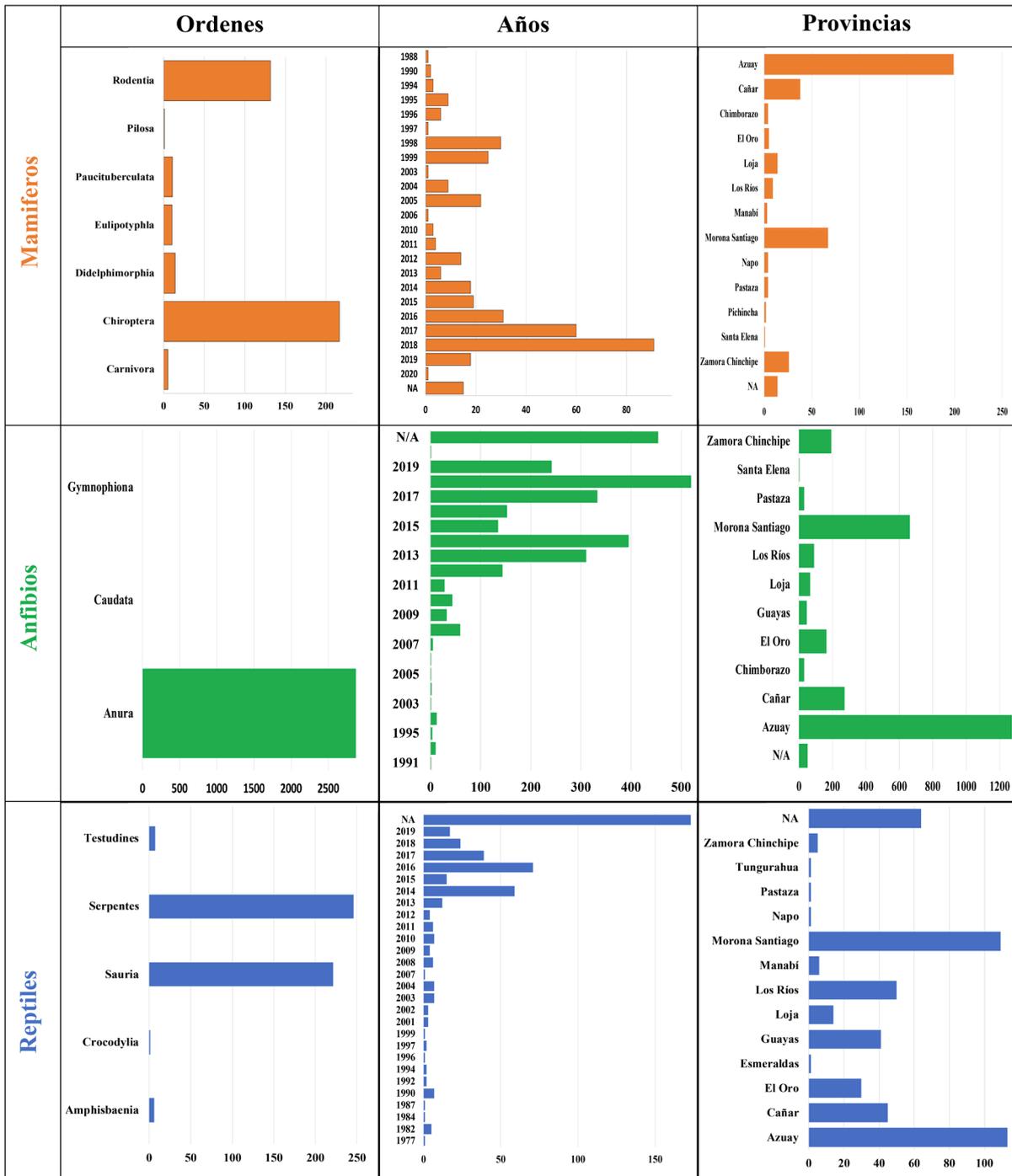


Figura 2. Número de especímenes en las colecciones de Mamíferos, Anfibios y Reptiles de acuerdo a órdenes taxonómicos, años y provincias.

Carnívora

Felidae

1. *Leopardus tigrinus* Schreber 1775; 1 ♂; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cráneo.
2. *Leopardus pardalis* Linnaeus 1758; 1 ♂; Provincias: Cañar; Tipo de colección: Piel.

Mustelidae

3. *Galictis vittata* Schreber 1776; 1 ♂; Provincias: Cañar; Tipo de colección: Cráneo, Piel.
4. *Lontra longicaudis* Olfers 1818; 1 ♂; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cráneo, Piel.

Procyonidae

5. *Nasua olivacea* Gray 1865; 1 ♂; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cráneo.

Chiroptera

Emballonuridae

6. *Cormura brevirostris* Wagner 1843; 1 ♂, 2 ♀; Provincias: Pastaza; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol.
7. *Peropteryx macrotis* Wagner 1843; 1 ♂; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol.

Molossidae

8. *Nyctinomops macrotis* Gray 1840; 1 ♂; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
9. *Molossus molossus* Pallas, 1766; 4 ♂, 5 ♀; Provincias: El Oro, Morona Santiago, Santa Elena; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Piel.
10. *Promops centralis* Thomas 1915; 1 ♂, 3 ♀; Provincias: Loja, Morona Santiago; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Piel.

Mormoopidae

11. *Mormoops megalophylla* W. Peters 1864; 2 ♂; Provincias: Pichincha; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Piel.

Noctilionidae

12. *Noctilio albiventris* Desmarest 1818; 2 ♂, 2 ♀; Provincias: Napo; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Piel.
13. *Noctilio leporinus* Linnaeus 1758; 1 ♂; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol.

Phyllostomidae

14. *Anoura aequatoris* É. Geoffroy St.-Hilaire 1818; 2 ♂, 2 ♀; Provincias: Azuay, Morona Santiago; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
15. *Anoura caudifer* Geoffroy St.-Hilaire 1818; 2 ♂; Provincias: Morona Santiago; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol.
16. *Anoura fistulata* Muchhala, Mena-V. & Albuja 2005; 2 ♀; Provincias: Morona Santiago, Zamora Chinchipe; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
17. *Anoura geoffroyi* Gray 1838; 5 ♂, 7 ♀, 1 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar, Morona Santiago; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel, Feto en alcohol.
18. *Artibeus aequatorialis* Andersen 1906; 4 ♂; Provincias: Azuay, Los Ríos; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
19. *Artibeus fraterculus* Anthony 1924; 4 ♂, 1 ♀; Provincias: Azuay, Cañar, Los RíosCa; Tipo de colección: Cráneo, Piel.
20. *Artibeus glaucus* Thomas 1893; 3 ♂; Provincias: Morona Santiago; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol.
21. *Artibeus lituratus* Olfers 1818; 5 ♂, 3 ♀; Provincias: Azuay, Cañar, Morona Santiago; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
22. *Artibeus obscurus* Schinz 1821; 2 ♂; Provincias: Morona Santiago; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
23. *Artibeus ravus* Miller 1902; 2 ♂; Provincias: Cañar; Tipo de colección: Cráneo, Piel.

24. *Artibeus rosenbergi* Thomas 1897; 2♂; Provincias: Cañar; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
25. *Artibeus* sp.; 1♂; Provincias: Cañar; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol.
26. *Carollia brevicaudum* Schinz 1821; 7♂, 9♀; Provincias: Azuay, Cañar, Los Ríos, Morona Santiago, Zamora Chinchipe; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
27. *Carollia castanea* H. Allen 1890; 1♂, 1♀; Provincias: Cañar, Morona Santiago; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
28. *Carollia perspicillata* Linnaeus 1758; 2♂, 1♀; Provincias: Morona Santiago, Zamora Chinchipe; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Piel.
29. *Desmodus rotundus* É. Geoffroy St.-Hilaire 1810; 5♂, 4♀1 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar, Morona Santiago; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
30. *Enchisthenes hartii* Thomas 1892; 2♂; Provincias: Azuay, Morona Santiago; Tipo de colección: Cráneo, Piel.
31. *Glossophaga soricina* Pallas 1766; 4♂, 3♀; Provincias: Azuay, Cañar, El Oro; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
32. *Lonchophylla handleyi* Hill 1980; 4♂; Provincias: Morona Santiago; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Piel.
33. *Micronycteris megalotis* Gray 1842; 1♂, 1♀; Provincias: Azuay, Cañar; Tipo de colección: Cráneo, Piel.
34. *Phyllostomus discolor* Wagner 1843; 1♂; Provincias: Cañar; Tipo de colección: Cráneo, Piel.
35. *Phyllostomus hastatus* Pallas 1767; 2♂, 4♀; Provincias: Morona Santiago; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Piel.
36. *Platyrrhinus helleri* Peters 1866; 1♂; Provincias: Los Ríos; Tipo de colección: Piel.
37. *Platyrrhinus infuscus* Peters 1880; 1♂; Provincias: Pastaza; Tipo de colección: Piel.
38. *Platyrrhinus ismaeli* Velazco 2005; 1♀; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol.
39. *Platyrrhinus nitelinea* Velazco & Gardner 2009; 1♂; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cráneo, Piel.
40. *Platyrrhinus* sp.; 1♂; Provincias: Cañar; Tipo de colección: Cráneo, Piel.
41. *Platyrrhinus umbratus* Lyon 1902; 1♂, 1♀, 1 No determinado; Provincias: Cañar; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo.
42. *Sturnira bakeri* Velazco & Patterson 2014; 6♂, 2♀; Provincias: Cañar, Los Ríos, Morona Santiago; Tipo de colección: Cráneo, Piel.
43. *Sturnira bidens* Thomas 1915; 4♂; Provincias: Chimborazo, Morona Santiago, Loja; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
44. *Sturnira bogotensis* Shamel 1927; 2♂, 2♀, 1 No determinado; Provincias: Azuay, Morona Santiago; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
45. *Sturnira erythromos* Tschudi 1844; 7♂, 4♀, 2 No determinado; Provincias: Azuay, Loja, Zamora Chinchipe; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol; Cráneo, Piel.
46. *Sturnira ludovici* Anthony 1924; 3♂, 1♀; Provincias: Cañar, Morona Santiago, Zamora Chinchipe; Tipo de colección: Cráneo, Piel.
47. *Sturnira magna* de la Torre 1966; 1♀; Provincias: Morona Santiago; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol.
48. *Sturnira oporaphilum* Tschudi 1844; 2♂, 2♀; Provincias: Azuay, Morona Santiago; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol.
49. *Sturnira* sp.; 1♂; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Piel.
50. *Uroderma convexum* Lyon 1902; 3♂; Provincias: Azuay, Cañar; Tipo de colección: Cráneo, Piel.
51. *Vampyressa thyone* Thomas 1909; 2♂, 1♀; Provincias: Cañar; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol.
52. *Vampyrum spectrum* Linnaeus 1758; 1♀; Provincias: Manabí; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol.

