

# Evaluación de la biodiversidad, amenazas y estatus de conservación de la flora y fauna del Bosque Petrificado Puyango

Erika Jumbo Eras <sup>1</sup>  Robinson J. Herrera-Feijoo <sup>2</sup>  Andrés Ávila-Andrade <sup>1</sup> 

Ángel Chicaiza-Ortiz <sup>3,5</sup>  María Morocho-Cuenca <sup>1</sup>  Cristhian Chicaiza-Ortiz <sup>1,4</sup>  

<sup>1</sup> Universidad Estatal Amazónica, Facultad Ciencias de la Vida, Sede académica Zamora Chinchipe, EC190650, Ecuador

<sup>2</sup> Green Amazon, Research Center, Nueva Loja EC210150, Ecuador

<sup>3</sup> Universidad Regional Amazónica Ikiam, Facultad de Ciencias Socio Ambientales, Urban Planning And Amazon Cities, Tena 150101, Ecuador

<sup>4</sup> China-UK Low Carbon College, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 201306, China

<sup>5</sup> Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Grupo Investigativo de Recursos Mineros e Ingeniería, Macas 140101, Ecuador

 Correspondencia: [cristhianchicaiza@hotmail.com](mailto:cristhianchicaiza@hotmail.com)  + 593 98 310 4801

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj42018>

**Resumen:** El Bosque Petrificado (B. P.) Puyango alberga una diversa riqueza de flora y fauna que ha recibido poca o nula atención gubernamental, a pesar de ello posee un enorme potencial para la conservación de recursos naturales y el fomento del ecoturismo. En consecuencia, los objetivos de este estudio fueron reportar la biodiversidad, evaluar la categoría de conservación, las amenazas y posibles medidas de mitigación. De esta manera, la metodología se basó en describir las especies de dos reinos (Plantae y Animalia) en el área de estudio y sus respectivas categorías de conservación con información obtenida de bases de datos de acceso abierto y el listado de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN); los riesgos más importantes para la biodiversidad de la flora y la vida silvestre se determinaron mediante una búsqueda en bases de datos científicas y una revisión bibliográfica de la literatura reciente. Entre los resultados se destacan: la identificación de 202 especies, con una concentración principalmente en sector occidental de B. P. Puyango, que se evidencia en un mapa de riqueza de biodiversidad; se encontró también que cuatro especies se encuentran catalogadas en peligro (EN) y tres especies están en la categoría vulnerables (VU); además, se encontraron y evaluaron tres amenazas relevantes para la biodiversidad: contaminación del agua, deforestación y falta de monitoreo de materiales fosilizados. Se concluye que, la información de biodiversidad generada compilada en esta investigación puede ser replicable a casos de estudio similares y empleados como una herramienta para el desarrollo de estrategias de mitigación a los desafíos ambientales.

**Palabras claves:** Biodiversidad, bosque petrificado Puyango, conservación, ecoturismo, recursos naturales



Check for updates

**Cita:** Jumbo Eras, E., Herrera-Feijoo, R. J., Ávila-Andrade, A., Chicaiza-Ortiz, Á., Morocho-Cuenca, M., & Chicaiza-Ortiz, C. (2021). Evaluación de la biodiversidad, amenazas y estatus de conservación de la flora y fauna del Bosque Petrificado Puyango. *Green World Journal*, 4(2), 18. <https://doi.org/10.53313/gwj42018>.

**Recibido:** 15/Junio/2021

**Aceptado:** 28/Julio/2021

**Publicado:** 31/Agosto/2021

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.  
Editor en Jefe / CaMeRa Editorial  
[editor@greenworldjournal.com](mailto:editor@greenworldjournal.com)

**Nota del editor:** CaMeRa se mantiene neutral con respecto a las reclamaciones legales resultado del contenido publicado. La responsabilidad sobre la información publicada es integra de los autores.



© 2021 Licencia CaMeRa, Green World Journal. Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY). <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

## Evaluation of biodiversity, threats and conservation status of the flora and fauna of the Puyango Petrified Forest

**Abstract:** The Petrified Forest (B. P.) Puyango harbors a diverse wealth of flora and fauna that has received little or no governmental attention, yet it has enormous potential for the conservation of natural resources and the promotion of ecotourism. Consequently, the objectives of this study were to report biodiversity, evaluate the conservation category, threats, and possible mitigation measures. Thus, the methodology was based on describing the species of two kingdoms (Plantae and Animalia) in the study area and their respective conservation categories with information obtained from open-access databases and the International Union for Conservation of Nature (IUCN) list; the most important risks to the biodiversity of flora and wildlife were determined through a search in scientific databases and a bibliographic review of recent literature. Among the results are the identification of 202 species, with a concentration mainly in the western sector of B. P. Puyango, which is evidenced in a biodiversity richness map; it was also found that four species are classified as endangered (EN) and three species are in the vulnerable category (VU); in addition, three relevant threats to biodiversity were found and evaluated: water contamination, deforestation and lack of monitoring of fossilized materials. It is concluded that the biodiversity information generated in this research can be replicable to similar case studies and used as a tool for the development of mitigation strategies to environmental challenges.