Vespertilionidae

53. *Eptesicus innoxius* Gervais 1841; 1♂; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol.
54. *Histiotus humboldti* Handley 1996; 1♂; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo.

55. *Lasiurus blossevillii* Lesson & Garnot 1826; 1♂; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo.
56. *Myotis keaysi* J. A. Allen 1914; 1♂, 4♀; Provincias: Azuay, Morona Santiago; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
57. *Myotis oxyotus* Peters 1867; 4♂, 6♀, 3 No determinado; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
58. *Myotis riparius* Handley 1960; 7♂, 3♀, 1 No determinado; Provincias: Azuay; Morona Santiago, Zamora Chinchipe; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
59. *Myotis* sp.; 2♂, 2♀; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol.

Didelphimorphia

Didelphidae

60. *Chironectes minimus* Zimmermann 1780; 1♂; Provincias: Morona Santiago; Tipo de colección: Cráneo, Piel.
61. *Didelphis marsupialis* Linnaeus 1758; 1♀; Provincias: Cañar; Tipo de colección: Cráneo, Piel.
62. *Didelphis pernigra* J. A. Allen 1900; 1 No determinado; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cráneo, Piel.
63. *Marmosa lepida* Thomas 1888; 1♀, 1 No determinado; Provincias: Azuay, Zamora Chinchipe; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol.
64. *Marmosa phaea* Thomas 1899; 2♂; Provincias: Loja, Manabí; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo.
65. *Marmosa rubra* Tate 1931; 1♂; Provincias: Morona Santiago; Tipo de colección: Cráneo, Piel.
66. *Marmosa simonsi* Thomas 1899; 1♂; Provincias: Manabí; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol.
67. *Marmosops bishop* Pine 1981; 1♂, 1 No determinado; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
68. *Monodelphis adusta* Thomas 1897; 1♂, 2♀; Provincias: Azuay, Morona Santiago; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.

Eulipotyphla

Soricidae

69. *Cryptotis montivagus* Anthony 1921; 1♀, 8 No determinado; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo.
70. *Cryptotis* sp.; 1♀; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo.

Paucituberculata

Caenolestidae

71. *Caenolestes caniventer* Anthony 1921; 1♀, 1 No determinado; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo.
72. *Caenolestes fuliginosus* Tomes, 1863; 2♀, 1 No determinado; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cráneo, Piel.
73. *Caenolestes sangay* Ojala-Barbour, Pinto, Brito, Albuja V., Lee Jr. & Patterson 2013; 3♂, 1♀, 1 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar, Morona Santiago; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
74. *Caenolestes* sp.; 1♂; Provincias: Loja; Tipo de colección: Cráneo, Piel.

Pilosa

Myrmecophagidae

75. *Tamandua tetradactyla* Linnaeus 1758; 1♂; Provincias: Morona Santiago; Tipo de colección: Piel.

Rodentia

Caviidae

76. *Cavia patzelti* Schliemann 1982; 1♀; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cráneo, Piel.

Cricetidae

77. *Akodon mollis* Thomas 1894; 12♂, 17♀, 6 No determinado; Provincias: Azuay, Chimborazo, Loja, Morona Santiago; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
78. *Euryoryzomys macconnelli* Thomas 1910; 1♂; Provincias: Morona Santiago; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol.
79. *Hylaeamys perenensis* J. A. Allen 1901; 2♂, 1♀; Provincias: Zamora Chinchipe; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo.
80. *Hylaeamys yunganus* Thomas 1902; 1♂; Provincias: Zamora Chinchipe; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol.
81. *Ichthyomys pinei* Fernández de Córdova, Niveló-Villavicencio, Reyes-Puig, Pardiñas & Brito 2019; 2♀; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol; **Tipo, Holotipo: MZUA-Ma.0234.**
82. *Melanomys caliginosus* Tomes 1860; 1♀; Provincias: Cañar; Tipo de colección: Cráneo, Piel.
83. *Microryzomys altissimus* Osgood 1933; 2♂, 3♀, 2 No determinado; Provincias: Azuay, Morona Santiago; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
84. *Microryzomys minutus* Tomes 1860; 1♂, 1♀; Provincias: Azuay, Cañar; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo.
85. *Microryzomys* sp.; 1 No determinado; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cráneo.
86. *Neacomys rosaliae* Sánchez-Vendizú, Pacheco & Vivas-Ruiz 2018; 3♂; Provincias: Zamora Chinchipe; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo.
87. *Nectomys apicalis* Peters 1861; 1♂; Provincias: Morona Santiago; Tipo de colección: Cráneo, Piel.
88. *Nephelomys albigularis* Tomes 1860; 7♂, 5♀, 4 No determinado; Provincias: Azuay, Loja; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
89. *Nephelomys auriventer* Thomas 1899; 3♂, 1♀; Provincias: Azuay, Morona Santiago; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol.
90. *Nephelomys* sp.; 1♂; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo.
91. *Neusticomys* sp.; 1♂; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol.
92. *Oecomys bicolor* Tomes 1860; 2♀; Provincias: Zamora Chinchipe; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol.
93. *Phyllotis haggardi* Thomas 1908; 9♂, 2♀; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
94. *Rattus norvegicus* Berkenhout 1769; 1♂; Provincias: Morona Santiago; Tipo de colección: Cráneo, Piel.
95. *Rhipidomys leucodactylus* Tschudi 1845; 1♂, 1♀; Provincias: Morona Santiago, Zamora Chinchipe; Tipo de colección: Cráneo, Piel.
96. *Thomasomys aureus* Tomes 1860; 2♂, 1♀; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
97. *Thomasomys auricularis* Anthony 1923; 1♀; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cráneo, Piel.
98. *Thomasomys baeops* Thomas 1899; 6♂, 2♀, 1 No determinado; Provincias: Azuay, Chimborazo; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
99. *Thomasomys caudivarius* Anthony 1923; 3♂; Provincias: Cañar, Chimborazo, Loja; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol, Cráneo, Piel.
100. *Thomasomys hudsoni* Anthony 1923; 2♂, 8♀, 2 No determinado; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cuerpo en alcohol.
101. *Thomasomys taczanowskii* Thomas 1882; 1♀; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cráneo, Piel.

Cuniculidae

102. *Cuniculus paca* Linnaeus 1766; 1 No determinado; Provincias: Zamora Chinchipe; Tipo de colección: Cráneo.

Dasyproctidae

103. *Dasyprocta fuliginosa* Wagler 1832; 1 No determinado; Provincias: Zamora Chinchipe; Tipo de colección: Cráneo.

Erethizontidae

104. *Coendou rufescens* Gray 1865; 2♂; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cráneo, Piel.

Muridae

105. *Mus musculus* Linnaeus 1758; 1♂; Provincias: Azuay; Tipo de colección: Cráneo, Piel.

Reptiles

Se reporta información para 481 especímenes, los cuales están representados en cinco órdenes (Amphisbaenia, Crocodylia, Sauria, Serpentes y Testudines) (Fig.1). Entre estos órdenes se encuentran 25 familias, 74 géneros y 164 especies. El orden Serpentes y Sauria son los más abundantes en las colecciones, con 246 y 221 individuos y 97 y 58 especies respectivamente. Dentro de las colecciones existe un holotipo de la especie *Leptodeira misinawui* (Torres-Carvajal et al. 2020); diez paratipos, uno de *Atractus discovery* Arteaga et al., 2022, dos de *Dipsas georgejetti* (Arteaga et al. 2018), uno de *Dipsas oswaldobaezi* Arteaga et al., 2018, tres de *Sibon bevriddgelyi* (Arteaga et al. 2018) y tres de *Leptodeira misinawui* (Torres-Carvajal et al.2020). Los especímenes en la colección han sido colectados desde 1977 hasta el 2019, la mayor cantidad de especímenes fueron colectados en el año 2014 y 2016 con 59 y 71 individuos respectivamente (Fig.1). Estos especímenes provienen de localidades pertenecientes a 13 provincias, siendo la provincia de Azuay y Morona Santiago las que poseen la mayor cantidad de individuos colectados con 113 y 109 individuos respectivamente (Fig.1).

Lista de especies de Reptiles en la colección del MZUA (Especímenes preservados en alcohol).**Amphisbaenia;****Amphisbaenidae;**

1. *Amphisbaena bassleri* Vanzolini 1951; 3 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
2. *Amphisbaena varia* Laurenti 1768; 1♀; 2 No determinado; Provincias: Azuay, Los Ríos, Guayas.

Crocodylia**Alligatoridae**

3. *Caiman crocodilus* Linnaeus 1758; 1 No determinado.

Sauria**Alopoglossidae**

4. *Alopoglossus buckleyi* O'Shaughnessy 1885; 2♀; 3 No determinado; Provincias: Provincias: Azuay, Morona Santiago.
5. *Alopoglossus festae* Peracca 1904; 2♂, 1♀; 3 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar, El Oro, Los Ríos.

Anguidae

6. *Diploglossus monotropis* Kuhl 1820; 1 No determinado; Provincias: Azuay.

Colubridae

7. *Oxybelis brevirostris* Cope 1861; 5 No determinado; Provincias: Cañar, El Oro, Guayas.

Gekkonidae

8. *Hemidactylus frenatus* Duméril y Bibron 1836; 1 No determinado; Provincias: Guayas.

Gymnophthalmidae

9. *Andinosaura kiziriani* Sánchez-Pacheco et al., 2012; 1 No determinado; Provincias: Azuay.
10. *Cercosaura* sp.; 2 No determinado.
11. *Gelanesaurus cochranae* Burt y Burt 1931; 6 No determinado; Provincias: Morona Santiago, Napo.

12. *Gelanesaurus flavogularis* Altamirano-Benavides et al. 2013; 1♂, 2 No determinado; Provincias: Azuay, Morona Santiago.
13. *Loxopholis parietalis* Cope 1885; 1♀, 2 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
14. *Macropholidus ruthveni* Noble, 1921; 1 No determinado; Provincias: Loja.
15. *Pholidobolus macbrydei* Montanucci 1973; 1♂, 2♀, 14 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar.
16. *Pholidobolus prefrontalis* Montanucci 1973; 1 No determinado; Provincias: Cañar.
17. *Potamites ecleopus* Cope 1875; 1♂, 4 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
18. *Potamites strangulatus* Cope 1868; 2 No determinado; Provincias: Azuay.
19. *Riama anatoros* Kizirian 1996; 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
20. *Riama* sp.; 2 No determinado; Provincias: Azuay.
21. *Riama stigmatoral* Kizirian 1996; 1♂, 2♀; Provincias: Cañar.

Iguanidae

22. *Basiliscus galeritus* Duméril y Duméril 1851; 2 No determinado; Provincias: Cañar.
23. *Anolis binotatus* Peters 1863; 7 No determinado; Provincias: El Oro, Guayas, Los Ríos.
24. *Anolis fasciatus* Boulenger 1885; 1♂, 1♀, 1 No determinado; Provincias: Cañar, Los Ríos.
25. *Anolis fitchi* Williams y Duellman 1984; 1♂, 1♀, 4 No determinado; Provincias: Azuay, Morona Santiago.
26. *Anolis fraseri* Günther 1859; 1♂; Provincias: Cañar.
27. *Anolis fuscoauratus* D'Orbigny 1837; 3♂, 3♀, 6 No determinado; Provincias: Azuay, Morona Santiago.
28. *Anolis gracilipes* Boulenger 1898; 14 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar, Guayas, Los Ríos.
29. *Anolis lyra* Poe et al. 2009; 4♀, 2 No determinado; Provincias: Cañar, Esmeraldas, Guayas.
30. *Anolis ortonii* Cope 1868; 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
31. *Anolis punctatus* Daudin 1802; 1♀; Provincias: Morona Santiago.
32. *Anolis scypheus* Cope 1864; 2 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
33. *Anolis soinii* Poe y Yañez-Miranda 2008; 3 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
34. *Enyalioides praestabilis* O'Shaughnessy 1881; 2♀; 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
35. *Enyalioides rubrigularis* Torres-Carvajal et al. 2009; 1♂; Provincias: Azuay.
36. *Enyalioides touzeti* Torres-Carvajal et al. 2008; 2♂, 3 No determinado; Provincias: Cañar, El Oro, Guayas.
37. *Iguana iguana* Linnaeus 1758; 4 No determinado; Provincias: Azuay, Guayas.
38. *Polychrus marmoratus* Linnaeus 1758; 1♀, 2 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
39. *Microlophus occipitalis* Peters 1871; 1♂, 1 No determinado; Provincias: Loja.
40. *Plica umbra* Linnaeus 1758; 1♀; Provincias: Morona Santiago.
41. *Stenocercus carrioni* Parker, 1934; 1 No determinado; Provincias: Loja.
42. *Stenocercus festae* Peracca 1897; 2♂, 4♀, 7 No determinado; Provincias: Azuay.
43. *Stenocercus humeralis* Günther 1859; 2 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
44. *Stenocercus iridescens* Günther 1859; 2♀, 7 No determinado; Provincias: El Oro, Loja, Los Ríos.
45. *Stenocercus ornatus* Gray 1845; 2 No determinado; Provincias: Loja, Morona Santiago.
46. *Stenocercus rhodomelas* Boulenger 1899; 2 No determinado; Provincias: Azuay.
47. *Stenocercus* sp.; 1 No determinado.

Phyllodactylidae

48. *Phyllodactylus pumilus* Dixon y Huey 1970; 1♂, 1♀, 2 No determinado; Provincias: Loja
49. *Phyllodactylus reissii* Peters 1862; 2 No determinado; Provincias: Azuay.
50. *Thecadactylus solimoensis* Bergmann y Russell 2007; 2 No determinado; Provincias: Morona Santiago.

Scinidae

51. *Mabuya nigropunctata* Spix 1825; 1♀; Provincias: Morona Santiago.

Sphaerodactylidae

52. *Gonatodes caudiscutatus* Günther 1859; 3♂, 2♀, 4 No determinado; Provincias: Los Ríos, Morona Santiago.
53. *Gonatodes* sp.; 1 No determinado.
54. *Lepidoblepharis buchwaldi* Werner 1910; 3 No determinado; Provincias: El Oro, Los Ríos.
55. *Lepidoblepharis festae* Peracca 1897; 3 No determinado; Provincias: Azuay, Morona Santiago.
56. *Lepidoblepharis* sp.; 2 No determinado; Provincias: Azuay.
57. *Pseudogonatodes guianensis* Parker 1935; 5 No determinado; Provincias: Azuay, Morona Santiago.

Teiidae

58. *Callopistes flavipunctatus* (Duméril y Bibron 1839); 1♀, 1 No determinado; Provincias: El Oro.
59. *Holcosus septemlineatus* Duméril 1851; 1♂, 11 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar, Los Ríos, Guayas.
60. *Holcosus* sp.; 1 No determinado.
61. *Kentropyx pelviceps* Cope 1868; 1♂, 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.

Serpentes

Boidae

62. *Boa constrictor* Linnaeus 1758; 1 No determinado; Provincias: Los Ríos.
63. *Boa imperator* Daudin 1803; 1♀, 4 No determinado; Provincias: Azuay, El Oro, Guayas.
64. *Corallus blumbergi* Rendahl y Vestergren 1941; 1 No determinado; Provincias: Guayas.

Colubridae

65. *Chironius exoletus* Linnaeus 1758; 2♀, 2 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar, Morona Santiago.
66. *Chironius flavopictus* Werner 1909; 1♂; Provincias: Los Ríos.
67. *Chironius fuscus* Linnaeus 1758; 2♂; Provincias: Morona Santiago.
68. *Chironius grandisquamis* Peters 1869; 1 No determinado; Provincias: El Oro.
69. *Chironius monticola* Roze 1952; 3 No determinado; Provincias: Azuay, Los Ríos, Morona Santiago.
70. *Chironius scurrulus* Wagler 1824; 1♂, 2 No determinado; Provincias: Cañar.
71. *Chironius* sp.; 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
72. *Dendrophidion bivittatus* Duméril et al. 1854; 1 No determinado.
73. *Dendrophidion brunneum* Günther 1858; 4♂, 1 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar, El Oro, Guayas.
74. *Dendrophidion clarkii* Dunn 1933; 1 No determinado; Provincias: Azuay.
75. *Dendrophidion dendrophis* Schlegel 1837; 1♀; Provincias: Morona Santiago.
76. *Drymarchon melanurus* Duméril et al. 1854; 2♂, 1 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar, El Oro.
77. *Lampropeltis micropholis* Cope 1860; 3♂, 1♀, 4 No determinado; Provincias: Azuay, Los Ríos.
78. *Leptophis cupreus* Cope 1868; 1♀.
79. *Leptophis depressirostris* Cope 1861; 3 No determinado; Provincias: Azuay, Guayas.
80. *Mastigodryas heathii* Cope 1875; 1♂, 1♀, 3 No determinado; Provincias: Azuay, El Oro, Guayas.
81. *Mastigodryas pulchriceps* Cope 1868; 1♂, 1 No determinado; Provincias: Azuay.
82. *Mastigodryas reticulatus* Peters 1863; 1♀, 2 No determinado; Provincias: Azuay, El Oro.
83. *Mastigodryas* sp.; 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
84. *Phrynonax polylepis* Peters 1867; 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
85. *Phrynonax shropshirei* Barbour y Amaral 1924; 1♂; Provincias: Cañar.
86. *Saphenophis boursieri* Jan 1867; 1 No determinado; Provincias: Azuay.
87. *Spilotes pullatus* Linnaeus 1758; 2 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
88. *Spilotes megalolepis* Günther 1865; 1♀; Provincias: Guayas.