**Keywords:** Biodiversity, Puyango petrified forest, conservation, ecotourism, natural resources, natural resources

### 1. Introducción

Ecuador es uno de los países con mayor biodiversidad a nivel mundial [1], pertenece al grupo de 17 países megadiversos, que en conjunto contienen más de dos tercios de toda la biodiversidad global, hecho que se ve favorecido por la ubicación tropical, la presencia de la cordillera de los Andes y la confluencia de corrientes marinas en las costas [2]. Ecuador lidera los índices de biodiversidad por unidad de superficie terrestre, este hecho se evidencia ya que oficialmente se han reportado 25.560 especies de plantas, 2.794 de vertebrados, 362 de mamíferos, 1.616 de aves, 394 de reptiles, 422 de anfibios, lo que se representa el 16% de las especies de aves del mundo, el 8% de los anfibios, el 5% de los reptiles y el 8% de los mamíferos [3], cabe señalar que existen más especies que están siendo reportadas [4–7].

Ecuador abarca cuatro regiones naturales: Amazonía, Sierra, Costa, Insular. Dentro de este contexto, el estudio está ubicado en dos provincias de la Sierra y la Costa. Por un lado, la provincia de El Oro abarca 15 ecosistemas muy poco estudiados y presenta una alta riqueza faunística, entre las más altas de Ecuador [8], de igual manera la provincia de Loja está catalogada como un área con una extraordinaria biodiversidad de ecosistemas, con amplia variedad genética silvestre preservada en los bosques y en su agrobiodiversidad[9]. Entre estas dos provincias, se encuentra el Bosque Petrificado (B. P.) Puyango, considerado como un ícono del patrimonio cultural y geológico del Ecuador, alberga fósiles marinos como ammonites, bivalvos y equidermos [10], así como restos de troncos fosilizados [11].

La belleza del paisaje del B. P. Puyango es excepcional [12] para el contexto de América del Sur, al compararlo con otro bosque equivalente en Estados Unidos [10]. El B. P. Puyango combina lo petrificado con un bosque natural con flora viva, que brinda un paisaje con aire misterioso por los enormes troncos petrificados, que impresiona con esta zona turística y paleontológica. De igual forma, su diversidad faunística, que lo cataloga un área imprescindible de conservación cultural [13], al igual que de recursos naturales tales como metales preciosos [14], agua [15,16] y potencial ecoturístico [17,18], que requiere inversión, de tal manera que se involucre a los pobladores de la zona para su gestión y administración.

Este lugar es uno de los pocos remanentes de bosque seco tropical, ubicado al suroeste del Ecuador, donde las pendientes fuertes y las quebradas han conservado la vegetación natural propia

de este tipo de ecosistema, que representa aproximadamente el 50% de su tipo en Ecuador y que constituye no más del 25% del bosque seco original [19]. Cabe señalar que este tipo de ecosistema ha reportado amenazas significativas en comparación a otros contextos en el mundo [20], con solo un 10% de su superficie representada en el interior de los sistemas de áreas protegidas en Latinoamérica [21]. Esta realidad es alarmante frente a sus dinámicas ambientales [22] e importancia ecológica, lo que evidencia la necesidad de investigar su biodiversidad contemporánea y proponer alternativas de conservación.

En este contexto, los objetivos de la presente investigación son: a) realizar una búsqueda de registros de presencia reportados para el B. P. Puyango en base de datos de biodiversidad; b) reportar el número de especies de flora y fauna registradas en el área de estudio; c) evaluar el estatus de conservación de la diversidad de flora y fauna; d) identificar las amenazas y posibles alternativas de conservación de la biodiversidad. Con respecto a los tres primeros objetivos planteados (a, b, c), se propone estimar el número de especies, su taxonomía y su estatus de conservación, que servirán como una línea base en trabajos de investigación relacionados a la conservación de la biodiversidad en el sur de Ecuador. Por otro lado, la consecución del último objetivo (d) permite abordar la problemática vigente que atraviesa el B. P. Puyango, desde un punto de vista técnico y se prevé proponer opciones potenciales que favorezcan la gestión del lugar.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Área de estudio

El lugar de análisis está localizado en parte de los territorios pertenecientes a los cantones: Las Lajas y Puyango, que corresponden a las provincias de El Oro y Loja, respectivamente (Figura 1). El B. P. cuenta con 2.362,26 ha [23] y su altitud varía entre los 273–1.042 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 23 °C [11].