89. *Stenorrhina degenhardtii* Berthold 1846; 5 No determinado; Provincias: Azuay, Los Ríos, Manabí.
 90. *Tantilla insulamontana* Wilson y Mena 1980; 4 No determinado; Provincias: Azuay, Guayas.
 91. *Tantilla melanocephala* Linnaeus 1758; 1 ♂, 3 No determinado; Provincias: Azuay, Manabí, Morona Santiago.

Colubridae

92. *Atractus discovery* Arteaga et al. 2022; 1 ♀; Provincias: Azuay; **Tipo, Paratipo: MZUA-Re.466.**
 93. *Atractus major* Boulenger 1894; 1 ♀, 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
 94. *Atractus resplendens* Werner 1901; 1 No determinado.
 95. *Atractus roulei* Despax 1910; 1 No determinado; Provincias: Azuay.
 96. *Atractus* sp.; 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
 97. *Clelia clelia* Daudin 1803; 1 ♀; Provincias: Azuay.
 98. *Clelia equatoriana* Amaral 1924; 1 No determinado; Provincias: Guayas.
 99. *Coniophanes dromiciformis* Peters 1863; 1 ♂, 5 No determinado; Provincias: Loja, Los Ríos.
 100. *Dipsas andiana* Boulenger 1896; 1 ♂, 2 No determinado; Provincias: Cañar, El Oro.
 101. *Dipsas bobridgelyi* Arteaga et al. 2018; 1 ♂, 1 No determinado; Provincias: Cañar, El Oro.
 102. *Dipsas catesbyi* Sentzen 1796; 1 No determinado.
 103. *Dipsas georgejetti* (Arteaga et al., 2018); 2 No determinado; Provincias: Manabí; Tipos, Paratipos: MZUA-Re.0121, MZUA-Re.0122.
 104. *Dipsas gracilis* Boulenger 1902; 2 No determinado; Provincias: Guayas.
 105. *Dipsas indica* Laurenti 1768; 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
 106. *Dipsas jamespetersi* Orcés y Almendáriz 1989; 1 ♂; Provincias: Azuay.
 107. *Dipsas oligozonata* Orcés y Almendáriz 1989; 4 No determinado; Provincias: Azuay, Morona Santiago.
 108. *Dipsas oreas* Cope 1868; 3 No determinado; Provincias: Azuay.
 109. *Dipsas oswaldobaezi* Arteaga et al. 2018; 1 No determinado; Provincias: El Oro; **Tipo, Paratipo: MZUA-Re.0286.**
 110. *Dipsas palmeri* Boulenger 1912; 1 No determinado; Provincias: Tungurahua.
 111. *Dipsas pavonina* Schlegel 1837; 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
 112. *Dipsas* sp.; 1 No determinado; Provincias: Azuay.
 113. *Dipsas temporalis* Werner 1909; 1 No determinado.
 114. *Dipsas vermiculata* Peters 1960; 1 No determinado; Provincias: Zamora Chinchipe.
 115. *Drepanoides anomalus* Jan 1863; 1 No determinado; Provincias: Azuay.
 116. *Erythrolamprus festa* Peracca 1897; 3 No determinado; Provincias: Cañar, Morona Santiago.
 117. *Erythrolamprus mimus* Cope 1868; 1 ♀; Provincias: Cañar.
 118. *Erythrolamprus reginae* Linnaeus 1758; 1 ♂, 6 No determinado; Provincias: Azuay, Loja, Morona Santiago.
 119. *Erythrolamprus* sp.; 7 No determinado; Provincias: Azuay.
 120. *Imantodes cenchoa* Linnaeus 1758; 3 ♂, 1 No determinado; Provincias: Cañar, Guayas, Los Ríos, Morona Santiago.
 121. *Incaspis amaru* Zaher et al. 2014; 1 ♀, 1 No determinado; Provincias: Azuay.
 122. *Leptodeira annulata* Linnaeus 1758; 2 No determinado; Provincias: Morona Santiago, Pastaza.
 123. *Leptodeira septentrionalis* Duellmann 1958; 2 ♂, 9 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar, El Oro, Los Ríos.
 124. *Leptodeira misinawui* Torres-Carvajal et al. 2020; 2 No determinado; Provincias: Azuay; **Tipos, Holotipo: MZUA-Re.0253, Paratipo: MZUA-Re.0252.**
 125. *Ninia atrata* Hallowell 1845; 2 No determinado; Provincias: El Oro.
 126. *Oxyrhopus fitzingeri* Tschudi 1845; 1 No determinado; Provincias: Loja.
 127. *Oxyrhopus occipitalis* Wagler 1824; 2 No determinado; Provincias: Cañar, Morona Santiago.
 128. *Oxyrhopus petolarius* Linnaeus 1758; 1 ♂, 5 No determinado; Provincias: Guayas, Los Ríos, Morona Santiago.
 129. *Saphenophis* sp.; 1 No determinado.

130. *Sibon bevriddgelyi* Arteaga et al. 2018; 2 No determinado; Provincia: Azuay, El Oro; **Tipos, Paratipos: MZUA.RE.0142, MZUA.RE.0328, MZUA.RE.0424.**
131. *Sibon nebulatus* Linnaeus 1758; 1 ♀, 2 No determinado; Provincia: Azuay, Los Ríos.
132. *Sibon* sp.; 3 No determinado; Provincia: Azuay, Zamora Chinchipe.
133. *Siphlophis ayauma* Sheehy et al. 2014; 1 ♀, 5 No determinado; Provincia: Azuay, Morona Santiago.
134. *Siphlophis compressus* Daudin 1803; 1 No determinado; Provincia: Morona Santiago.
135. *Synophis bicolor* Peracca 1896; 1 No determinado; Provincia: Zamora Chinchipe.
136. *Synophis* sp.; 1 No determinado; Provincia: Morona Santiago.
137. *Urotheca lateristriga* Berthold 1859; 3 No determinado; Provincia: Cañar, Los Ríos.
138. *Xenodon rabdocephalus* Wied 1824; 2 ♂, 1 No determinado; Provincia: Morona Santiago.

Elapidae

139. *Micrurus bocourti* Jan 1872; 1 ♂, 1 ♀, 1 No determinado; Provincia: El Oro.
140. *Micrurus hemprichii* Schmidt 1858; 1 No determinado; Provincia: Azuay.
141. *Micrurus mertensi* Schmidt 1936; 1 ♀.
142. *Micrurus* sp.; 1 No determinado; Provincia: Azuay.
143. *Micrurus steindachneri* Werner 1901; 1 ♀, 1 No determinado; Provincia: Morona Santiago.
144. *Micrurus surinamensis* Cuvier 1817; 1 ♀; Provincia: Morona Santiago.

Leptotyphlopidae

145. *Epictia subcrotilla* Klauber 1939; 1 ♂, 1 No determinado; Provincia: Loja, Manabí.
146. *Epictia* sp.; 1 ♀, 1 No determinado; Provincia: Azuay

Tropidophiidae

147. *Tropidophis taczanowskyi* Steindachner 1880; 1 ♀; Morona Santiago.

Viperidae

148. *Bothriechis schlegelii* Berthold 1846; 1 ♂, 5 ♀, 1 No determinado; Provincia: Azuay, Cañar, El Oro.
149. *Bothrocophias campbelli* Freire-Lascano 1991; 2 No determinado; Provincia: Cañar, Morona Santiago.
150. *Bothrocophias microphthalmos* Cope 1875; 1 ♂, 4 ♀; Provincia: Azuay, Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
151. *Bothrocophias lojana* Parker 1930; 1 No determinado.
152. *Bothrops asper* Garman 1884; 1 ♂, 11 No determinado; Provincia: Azuay, Cañar, Guayas, Los Ríos, Manabí.
153. *Bothrops atrox* Linnaeus 1758; 6 ♀; Provincia: Azuay, Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
154. *Bothrops bilineatus* Wied-Neuwied 1821; 1 Provincia: Azuay.
155. *Bothrops pulcher* Peters 1862; 2 No determinado; Provincia: Morona Santiago.
156. *Bothrops* sp.; 1 No determinado; Provincia: Guayas.
157. *Bothrops taeniatus* Wagler 1824; 5 ♀; Provincia: Morona Santiago.
158. *Lachesis muta* Linnaeus 1766; 1 ♀; Provincia: Morona Santiago.

Testudines

Cheloniidae

159. *Eretmochelys imbricata* Linnaeus 1766; 1 No determinado.

Chelydridae

160. *Chelydra acutirostris* Peters 1862; 1 No determinado.

Geoemydidae

161. *Rhinoclemmys melanosterna* Gray 1861; 1 No determinado.

Kinosternidae

162. *Kinosternon leucostomum* Duméril y Duméril 1851; 1 No determinado.

Podocnemididae

163. *Podocnemis unifilis* Troschel 1848; 2 No determinado.

Testudinidae

164. *Chelonoidis denticulatus* Linnaeus 1766; 1 No determinado.

Anfibios

Para la colección de anfibios se reporta información de 2,873 especímenes, los cuales están representados en tres órdenes (Anura, Caudata y Gymnophiona) (Fig.1). Entre estos órdenes se encuentran 14 familias, 45 géneros y 187 especies. El orden Anura es el grupo más colectado con 2,854 especímenes. Dentro de las colecciones existen cinco holotipos, de las especies *Lynchius megacephalus* (Sánchez-Nivicela et al. 2019), *Pristimantis andinodiabolus* Sánchez-(Nivicela et al. 2020), *Pristimantis erythros* (Sánchez-Nivicela et al. 2018), *Pristimantis nimbus* (Urgiles et al. 2017), y *Pristimantis quintanai* (Urgiles et al. 2019). También, se tienen 36 paratipos, seis de *P. andinodiabolus*; seis de *P. erythros*, siete de *P. morlaco*, siete de *P. nimbus* y diez *P. quintanai*. Los especímenes han sido colectados desde 1991 hasta el 2021, la mayor cantidad de especímenes fueron colectados en el año 2014 y 2018 con 395 y 520 individuos respectivamente (Fig.1). Los especímenes de la colección pertenecen a 11 provincias, siendo la provincia de Azuay y Morona Santiago las que poseen la mayor cantidad de individuos colectados con 1,265 y 662 individuos respectivamente (Fig.1).

Lista de especies de Anfibios en la colección del MZUA (Especímenes preservados en alcohol)

Anura

Aromobatidae

1. *Allobates insperatus* Morales 2002; 1 No determinado; Provincias: Zamora Chinchipe.
2. *Allobates zaparo* Silverstone 1976; 1 ♂, 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.

Bufonidae

3. *Amazophrynella siona* Rojas et al. 2018; 2 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
4. *Atelopus balios* Peters 1973; 2 No determinado; Provincias: Guayas.
5. *Atelopus bomolochos* Peters 1973; 1 No determinado; Provincias: Azuay.
6. *Atelopus spumarius* Cope 1871; 1 ♀, 2 No determinado; Provincias: Morona Santiago, Pastaza.
7. *Rhaebo guttatus* Schneider 1799; 1 No determinado.
8. *Rhinella alata* Thomiot 1884; 4 No determinado; Provincias: El Oro, Guayas.
9. *Rhinella festae* Peracca 1904; 4 No determinado; Provincias: Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
10. *Rhinella horribilis* Wiegmann 1833; 11 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar, El Oro, Guayas.
11. *Rhinella margaritifera* Laurenti 1768; 1 ♀, 11 No determinado; Provincias: Azuay, El Oro, Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
12. *Rhinella marina* Linnaeus 1758; 5 No determinado; Provincias: Azuay, Pastaza, Zamora Chinchipe.
13. *Rhinella roqueana* Melin 1941; 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
14. *Rhinella* sp.; 3 No determinado; Provincias: Azuay, Pastaza.

Centrolenidae

15. *Centrolene buckleyi* Boulenger 1882; 2 No determinado; Provincias: Azuay, Morona Chinchipe.
16. *Espadarana prosoblepon* Boettger 1892; 13 No determinado; Provincias: Azuay, El Oro, Guayas, Los Ríos.
17. *Hyalinobatrachium aureoguttatum* Barrera-Rodríguez y Ruiz-Carranza 1989; 1 No determinado; Provincias: Los Ríos.
18. *Hyalinobatrachium fleischmanni* Boettger 1893; 5 No determinado; Provincias: Guayas, Los Ríos.

19. *Hyalinobatrachium munozorum* Lynch y Duellman 1973; 1 ♂; Provincias: Morona Santiago.
20. *Nymphargus cochranæ* Goin 1961; 3 No determinado; Provincias: Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
21. *Nymphargus posadae* Ruiz-Carranza y Lynch 1995; 1 No determinado; Provincias: Zamora Chinchipe.
22. *Rulyrana flavopunctata* Lynch y Duellman 1973; 1 ♂, 1 ♀, 5 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
23. *Rulyrana mcdiarmidi* Cisneros-Heredia et al. 2008; 1 ♂, 1 ♀, 2 No determinado; Provincias: Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
24. *Sachatamia albomaculata* Taylor 1949; 2 No determinado; Provincias: Los Ríos.
25. *Teratohyla ameliæ* Cisneros-Heredia y Meza-Ramos 2007; 3 No determinado; Provincias: Zamora Chinchipe.
26. *Teratohyla midas* Lynch y Duellman 1973; 1 No determinado; Provincias: Zamora Chinchipe.

Ceratophryidae

27. *Ceratophrys stolzmanni* Steindachner 1882; 1 ♂, 1 No determinado; Provincias: El Oro, Santa Elena.

Dendrobatidae

28. *Ameerega parvula* Boulenger 1882; 1 ♂, 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
29. *Epipedobates anthonyi* Noble 1921; 1 ♂, 23 No determinado; Provincias: Azuay, El Oro, Loja.
30. *Epipedobates machalilla* Coloma 1995; 8 No determinado; Provincias: Guayas, Los Ríos.
31. *Hyloxalus cevallosi* Rivero 1991; 3 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
32. *Hyloxalus infraguttatus* Boulenger 1898; 2 ♀, 26 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar, El Oro, Guayas, Los Ríos.
33. *Hyloxalus nexipus* Frost 1986; 1 ♂, 1 ♀, 3 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
34. *Hyloxalus vertebralis* Boulenger 1899; 3 ♀, 3 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar.
35. *Ranitomeya ventrimaculata* Shreve 1935; 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.

Hemiphractidae

36. *Gastrotheca litonedis* Duellman y Hillis 1987; 16 No determinado; Provincias: Azuay.
37. *Gastrotheca pseustes* Duellman y Hillis 1987; 1 ♂, 32 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar.
38. *Gastrotheca* sp.; 12 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar.
39. *Gastrotheca testudinea* Jiménez de la Espada 1870; 4 No determinado; Provincias: Cañar, Zamora Chinchipe.

Hylidae

40. *Agalychnis hulli* Duellman y Mendelson 1995; 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
41. *Agalychnis spurrelli* Boulenger, 1913; 1 No determinado; Provincias: El Oro.
42. *Boana almendarizae* Caminer y Ron 2014; 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
43. *Boana boans* Linnaeus 1758; 5 No determinado; Provincias: El Oro, Guayas, Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
44. *Boana calcarata* Troschel 1848; 1 ♂, 12 No determinado; Provincias: Azuay, Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
45. *Boana cinerascens* Spix 1824; 5 No determinado; Provincias: Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
46. *Boana fasciata* Günther 1858; 1 ♂, 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
47. *Boana geographica* Spix 1824; 8 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
48. *Boana lanciformis* Cope 1871; 5 No determinado; Provincias: Pastaza, Zamora Chinchipe.
49. *Boana nympa* Faivovich et al. 2006; 2 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
50. *Boana pellucens* Werner 1901; 17 No determinado; Provincias: Azuay, El Oro, Guayas.

51. *Boana picturata* Boulenger 1899; 1 No determinado; Provincias: Los Ríos.
52. *Boana rosenbergi* Boulenger 1898; 3 No determinado; Provincias: Los Ríos.
53. *Dendropsophus bifurcus* Andersson 1945; 1 ♂, 1 ♀, 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
54. *Dendropsophus brevifrons* Duellman y Crump 1974; 3 No determinado; Provincias: Pastaza, Morona Santiago.
55. *Dendropsophus carnifex* Duellman 1969; 5 No determinado; Provincias: Azuay, Los Ríos.
56. *Dendropsophus marmoratus* Laurenti 1768; 1 ♂; Provincias: Morona Santiago.
57. *Dendropsophus parviceps* Boulenger 1882; 2 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
58. *Dendropsophus rhodopeplus* Günther 1858; 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
59. *Dendropsophus sarayacuensis* Shreve 1935; 2 No determinado; Provincias: Azuay, Pastaza.
60. *Dendropsophus* sp.; 2 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
61. *Dendropsophus triangulum* Günther 1869; 1 ♂; Morona Santiago.
62. *Hyloscirtus alytolylax* Duellman 1972; 1 ♂, 3 No determinado; Provincias: Cañar.
63. *Hyloscirtus phyllognathus* Melin 1941; 1 ♂; Provincias: Morona Santiago.
64. *Hyloscirtus psarolaimus* Duellman y Hillis 1990; 3 No determinado; Provincias: Cañar, Morona Santiago.
65. *Hyloscirtus* sp.; 4 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
66. *Hypsiboas* sp.; 1 No determinado.
67. *Osteocephalus alboguttatus* Boulenger 1882; 1 ♂, 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
68. *Osteocephalus buckleyi* Boulenger 1882; 1 No determinado; Provincias: Zamora Chinchipe.
69. *Osteocephalus fuscifacies* Jungfer et al. 2000; 5 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
70. *Osteocephalus taurinus* Steindachner 1862; 4 No determinado; Provincias: Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
71. *Osteocephalus verruciger* Werner 1901; 1 No determinado; Provincias: Zamora Chinchipe.
72. *Phyllomedusa tarsius* Cope 1868; 3 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
73. *Phyllomedusa tomopterna* Cope 1868; 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
74. *Phyllomedusa vaillantii* Boulenger 1882; 1 ♂, 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
75. *Scinax cruentomma* Duellman 1972; 2 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
76. *Scinax funereus* Cope 1874; 1 ♂; Provincias: Morona Santiago.
77. *Scinax garbei* Miranda-Ribeiro 1926; 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
78. *Scinax quinquefasciatus* Fowler 1913; 5 No determinado; Provincias: Los Ríos.
79. *Scinax ruber* Laurenti 1768; 1 ♀, 13 No determinado; Provincias: Azuay, Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
80. *Scinax* sp.; 2 No determinado; Provincias: El Oro, Pastaza.
81. *Smilisca phaeota* Cope 1862; 14 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar, El Oro, Guayas.
82. *Trachycephalus cunauaru* Gordo et al. 2013; 1 ♀; Provincias: Morona Santiago.
83. *Trachycephalus jordani* Stejneger y Test 1891; 8 No determinado; Provincias: Guayas, Los Ríos.
84. *Trachycephalus quadrangulum* Boulenger 1882; 4 No determinado; Provincias: Guayas, Los Ríos.
85. *Trachycephalus* sp.; 1 No determinado; Provincias: Los Ríos.