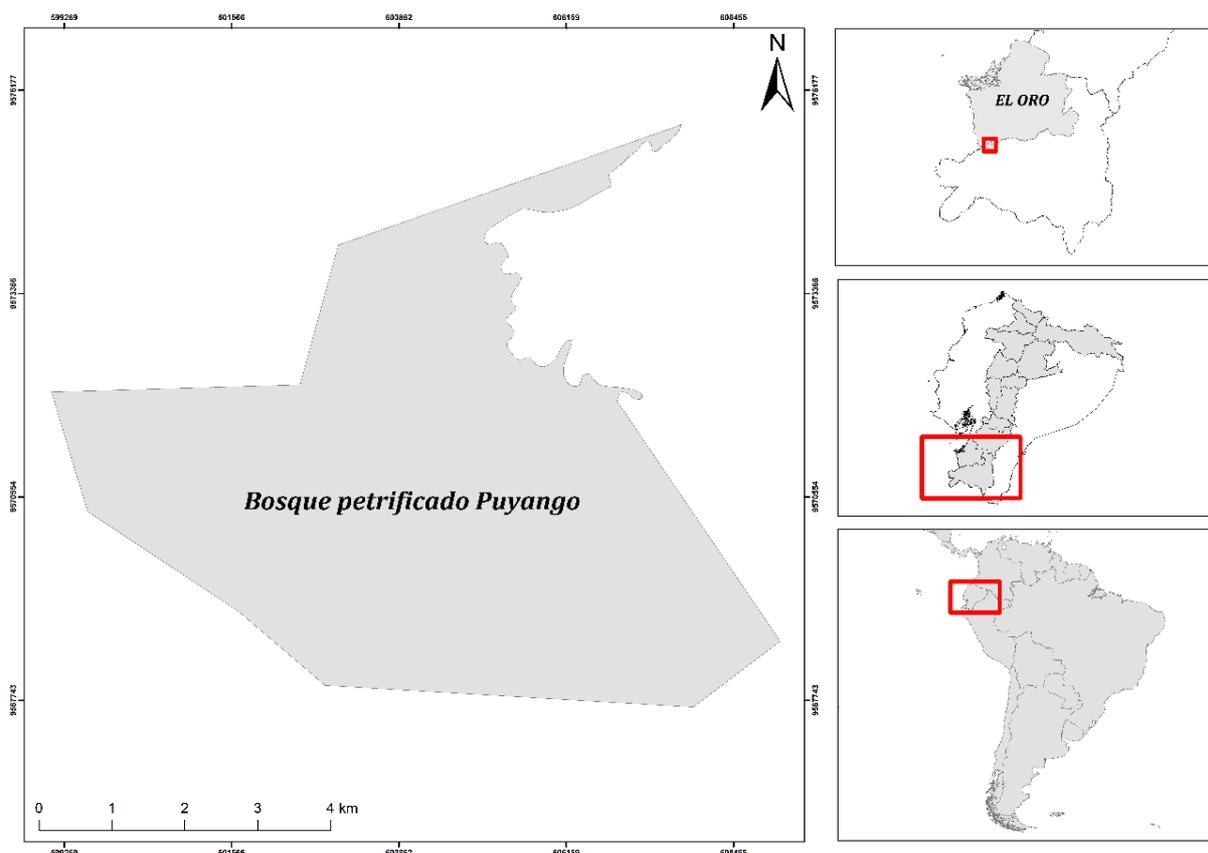


Figura 1. Bosque Petrificado de Puyango

## 2.2 Métodos

### 2.2.1 Datos de presencia y categoría de conservación

Se recopiló datos de presencia para especies pertenecientes a dos reinos (Plantae y Animalia), considerando como límite administrativo el B. P. Puyango. Los registros se obtuvieron de Global Biodiversity Information Facility (GBIF; [www.gbif.org](http://www.gbif.org)), a través del paquete ntbox [24], desarrollado para el software R (versión 3.5). De forma consecuente, se eliminó registros que presentaron duplicados, para evitar ser incluidos en la lista final de presencias. Además, se realizó una búsqueda de la categoría de conservación actual de cada especie en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN ([www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)).

### 2.2.2 Abundancia y riqueza de especies

Inicialmente, se creó una malla de proyección UTM con pixeles de 100 x 100 m para el área de estudio, el tamaño de los pixeles se estableció en función de la escala de trabajo (1:25.000) y la representatividad espacial de los registros. Se realizó un conteo del número de especies presentes en el interior de cada pixel, a través de la malla creada previamente. Los mapas obtenidos reportan la riqueza de especies presentes en una superficie de 1 ha. Todos los procesos mencionados, fueron llevados a cabo por medio de la función RichnessGrid del paquete speciesgeocodeR [25]

### 2.2.3 Identificación de las amenazas y posibles alternativas

Para evaluar las amenazas y posibles alternativas, se llevó a cabo una revisión bibliográfica en bases de datos internacionales (Google académico, Scopus y Web of Science), bases de datos regionales (Latindex, Scielo y Redalyc). Adicionalmente, se revisó literatura de publicaciones oficiales (Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica y Ministerio de Agricultura), así como planes de ordenamiento territorial de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales y Cantonales. Durante la búsqueda en las bases de datos, se utilizó keywords (palabras clave) tanto en inglés como en español, enlazadas por medio de operadores booleanos, que permitió realizar una búsqueda precisa y eficaz. De manera específica se utilizó la siguiente sintaxis: (Bosque Puyango) AND ((Amenazas) OR (Alternativas)); (Forest Puyango) AND ((Threats) OR (Alternatives)). Cabe señalar que, se excluyeron notas de prensa, con el propósito de contar únicamente con fuentes con rigurosidad científica.