Leptodactylidae

86. *Adenomera andreae* Müller 1923; 1 ♂, 1 ♀, 8 No determinado; Provincias: Morona Santiago, Pastaza, Zamora Chinchipe.
87. *Engystomops guayaco* Ron et al. 2005; 5 No determinado; Provincias: Los Ríos.
88. *Engystomops montubio* Ron et al. 2004; 3 No determinado; Provincias: Los Ríos.
89. *Engystomops petersi* Jiménez de la Espada, 1872; 2 No determinado; Provincias: Pastaza.
90. *Engystomops pustulatus* Shreve 1941; 4 No determinado; Provincias: Guayas, Los Ríos.
91. *Engystomops randi* Ron et al. 2004; 1 No determinado; Provincias: Loja.
92. *Leptodactylus knudseni* Heyer 1972; 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.

93. *Leptodactylus labrosus* Jiménez de la Espada 1875; 29 No determinado; Provincias: El Oro, Guayas, Los Ríos.
94. *Leptodactylus leptodactyloides* Andersson 1945; 5 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
95. *Leptodactylus rhodomystax* Boulenger 1884; 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
96. *Leptodactylus* sp.; 3 No determinado; Provincias: Guayas, Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
97. *Leptodactylus wagneri* Peters 1862; 2♂, 6 No determinado; Provincias: Pastaza, Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
98. *Lithodytes lineatus* Schneider 1799; 1♀, 3 No determinado; Provincias: Morona Santiago, Zamora Chinchipe.

Microhylidae

99. *Chiasmocleis antenori* Walker 1973; 2 No determinado; Provincias: Pastaza, Morona Santiago.
100. *Chiasmocleis bassleri* Dunn 1949; 7 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
101. *Chiasmocleis ventrimaculata* Andersson 1945; 2 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
102. *Ctenophryne aequatorialis* Peracca 1904; 45 No determinado; Provincias: Azuay.

Ranidae

103. *Lithobates catesbeianus* Shaw 1802; 27 No determinado; Provincias: Azuay;
104. *Rana bwana* Hillis y de Sá 1988; 12 No determinado; Provincias: El Oro, Guayas, Loja, Los Ríos.

Strabomantidae

105. *Barycholos pulcher* Boulenger 1898; 39 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar, El Oro, Guayas, Los Ríos.
106. *Lynchius flavomaculatus* Parker 1938; 3 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
107. *Lynchius* sp.; 2 No determinado; Provincias: Cañar, Morona Santiago.
108. *Lynchius megacephalus* Sánchez-Nivicela et al. 2019; 1♀; Provincias: Morona Santiago;
Tipo, Holotipo: MZUA.An.0633.
109. *Niceforonia nigrovittata* Andersson 1945; 3 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
110. *Noblella heyeri* Lynch 1986; 4 No determinado; Provincias: El Oro, Loja.
111. *Noblella* sp.; 5 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
112. *Oreobates quixensis* Jiménez de la Espada 1872; 2 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
113. *Pristimantis achatinus* Boulenger 1898; 17♂, 14♀, 114 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar, El Oro, Guayas, Loja, Los Ríos.
114. *Pristimantis acuminatus* Shreve 1935; 3 No determinado; Provincias: Pastaza, Morona Santiago.
115. *Pristimantis altamazonicus* Barbour y Dunn 1921; 2 No determinado; Provincias: Azuay.
116. *Pristimantis altamnis* Elmer y Cannatella 2008; 14 No determinado; Provincias: Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
117. *Pristimantis andinodiabolus* Sánchez-Nivicela et al. 2020; 7 No determinado; Provincias: Cañar; **Tipos, Holotipo: MZUA.An.1903, Paratipos: MZUA.An.1838, MZUA.An.1863, MZUA.An.1864, MZUA.An.1837, MZUA.An.1839, MZUA.An.1914.**
118. *Pristimantis andinognomus* Lehr y Coloma 2008; 22 No determinado; Provincias: Loja, Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
119. *Pristimantis atratus* Lynch 1979; 10 No determinado; Provincias: Loja, Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
120. *Pristimantis balionotus* Lynch 1979; 27 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar, Loja, Morona Santiago.
121. *Pristimantis bambu* Arteaga-Navarro y Guayasamin 2011; 6 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar.

122. *Pristimantis bicantus* Guayasamin y Funk 2009; 6 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar, Morona Santiago.
123. *Pristimantis bromeliaceus* Lynch 1979; 10 No determinado; Provincias: Zamora Chinchipe.
124. *Pristimantis buenaventura* Arteaga et al. 2016; 10 No determinado; Provincias: Cañar, El Oro.
125. *Pristimantis cajanuma* Urgiles et al. 2019; 4 No determinado; Provincias: Loja.
126. *Pristimantis churuwaii* Brito et al. 2017; 2♀, 2 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
127. *Pristimantis colodactylus* (Lynch, 1979); 4 No determinado; Provincias: Cañar.
128. *Pristimantis condor* Lynch y Duellman 1980; 1♀, 4 No determinado; Provincias: Zamora Chinchipe.
129. *Pristimantis conspicillatus* Günther 1858; 2♂, 1♀, 15 No determinado; Provincias: Pastaza, Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
130. *Pristimantis cremnobates* Lynch y Duellman 1980; 1♂, 1♀, 40 No determinado; Provincias: Azuay, Zamora Chinchipe, Morona Santiago.
131. *Pristimantis cryophilus* Lynch 1979; 1♀, 159 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar, Chimborazo, Loja, Morona Santiago.
132. *Pristimantis delius* Duellman y Mendelson 1995; 3 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
133. *Pristimantis devillei* Boulenger 1880; 17 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
134. *Pristimantis diadematus* Jiménez de la Espada 1875; 1♂, 1♀, 6 No determinado; Provincias: Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
135. *Pristimantis enigmaticus* Ortega-Andrade et al. 2015; 1♂, 1♀, 1 No determinado; Provincias: Zamora Chinchipe.
136. *Pristimantis erythros* Sánchez-Nivicela et al. 2018; 1♂, 11 No determinado; Provincias: Azuay; **Tipos, Holotipo: MZUA.An.1903, Paratipos: MZUA.An.1838, MZUA.An.1863, MZUA.An.1864, MZUA.An.1837, MZUA.An.1839, MZUA.An.1914, MZUA.An.1335, MZUA.An.1354.**
137. *Pristimantis esmeraldas* Guayasamin 2004; 1 No determinado.
138. *Pristimantis exoristus* Duellman y Pramuk 1999; 24 No determinado; Provincias: Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
139. *Pristimantis gagliardoi* Bustamante y Mendelson 2008; 1 No determinado; Provincias: Cañar.
140. *Pristimantis galdi* Jiménez de la Espada 1870; 9 No determinado; Provincias: Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
141. *Pristimantis gualacenio* Urgilés et al. 2014; 43 No determinado; Provincias: Azuay, Chimborazo, Morona Santiago; **Tipo: Holotipo 475.**
142. *Pristimantis hampatusami* Yáñez-Muñoz et al. 2016; 14 No determinado; Provincias: Cañar, El Oro.
143. *Pristimantis incomptus* Lynch y Duellman 1980; 25 No determinado; Provincias: Azuay, Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
144. *Pristimantis katoptroides* Flores 1988; 1 No determinado; Provincias: Zamora Chinchipe.
145. *Pristimantis kichwarum* Elmer y Cannatella 2008; 2 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
146. *Pristimantis kuri* Yáñez-Muñoz et al. 2016; 17 No determinado; Provincias: Cañar, El Oro.
147. *Pristimantis lacrimosus* Jiménez de la Espada 1875; 10 No determinado; Provincias: Azuay, Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
148. *Pristimantis lanthanites* Lynch 1975; 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
149. *Pristimantis luscombei* Duellman y Mendelson 1995; 13 No determinado; Provincias: Morona Santiago, Pastaza.
150. *Pristimantis lutzae* Páez y Ron 2019; 8♂, 6♀, 171 No determinado; Provincias: Azuay.
151. *Pristimantis lymani* Barbour y Noble 1920; 10 No determinado; Provincias: Azuay, Loja.
152. *Pristimantis martiae* Lynch 1974; 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
153. *Pristimantis mazar* Guayasamin y Arteaga-Navarro 2013; 10 No determinado; Provincias: Cañar.
154. *Pristimantis morlaco* Sánchez-Nivicela et al. 2022; 3♂, 4 No determinado; Provincias: Azuay; **Tipos, Paratipos: MZUA.An.0108, MZUA.An.0109, MZUA.An.0535, MZUA.An.0536, MZUA.An.1816, MZUA.An.1817, MZUA.An.1821.**

155. *Pristimantis muscosus* Duellman, jh y Pramuk 1999; 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
156. *Pristimantis nimbus* Urgiles et al. 2017; 12♂, 6♀, 12 No determinado; Provincias: Loja, Morona Santiago; **Tipos, Holotipo: MZUA.An.1475, Paratipos: MZUA.An.1462, MZUA.An.1465, MZUA.An.1466, MZUA.An.1468, MZUA.An.1472, MZUA.An.1483, MZUA.An.0705.**
157. *Pristimantis nyctophylax* Lynch 1976; 15 No determinado; Provincias: Cañar, El Oro.
158. *Pristimantis orcesi* Lynch 1972; 7 No determinado; Provincias: Azuay.
159. *Pristimantis orestes* Lynch 1979; 6♂, 3♀, 305 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar, El Oro, Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
160. *Pristimantis philipi* Lynch y Duellman 1995; 7 No determinado; Provincias: Azuay.
161. *Pristimantis phoxocephalus* Lynch 1979; 8 No determinado; Provincias: Azuay.
162. *Pristimantis prolatus* Lynch y Duellman 1997; 81 No determinado; Provincias: Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
163. *Pristimantis proserpens* Lynch 1979; 16 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
164. *Pristimantis pycnodermis* Lynch 1979; 42 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar, Chimborazo, Morona Santiago.
165. *Pristimantis quaquaversus* Lynch 1974; 6 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
166. *Pristimantis quintanai* Urgiles et al. 2019; 11 No determinado; Provincias: Cañar; **Tipos, Holotipo: MZUA.An.1881, Paratipos: MZUA.An.1880, MZUA.An.1900, MZUA.An.1873, MZUA.An.1885, MZUA.An.1874 MZUA.An.1890 MZUA.An.1746, MZUA.An.1748, MZUA.An.1747, MZUA.An.2705.**
167. *Pristimantis riveti* Despax 1911; 11♂, 1♀, 193 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar, Chimborazo, Loja.
168. *Pristimantis rubicundus* Jiménez de la Espada 1875; 2 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
169. *Pristimantis schultei* Duellman 1990; 8 No determinado; Provincias: Azuay, Zamora Chinchipe.
170. *Pristimantis simonbolivari* Wiens y Coloma 1992; 26 No determinado; Provincias: Azuay.
171. *Pristimantis spinosus* Lynch 1979; 24 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
172. *Pristimantis sternothylax* Duellman y Wild 1993; 1 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
173. *Pristimantis subsigillatus* Boulenger 1902; 2♂, 6 No determinado; Provincias: Azuay, El Oro.
174. *Pristimantis tinajillas* Urgilés et al. 2014; 12 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
175. *Pristimantis trachyblepharis* Boulenger 1918; 13 No determinado; Provincias: Zamora Chinchipe.
176. *Pristimantis truebae* Lynch y Duellman 1997; 10 No determinado; Provincias: Azuay.
177. *Pristimantis unistrigatus* Günther 1859; 64 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar, Morona Santiago.
178. *Pristimantis ventrimarmoratus* Boulenger 1912; 6 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
179. *Pristimantis versicolor* Lynch 1979; 1♂, 44 No determinado; Provincias: Loja, Morona Santiago, Zamora Chinchipe.
180. *Pristimantis vidua* Lynch 1979; 25 No determinado; Provincias: Azuay.
181. *Pristimantis w-nigrum* Boettger 1892; 9 No determinado; Provincias: Azuay.
182. *Pristimantis walkeri* Lynch 1974; 6 No determinado; Provincias: Azuay;
183. *Pristimantis* sp.; 3♂, 2♀, 301 No determinado; Provincias: Azuay, Cañar, Chimborazo, El Oro, Guayas, Loja, Morona Santiago, Zamora Chinchipe.

Caudata

Plethodontidae

184. *Bolitoglossa peruviana* Boulenger 1883; 1♀, 6 No determinado; Provincias: Morona Santiago.
185. *Bolitoglossa* sp.; 4 No determinado; Provincias: Zamora Chinchipe.

Gymnophiona

Caeciliidae

186. *Caecilia* sp.; 6 No determinado; Provincias: Azuay, Morona Santiago.

Rhinatremitidae

187. *Epicrionops* sp.; 2 No determinado; Provincias: Morona Santiago.

Mapas de distribución espacial de especímenes

Para cada uno de los grupos (Anfibios, Reptiles y Mamíferos), se estimó la riqueza de registros en celdas de 25 km x 25 km, su representación altitudinal en franjas de 500 m y su presencia en las regiones naturales del Ecuador (Fig. 1B).

En cuanto a la distribución altitudinal de la riqueza de registros de mamíferos, esta es bimodal alcanzando su mayor número de registros en las franjas de los 500 a 1000 y de los 3000 a 4,000 m con 61 y 68 registros respectivamente. En relación a las bioregiones el Bosque Montano Oriental es el que presenta la mayor riqueza de registros con 127. La distribución de los registros a escala político administrativo nos muestra una concentración en la provincia del Azuay en el Cantón Cuenca.

En relación a la distribución altitudinal de los registros de anfibios, el mayor número está en las franjas de los 3,000 a 3500 m con 710 registros, y de los 3500 a 4000 m con 695 registros. El Páramo es la región natural con mayor número de registros 1,057. La mayor concentración de registros está en la provincia del Azuay en el Cantón Cuenca.

En lo que respecta a los registros de reptiles en relación a su distribución altitudinal, la franja entre los 0 a 500 m es la que tiene más registros con 155. La región natural del Bosque Húmedo Tropical del Chocó es la más muestreada con 76 registros de reptiles. Finalmente, las provincias de los Ríos, El Guayas y Azuay son de donde provienen la mayoría de registros de reptiles de nuestras colecciones.

Discusión

El MZUA es actualmente el único museo activo de historia natural en la provincia del Azuay, y uno de los pocos en el sur del Ecuador. En sus colecciones como se evidencia en esta publicación se conserva una parte importante del patrimonio natural del sur del país. En total un cuarto (456 especies), de todas las especies (1634 especies) de mamíferos, reptiles y anfibios reportadas hasta la fecha (2022) para el Ecuador (Ron et al. 2022; Tirira et al. 2022; Torres et al. 2022) se encuentran en las colecciones del MZUA. De estas las especies de mamíferos en las colecciones del MZUA representan el 22,6% del total de especies reportadas para el Ecuador (465) (Tirira et al. 2022). En cuanto a los reptiles, estos representan el 32,7% del total de especies del Ecuador (501 especies) (Torres-Carvajal et al. 2022), y las especies de anfibios representan el 28% del total de especies del país (669 especies) (Ron et al. 2022). Estos datos resaltan que las colecciones del MZUA son de gran importancia científica al preservar un porcentaje importante de la fauna ecuatoriana descrita hasta la fecha.

También, entre las colecciones biológicas del MZUA, se encuentran siete holotipos y 46 paratipos. Estos especímenes tipo han sido usados en la descripción de nuevos taxones (Urgiles et al. 2017, Arteaga et al. 2018; Sánchez-Nivicela et al. 2018; Fernández de Córdova et al. 2019; Sánchez-Nivicela et al. 2021). Los especímenes tipo son de gran importancia en la taxonomía (Johnson 2005), siendo en los últimos años usados en investigaciones que incluyen componentes moleculares (Prosser 2016), estos son fundamentales para resolver problemas taxonómicos (Hind et al. 2014).

En cuanto al crecimiento de las colecciones, se puede notar una aceleración en la expansión de las colecciones a partir del año 2016 hasta el año 2018, esto se explica por la mayor cantidad de proyectos que involucraron la colección de especímenes. Actualmente el número de nuevos especímenes que se incorporan a las colecciones se ha reducido. Pero desde el 2019, se ha venido trabajando en la sistematización y curación de las muestras existentes, lo cual es fundamental para poder conservarlas a futuro, también esto nos ha permitido definir mejor los objetivos de colección del MZUA.

En cuanto a la distribución espacial de todos los especímenes depositados en el MZUA, se observan patrones claros en su distribución hacia el sur del país principalmente en las provincias de Azuay, Cañar, Morona Santiago, Zamora Chinchipe y El Oro, y en menor medida en otras provincias. Es notable también la acumulación de registros en la provincia del Azuay con 1587 especímenes. En lo que se refiere a la distribución altitudinal de registros, es claro un patrón donde la mayoría de registros provienen de elevaciones entre los 3000 a 4000, aquí se han colectado 1524 especímenes. Finalmente, se nota un mayor esfuerzo de muestreo en las regiones naturales de Páramo (1104 especímenes) y en el Bosque Montano Oriental (1043 especímenes).

En general estos patrones de colección no reflejan los patrones conocidos de diversidad de vertebrados del Ecuador (Ron et al. 2022; Tirira et al. 2022; Torres-Carvajal et al 2022). Estos son el resultado principalmente de la cercanía de los lugares muestreados a la ubicación geográfica del MZUA en la ciudad de Cuenca en la provincia del Azuay. Además, en la provincia del Azuay se han desarrollado importantes proyectos relacionados a la matriz productiva del país, como hidroeléctricas y minería a gran escala, estos ubicados en las partes altas y medias de la provincia del Azuay en las regiones naturales de Páramo y Bosque Montano Oriental. Para estos proyectos se han requerido evaluaciones de impacto ambiental, auditorías ambientales o inventarios de biodiversidad, de esto se han obtenido muchos de los especímenes del MZUA. Estos factores explicarían los patrones de colección observados.