## 3. Resultados

### 3.1 Datos de presencia y categoría de conservación

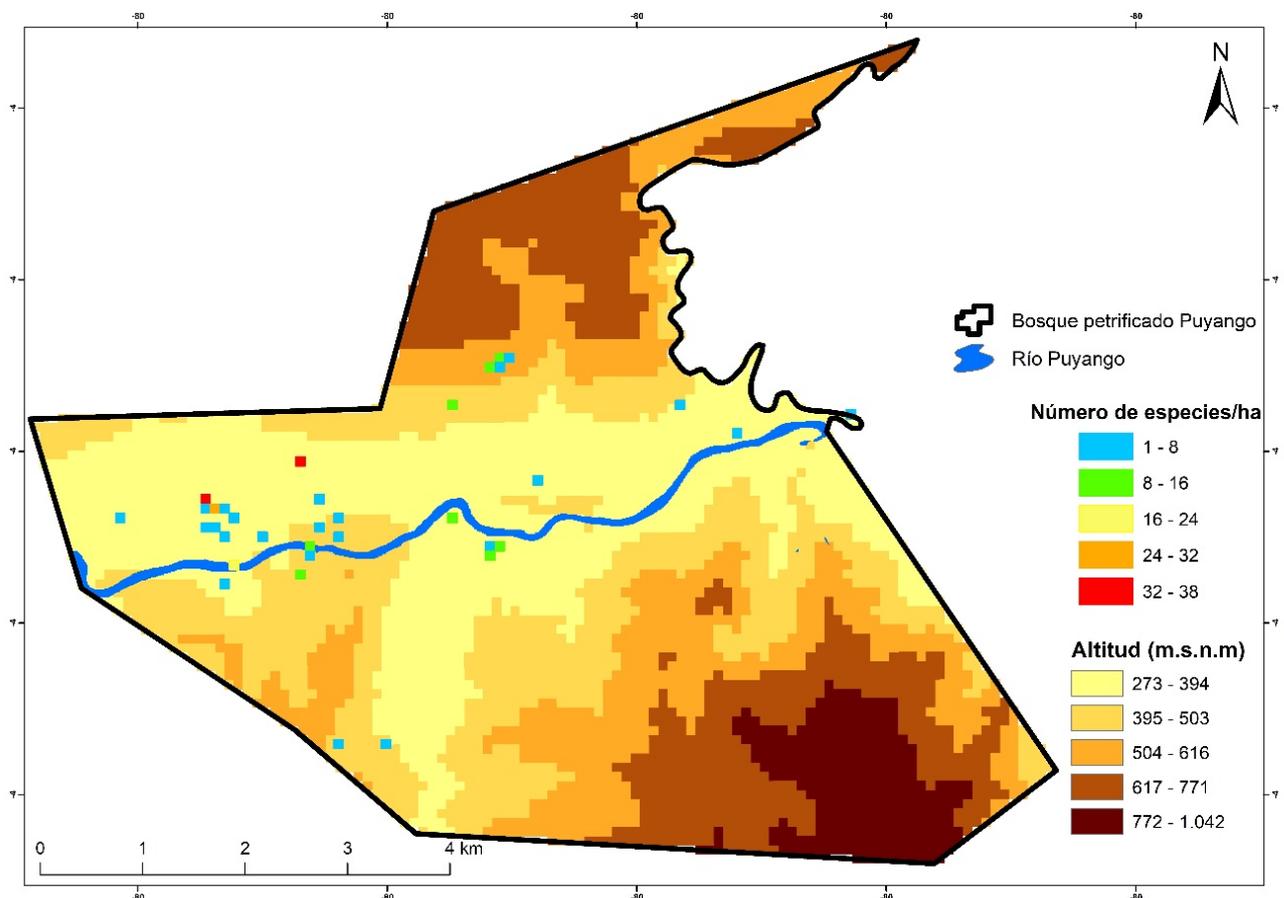
En base a las fuentes de información de acceso abierto, se identificaron 202 especies de flora y fauna registradas en el B. P. de Puyango, de las cuales 142 pertenecen al reino Plantae y 60 al reino Animalia, datos obtenidos en base a la metodología propuesta. Las especies de plantas más comunes registradas en el BPP fueron: *Axonopus capillaris*, *Panicum laxum*, *Solanum albidum*, *Chloroleucon mangense*, *Sapindus saponaria*, *Senna mollissima*, *Simira ecuadorensis*. Mientras que las especie más comunes del reino animalia fueron: *Campylorhynchus fasciatus*, *Cathartes aura*, *Crotophaga sulcirostris*, *Dives warczewiczii*, *Euphonia laniirostris*, *Furnarius leucopus*, *Pachyramphus homochrous*, *Playa cayana*. Cabe destacar que todas las especies mencionadas dentro de este reino pertenecen a la clase aves. Por otra parte, en lo que concierne al estatus de conservación, se encontró que siete especies del B. P. Puyango pertenecen a alguna categoría de extinción de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) [26], siendo divididas en cuatro especies en peligro (EN) y tres especies catalogadas como vulnerables (VU) (Tabla 1). Por otro lado, cabe señalar que en el archivo suplementario se presenta el listado completo limitado en el B. P. Puyango.