Finalmente, de los resultados de la sistematización de especímenes, del análisis espacial de estos y de los patrones resultantes, se puede concluir que, aunque el MZUA ha realizado importantes esfuerzos de muestreo y alberga una importante colección de especies del sur del Ecuador, aún existen grandes zonas muy poco o nada muestreadas, que como indicamos son importantes desde el punto de conservación e investigación. Esto es notorio en muchas áreas en las provincias de Zamora Chinchipe, Morona Santiago, Loja y El Oro, esto nos indica que en estas áreas es donde se debería enfocar a futuro los esfuerzos de muestreo para de esta manera tener una representación más significativa de la biodiversidad en nuestras colecciones.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a las autoridades de la Universidad del Azuay, a su Rector PhD Francisco Salgado, a la Vicerrectora de investigaciones PhD Rafaella Ansaloni por el apoyo brindado al MZUA. También, expresamos nuestro agradecimiento a los profesores, colectores, investigadores y estudiantes que han sido parte fundamental en la formación y mantenimiento de las colecciones. Expresamos nuestro agradecimiento al Dr. Wayne Hanson de la Universidad del Azuay por su ayuda. Finalmente, agradecemos a la autoridad ambiental del Azuay por todo el apoyo recibido.

Contribuciones de los Autores

Bernarda Vásquez-Ávila y Pablo Sebastián Padrón contribuyeron en la concepción y diseño del estudio, en la adquisición de datos, análisis e interpretación de datos, redacción de la versión inicial del manuscrito y revisión del manuscrito.

Conflicto de Interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Referencias bibliográficas

Arteaga A, Salazar-Valenzuela D, Mebert K, Peñafiel N, Aguiar G, Sánchez-Nivicela, JC, Torres-Carvajal O. 2018. Systematics of South American snail-eating snakes (Serpentes, Dipsadini), with the description of five new species from Ecuador and Peru. *ZooKeys*, (766), 79.

Cuesta F, Peralvo M, Merino-Viteri A, Bustamante M, Baquero F, Freile JF, Torres-Carvajal O. 2017. Priority areas for biodiversity conservation in mainland Ecuador. *Neotropical Biodiversity*, 3(1), 93-106.

- Duellman WE, Lynch JD. 1988. Anuran amphibians from the Cordillera de Cutucú, Ecuador. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 125-142.
- Fernández de Córdoba-Torres J, Niveló, C. 2016. Guía de mamíferos de las zonas urbana y periurbanas de Cuenca. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca y Comisión Ambiental Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador.
- Fernández de Córdoba JF, Niveló-Villavicencio C, Reyes-Puig C, Pardiñas UF, Brito J. 2020. A new species of crab-eating rat of the genus *Ichthyomys*, from Ecuador (Rodentia, Cricetidae, Sigmodontinae). *Mammalia*, 84(4), 377-391.
- Hazzi N, Moreno J, Ortiz-Movliav C, Palacio R. 2018. Biogeographic regions and events of isolation and diversification of the endemic biota of the tropical Andes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(31), 7985-7990.
- Hind KR, Gabrielson PW, Lindstrom SC, Martone P T. 2014. Misleading morphologies and the importance of sequencing type specimens for resolving coralline taxonomy (*C. orallinales*, *R. hodophyta*): *P. achyarthron cretaceum* is *C. orallina officinalis*. *Journal of Phycology*, 50(4), 760-764.
- Johnson K. 2005. Type-specimens of birds as sources for the history of ornithology. *Journal of the History of Collections*, 17(2), 173-188.
- Lessmann J, Muñoz J, Bonaccorso E. 2014. Maximizing species conservation in continental Ecuador: a case of systematic conservation planning for biodiverse regions. *Ecology and Evolution*, 4(12), 2410-2422.
- Miller SE, Barrow LN, Ehlman S M, Goodheart JA, Greiman SE, Lutz HL, Light JE. 2020. Building natural history collections for the twenty-first century and beyond. *BioScience*, 70(8), 674-687.
- Moret P. 2005. Los coleópteros Carabidae del páramo en los Andes del Ecuador. Sistemática, ecología y biogeografía. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Centro de Biodiversidad y Ambiente, Quito, Monografía, (2), 306.
- Mosandl R, Günter S, Stimm B, Weber M. 2008. Ecuador suffers the highest deforestation rate in South America. In *Gradients in a tropical mountain ecosystem of Ecuador*, 37-40. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Myers N, Mittermeier R, Mittermeier C, da Fonseca G, Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853-858.
- Neill D A V I D. 2005. Cordillera del Cóndor. Botanical treasures between the Andes and the Amazon. *Plant Talk*, 41, 17-21.
- Niveló-Villavicencio C, Fernández de Córdoba J, Jiménez A, Astudillo PX. 2019. Aportes sobre la dieta y distribución del Ocelote *Leopardus pardalis* (Linné 1758) en los altos Andes de Ecuador. *Revista Peruana de Biología*, 26(3), 399-402.
- Noh JK, Echeverría C, Kleemann J, Koo H, Fürst C, Cuenca P. 2020. Warning about conservation status of forest ecosystems in tropical Andes: National assessment based on IUCN criteria. *PLoS one*, 15(8), e0237877.
- Prosser SW, deWaard J R, Miller SE, Hebert PD. 2016. DNA barcodes from century-old type specimens using next-generation sequencing. *Molecular Ecology Resources*, 16(2), 487-497.
- Quintana C, Pennington RT, Ulloa CU, Balslev H. 2017. Biogeographic barriers in the Andes: is the Amotape-Huancabamba zone a dispersal barrier for dry forest plants? *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 102(3), 542-550.

- Rivas CA, Guerrero-Casado J, Navarro-Cerillo RM. 2021. Deforestation and fragmentation trends of seasonal dry tropical forest in Ecuador: impact on conservation. *Forest Ecosystems*, 8(1), 1-13.
- Ron SR, Merino-Viteri A, Ortiz DA. 2022. Anfibios del Ecuador. Versión 2022.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Disponible en: <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb>, Consulta: 12 de octubre 2022.
- Ron SR. 2020. Regiones naturales del Ecuador. BIOWEB. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Disponible en: <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/RegionesNaturales>, Consulta: 8 de noviembre 2022.
- Sánchez-Nivicela JC, Celi-Piedra E, Posse-Sarmiento V, Urgiles VL, Yáñez-Muñoz M, Cisneros-Heredia DF. 2018. A new species of *Pristimantis* (Anura, Craugastoridae) from the Cajas Massif, Southern Ecuador. *ZooKeys*, 751, 113.
- Sánchez-Nivicela J, Urgilés V, Quezada A, Timbe B, Neira K, Siddons D. 2019. Guía de Reptiles de Cuenca: Una introducción a la biología de los reptiles alto andinos y su identificación en campo. Gobierno Autónomo Descentralizado municipal del canton Cuenca, Comisión de gestión ambiental y Universidad del Azuay. Cuenca-Ecuador. 112 pp.
- Sánchez-Nivicela M, Avendaño J E, Sánchez-Nivicela J C, Torres A, Fuchs J, Bird B, Bonaccorso E. 2021. A taxonomic assessment of *Chlorospingus flavopectus phaeocephalus* and *Chlorospingus semifuscus* (Passeriformes: Passerellidae), including the description of a new subspecies. *Zootaxa*, 5057(2), 151-180.
- Schindel DE, Cook J A. 2018. The next generation of natural history collections. *PLoS Biology*, 16(7), e2006125.
- Sornoza-Molina F, Freile JF, Nilsson J, Krabbe N, Bonaccorso E. 2018. A striking, critically endangered, new species of hillstar (Trochilidae: Oreotrochilus) from the Southwestern Andes of Ecuador. *The Auk: Ornithological Advances*, 135(4), 1146-1171.
- Tapia-Armijos M, Homeier J, Espinosa C, Leuschner C, de la Cruz M. 2015. Deforestation and forest fragmentation in South Ecuador since the 1970s—losing a hotspot of biodiversity. *PLoS one*, 10(9), e0133701.
- Tirira D, Brito J, Burneo S, Carrera-Estupiñán J, Comisión de Diversidad de la AEM. 2022. Mamíferos del Ecuador: lista oficial actualizada de especies / Mammals of Ecuador: official updated species checklist. Versión 2022.1. Asociación ecuatoriana de Mastozoología. <http://aem.mamiferosdelecuador.com> [actualización / updated: 2022-06-03].
- Torres-Carvajal O, Pazmiño-Otamendi G, Ayala-Varela F, y Salazar-Valenzuela D. 2022. Reptiles del Ecuador. Versión 2022.1. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Disponible en: <https://bioweb.bio/faunaweb/reptiliaweb>, Consulta: 3 de octubre, 2022.
- Urgiles VL, Posse V, Timbe BA, Astudillo PX, y Sanchez-Nivicela JC. 2017. A new terrestrial frog (Anura: Craugastoridae) from the montane cloud forests of the southeastern Ecuadorian Andes. *Zootaxa*, 4318(3), 520-530.
- Weigend M. 2002. Observations on the biogeography of the Amotape-Huancabamba zone in northern Peru. *The Botanical Review*, 68(1), 38-54.
- Young K, Reynel C. 1997. Huancabamba Region, Peru and Ecuador. Pp. 465–469 in S. D. Davis V. H. Heywood O, Herrera-MacBryde J. Villa-Lobos, Hamilton AC (eds.), *Centres of plant diversity: A guide and strategy for their conservation*, 3: North America, Middle America, South America, Caribbean Islands. IUCN, Cambridge, England.