**Tabla 1.** Especies reportadas en el bosque petrificado de Puyango en categorías de conservación en peligro y vulnerables.

Reino	Especie	Estatus de conservación
Animalia	<i>Brotogeris pyrrhoptera</i>	EN
Animalia	<i>Pseudastur occidentalis</i>	EN
Plantae	<i>Clitoria brachystegia</i>	EN
Plantae	<i>Rinorea deflexa</i>	EN
Animalia	<i>Ortalis erythroptera</i>	VU
Animalia	<i>Pachyramphus spodiurus</i>	VU
Plantae	<i>Mimosa nothacacia</i>	VU

### 3.2 Análisis riqueza de especies

Las áreas con mayor riqueza están localizadas en la zona oeste del B. P. Puyango. Mientras que, en la parte este y sur principalmente, no hay reporte de especies de acuerdo a la metodología propuesta. En contraste, la sección centro-norte y sur oeste presenta un nivel intermedio de riqueza de especies de flora y fauna (Figura 2).



**Figura 2.** Riqueza de especies por hectárea en el Bosque petrificado Puyango.

Se ha evidenciado que los registros reportados se encuentran en los rangos altitudinales menores, que corresponden a 273–616 m.s.n.m, principalmente, lo cual permite comprender que fueron mayormente accesible para su muestreo. En contraste, en rangos altitudinales mayores (617–1.042 m.s.n.m) no se obtuvo registros de presencia, se estima que este efecto se debe a una escasa recolección de datos y no a la ausencia de biodiversidad en estas áreas.

### 3.3 Amenazas y alternativas

Una de sus principales amenazas, es la contaminación en el río Puyango por la minería artesanal de oro, dicho río atraviesa por el B. P. Puyango y se extiende a lo largo de 160 km desde la provincia de El Oro, en el suroeste de Ecuador y que llega hasta la región de Tumbes, en el noroeste del Perú. La minería ha traído consecuencias graves e irreparables al ambiente [27], y en este caso el río Puyango presenta una alta concentración del mercurio y cianuro [28] estos niveles de concentración en los ríos superan regularmente los criterios de calidad ambiental establecidos por el por ende afecta la biodiversidad, generan cambios globales sobre los hábitats [29], de igual manera reducen considerablemente la biodiversidad acuática [14].

Otra amenaza que se enfrenta en la región, es la deforestación, por ejemplo, en el periodo de 1986 al 2002 ha existido una tala intensa en la zona (42.28%) por lo que los relictos del bosque en la actualidad están totalmente disminuidos[30].

Por otra parte, tenemos la falta de atención y vigilancia, dado a que existe extracción de piezas fósiles por parte del turista, dentro de este mismo contexto, el personal no está capacitado correctamente y no brinda suficiente información al turista, llegando a incumplir normas básicas causando el deterioro del mismo [18].

## 4. Discusión

Considerando un total de 202 especies presentes en el B. P. Puyango de flora y fauna, siete de ellas están en peligro (EN) y son vulnerables (VU), lo que corresponde al 3.5%, esto indica que existe un aceptable grado de conservación, que debe ser fortalecido para lograr reducir al máximo los índices de desaparición de especies. En particular, los datos reflejan un valor aproximado de las especies totales, y una de las limitaciones que debe superarse es la ampliación del número de registros existentes en las bases de datos de biodiversidad con información georreferenciada actual, que incluya un muestreo mucho más homogéneo en las áreas presentes del B. P. Puyango, incluyendo zonas de mayor altitud y difícil acceso.

Con respecto al mapa de riqueza de especies (Figura 2), existen áreas que cuentan con pocos o nulos registros, que podría asociarse a las condiciones topográficas del territorio. Sin que esto signifique necesariamente ausencia de biodiversidad, sino más bien se evidencia el hecho de ampliar el muestreo en rangos altitudinales mayores y que presentan acceso limitado, además de que los conjuntos de datos rara vez se adquieren de manera sistemática y, frecuentemente carecen de información sobre el esfuerzo de recopilación, como resultado se tiene una influenciada de numerosos sesgos de muestreo [31], que deben ser manejados con cautela.

Las principales amenazas identificadas en base a la metodología propuesta correspondieron a tres categorías, que incluyen por ejemplo: a) la contaminación en el río Puyango, con efectos severos sobre el ambiente de ciertos metales pesados tales como mercurio, Arsénico, Cadmio, Plomo, Cobre, Zinc y y compuestos tóxicos (Cianuro) [32] asociados a la reducción de biodiversidad acuática [33]; de igual manera otro de los factores es la b) deforestación, y la c) falta vigilancia sobre las piezas fósiles. En este contexto, la gestión del recurso agua ha sido uno de los desafíos constantes para la mayoría de municipalidades de Ecuador, por la falta de control no solamente en actividades turísticas, sino también asociada a la presencia de asentamientos humanos, cuyos

efluentes llegan a parar a los cuerpos de agua subterráneos y superficiales, además de contar con la evidencia suficiente desde un punto de vista financiero y legal, que garantice la sostenibilidad a largo plazo del suministro de agua del Ecuador [34]. Por otro lado, se ha evidenciado la afectación sobre ciertas especies en el país [35], tales como: *Albizia multiflora*, *Ceiba trichistandra*, y *Cochlospermum vitifolium* [36] que ha generado la deforestación en los últimos años, al igual que su potencial efecto al año 2050 [37]; existen estudios que se han enfocado al sur del Ecuador, que reflejan el incremento de las tasas anuales de deforestación, llegando a un 2,86 % en el último periodo, que lo convierte en un área con peligro inminente, por lo que es fundamental un planteamiento de propuestas que mitiguen su efecto.

## 5. Conclusiones.

Por medio de bases de datos de biodiversidad de acceso abierto, se desarrollaron modelos efectivos de riqueza de especies, con el objetivo de fomentar un mayor uso de este tipo de recursos disponibles. En este sentido, se fomentó también el uso de software R mediante la implementación de varias funciones integradas en paquetes, lo que permite la replicabilidad de los resultados en investigaciones de esta naturaleza. Los resultados se enmarcaron dentro de los límites geográficos del B. P. Puyango, los mismos que pueden ser empleados en el corto y mediano plazo, para el desarrollo estrategias de mitigación a los desafíos ambientales. Entre las principales estrategias potenciales se consideraron las siguientes: el diseño y establecimiento de áreas turísticas, el desarrollo programas de conservación de flora y fauna en la región sur del Ecuador. En esta investigación se presenta información sobre las especies en las categorías en peligro y vulnerables, así como los factores que influyen en su conservación insuficiente. También se presentó información sobre propuestas que incentivan la toma de decisiones a nivel local. Finalmente, se recomienda continuar realizando proyectos de investigación en el área de estudio, tales como el monitoreo de la flora y la fauna, la evaluación permanente de la calidad del agua y el cambio de uso de suelo a largo plazo, para avanzar en la comprensión ambiental y ecológica del B. P. Puyango.

**Contribución de autores:** Conceptualización: E. J., R. H-F., C. C-O.; Metodología: E.J., R. H-F., C. C-O.; Software: R. H-F.; Curación de datos: A. A-A., A. C-O., M. M-C.; Redacción- revisión y edición: E. J., R. H-F., C. C-O., A. A-A., A. C-O., M. M-C.

**Financiamiento:** Los autores financiaron a integridad el estudio.

**Conflictos de interés:** Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Referencias:

1. Bravo Velásquez, E. *La biodiversidad en el Ecuador*; Abya-Yala/UPS, 2014; ISBN 9978101683.
2. Negru, C.; Gaibor, I.D.; Hälalişan, A.-F.; Popa, B. Management Effectiveness Assessment for Ecuador's National Parks. *Divers.* 2020, 12.
3. Mestanza-Ramón, C.; Henkanaththegedara, S.M.; Vásconez Duchicela, P.; Vargas Tierras, Y.; Sánchez Capa, M.; Constante Mejía, D.; Jimenez Gutierrez, M.; Charco Guamán, M.; Mestanza Ramón, P. In-Situ and Ex-Situ Biodiversity Conservation in Ecuador: A Review of Policies, Actions and Challenges. *Divers.* 2020, 12.
4. Ortega-Andrade, H.M.; Rodes Blanco, M.; Cisneros-Heredia, D.F.; Guerra Arévalo, N.; López de Vargas-Machuca, K.G.; Sánchez-Nivicela, J.C.; Armijos-Ojeda, D.; Cáceres Andrade, J.F.; Reyes-Puig, C.; Quezada Riera, A.B.; et al. Red List assessment of amphibian species of Ecuador: A multidimensional approach for their conservation. *PLoS One* 2021, 16, e0251027.
5. Vélez-Abarca, L.; Jiménez, M.M.; Baquero, L.E. TWO NEW SPECIES OF OCTOMERIA (PLEUROTHALLIDINAE) FROM CORDILLERA DEL CONDOR, ZAMORA CHINCHIPE, ECUADOR. *Lankesteriana* 2021, 21, 33–44, doi:10.15517/lank.v21i1.46777.
6. Jiménez, M.M.; Vélez-Abarca, L.; Baquero, L.E.; Naranjo, C. A taxonomic revision of genus *Phloeophila* (Orchidaceae, Pleurothallidinae) in Ecuador. *Plant Fungal Syst.* 2021, 66, 37–45, doi:10.35535/pfsyst-2021-

- 0002.
7. Vélez-Abarca, L.; Jiménez, M.M.; Baquero, L.E. *Octomeria candidae* (Orchidaceae: Pleurothallidinae), a new species from the Cordillera del Cóndor, Ecuador. *Lankesteriana* **2020**, *20*, 345–351, doi:10.15517/LANK.V20I3.45095.
  8. MECN- INB; GADPEO *Antibios, reptiles y aves de la provincia de El Oro*; Una guía p.; Quito, Ecuador, 2015; Vol. 53; ISBN 9788578110796.
  9. Aguirre Mendoza, Z.; Aguirre Mendoza, N.; Muñoz Ch, J. Biodiversidad de la provincia de Loja , Ecuador Biodiversity of the province of Loja , Ecuador. *Arnaldoa* **2017**, *24*, 523–542.
  10. Morante-Carballo, F.; Herrera-Narváez, G.; Jiménez-Orellana, N.; Carrión-Mero, P. Puyango, Ecuador Petrified Forest, a Geological Heritage of the Cretaceous Albian-Middle, and Its Relevance for the Sustainable Development of Geotourism. *Sustainability* **2020**, *12*, doi:10.3390/su12166579.
  11. Jaramillo, J.P.; Fonseca, T.G.; Bolaños, M. Bosque Petrificado de Puyango y sus alrededores: inventario de lugares de interés geológico. *Rev. Científica GeoLatitud* **2017**, *1*, 18–18.
  12. Rubio Maldonado, A.J. Evaluación preliminar del efecto de la fragmentación sobre la demografía y el uso del hábitat del mono aullador negro *Alouatta palliata* en el área de Puyango, provincia de El Oro, Universidad San Francisco de Quito, 2017.
  13. Arrobo Arrobo, K.J. Análisis y puesta en valor del patrimonio cultural inmaterial del cantón Puyango provincia de Loja, 2017 2021.
  14. Tarras-Wahlberg, N.H. Environmental management of small-scale and artisanal mining: The Portovelo-Zaruma goldmining area, southern Ecuador. *J. Environ. Manage.* **2002**, *65*, 165–179, doi:10.1006/jema.2002.0542.
  15. Escudero, N.F. Gestión transfronteriza de los recursos hídricos de la cuenca Puyango-Tumbes. *ELDERECHOY LA GESTIÓN DEAGUAS* **2018**, 299.
  16. Macas-Espinosa, V.X.; López-Escobar, K.F. Potencial para la exploración de aguas subterráneas en la Demarcación Hidrográfica Puyango Catamayo, Ecuador, utilizando un proceso de análisis jerárquico basado en SIG y teledetección. *Rev. Teledetección* **2018**, 135, doi:10.4995/raet.2018.7592.
  17. Cartuche, D. V; Armijos, L.A.; Romero, C.S.; Ocampo, C.A. Evaluation of tourist development in Puyango Petrified Forest (PPF), south of Ecuador . *Espacios* **2019**, *40*.
  18. Romero Torres, K. Evaluación preliminar de sitios y determinación de la actividad ecoturística en el Bosque Petrificado Puyango, Universidad Técnica de Machala, 2015.
  19. Paladines P., R. Estructura del bosque montano perturbado y no-perturbado en el Sur de Ecuador. *Fund. Científica San Fr.* **2003**, *3*, 183–198.
  20. Briceño, J.; Iniguez-Gallardo, V.; Ravera, F. Factores que influyen en la apreciación de servicios eco-sistémicos de los bosques secos del sur del Ecuador. *Rev. Ecosistemas* **2016**, *25*, 46–58.
  21. León, T. Deforestación y cambio climático se estudia en los bosques secos del sur del Ecuador.
  22. Padilla1, N.A.; Alvarado, J.; Granda, J. Bienes y servicios ecosistémicos de los bosques secos de la provincia de Loja. *Bosques Latid. Cero* **2018**, *8*, 118–130.
  23. GAD-Puyango *PDOT-Puyango*; Puyango, 2015;
  24. Osorio-Olvera, L.; Lira-Noriega, A.; Soberon, J.; Peterson, A.T.; Falconi, M.; Contreras-Díaz, R.G.; Martínez-Meyer, E.; Barve, V.; Barve, N. ntbox: an R package with graphical user interface for modelling and evaluating multidimensional ecological niches. *Methods Ecol. Evol.* **2020**, *11*, 1199–1206.
  25. Zizka, A.; Antonelli, A. speciesgeocodeR: an R package for linking species occurrences, user-defined regions and phylogenetic trees for biogeography, ecology and evolution. *BioRxiv* **2015**, 32755.
  26. Resources, I.U. for C. of N. and N.; Commission, I.U. for C. of N. and N.R.S.S.; Commission, I.S.S. *IUCN Red List Categories and Criteria*; IUCN, 2001; ISBN 9782831706337.
  27. Vilela-Pincay, W.; Espinosa-Encarnación, M.; Bravo-gonzález, A. La contaminación ambiental ocasionada por la minería en la provincia de El Oro. *Estud. la Gestión. Rev. Int. Adm.* **2020**, *8*, 215–233, doi:10.32719/25506641.2020.8.8.
  28. Schudel, G.; Miserendino, R.A.; Veiga, M.M.; Velasquez-López, P.C.; Lees, P.S.J.; Winland-Gaetz, S.; Davée Guimarães, J.R.; Bergquist, B.A. An investigation of mercury sources in the Puyango-Tumbes River: Using stable Hg isotopes to characterize transboundary Hg pollution. *Chemosphere* **2018**, *202*, 777–787, doi:10.1016/j.chemosphere.2018.03.081.
  29. Mite, R.B.; Ochoa, L.S.; Osorio, B.G.; Suatunce, P.; Ocampo, E.D.; Arevalo, L.C. Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador / Quality of water intended for human consumption in a canton of Ecuador. *Cienc. UNEMI* **2016**, *9*, doi:10.29076/issn.2528-7737vol9iss20.2016pp109-117p.
  30. PLANISOC *Plan Gerencial Parque Nacional Machalilla Fase I Diagnostico*; Quito, Ecuador, 2006;
  31. Zizka, A.; Antonelli, A.; Silvestro, D. sampbias, a method for quantifying geographic sampling biases in

- species distribution data. *Ecography (Cop.)*. **2021**, *44*, 25–32, doi:<https://doi.org/10.1111/ecog.05102>.
32. Marshall, B.G.; Veiga, M.M.; da Silva, H.A.M.; Guimarães, J.R.D. Cyanide Contamination of the Puyango–Tumbes River Caused by Artisanal Gold Mining in Portovelo–Zaruma, Ecuador. *Curr. Environ. Heal. reports* **2020**, *7*, 303–310, doi:10.1007/s40572–020–00276–3.
  33. Bashar Bhuiyan, A.; Mokhtar, M.B.; Toriman, M.E.; Gasim, M.B.; Ta, G.C.; Elfithri, R.; Razman, M.R. The environmental risk and water pollution: A review from the river basins around the world. *Am. J. Sustain. Agric.* **2013**, *7*, 126–136.
  34. Wingfield, S.; Martínez-Moscoso, A.; Quiroga, D.; Ochoa-Herrera, V. Challenges to Water Management in Ecuador: Legal Authorization, Quality Parameters, and Socio-Political Responses. *Water* **2021**, *13*.
  35. Gray, C.; Bilsborrow, R. Stability and Change within Indigenous Land Use in the Ecuadorian Amazon. *Glob. Env. Chang.* **2020**, *63*, doi:10.1016/j.gloenvcha.2020.102116.
  36. Manchego, C.E.; Hildebrandt, P.; Cueva, J.; Espinosa, C.I.; Stimm, B.; Günter, S. Climate change versus deforestation: Implications for tree species distribution in the dry forests of southern Ecuador. *PLoS One* **2017**, *12*, e0190092.
  37. Herrera-Feijoo, R.J.; de Decker, M.; Chicaiza-Ortiz, C.; Arcos, P.P.; Ortega, C.G. Posibles cambios en el rango de distribución de *Tapirus pinchaque* bajo escenarios de cambio climático. **2021**.

### Reseña de los autores:



**Erika Jumbo Eras.** Estudiante de la carrera de biología en la Universidad Estatal Amazónica. Voluntaria en la Fundación Emanuel y Fundación Jardín del Rey. Auxiliar de proyectos para personas con discapacidad y adulto mayor. Voluntaria en la organización Saving the Amazon. Vocera de Red Interquorum Pindal



**Robinson J. Herrera-Feijoo.** Ingeniero Ambiental por parte de la Universidad Estatal Amazónica, tiene una Maestría en Tecnologías de la Información Geográfica y Teledetección. Sus líneas de investigación se enfocan en la conservación de diversos grupos taxonómicos mediante técnicas SIG e informática de la biodiversidad.



**Andrés Ávila-Andrade.** Biólogo con maestría de Estudios Socioambientales por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales sede Ecuador. Se desempeña como docente de la Universidad Estatal Amazónica. Es consultor y capacitador en temas ambientales. Sus líneas de investigación son la ecología y conservación de vertebrados, y el análisis de conflictos hombre-naturaleza. Cuenta con artículos científicos en revistas indexadas.



**Ángel Chicaiza-Ortiz.** Máster en Ingeniería Civil – Construcciones Civiles del Instituto Politécnico de Leiria (Portugal), estudios realizados con una beca completa financiada por la SENESCYT. Docente en la Universidad Regional Amazónica Ikiám; Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ayudante de laboratorio en la Universidad Técnica de Ambato y ha colaborado directamente con varias universidades del Ecuador. Es el fundador de Grupo Internacional de Fomento a la Excelencia.



**María Elena Morocho-Cuenca.** Magíster en Administración para el Desarrollo Educativo y Licenciada en idioma inglés por parte de la Universidad Nacional de Loja. Capacitación internacional en la enseñanza del idioma Inglés por la Kansas State University de los Estados Unidos. Docente titular del Ministerio de Educación del Ecuador por más de 16 años. Coordinadora del proyecto de Bachillerato Internacional. Actualmente docente de la Universidad Estatal Amazónica Sede El Pangui.



**Cristhian Chicaiza-Ortiz.** Ingeniero en Biotecnología Ambiental, cuenta con un Máster en Ciencias con especialidad en Ingeniería Ambiental por Tianjin University (China), continua sus estudios doctorales en Environmental Science and Engineering por Shanghai Jiao Tong University, China-UK Low Carbon College. Actualmente docente de la Universidad Estatal Amazónica Sede El Pangui.



© 2021 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>