UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA BIOLOGÍA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

MODELAMIENTO DE NICHO ECOLÓGICO PARA EVALUAR LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO, EN LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE *ESPADARANA PROSOBLEPON* EN ECUADOR.

AUTOR:

Erika Vanessa Guerrero Cuji

DOCENTES - TUTORES:

Msc. Darwin Javier Sucoshanay Villalba

Msc. Juan Carlos Caicedo Ballesteros

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA BIOLOGÍA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

MODELAMIENTO DE NICHO ECOLÓGICO PARA EVALUAR LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO, EN LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE *ESPADARANA PROSOBLEPON* EN ECUADOR.

AUTOR:

Erika Vanessa Guerrero Cuji

DOCENTES – TUTORES:

Msc. Darwin Javier Sucoshanay Villalba

Msc. Juan Carlos Caicedo Ballesteros

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO: Modelamiento de nicho ecológico para evaluar los impactos del cambio climático, en la distribución espacial de *Espadarana prosoblepon* en Ecuador.		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	**5/5**	**Cumple**
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	**5/5**	**Cumple**
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	**19/20**	**Cumple en parte**
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	**15/15**	**Cumple**
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	**15/15**	**Cumple**

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	**24/25**	**Cumple en parte**
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	**10/10**	**Cumple**
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	**5/5**	**Cumple**
VALORACIÓN TOTAL	**98**	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documentorevisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	**X**
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	**98**

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
JESSICA ALEXANDRA MACHADO CUZCO

Jessica Alexandra Machado Cuzco0106047822
PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 09 días del mes de marzo de 2023

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO: Modelamiento de nicho ecológico para evaluar los impactos del cambio climático, en la distribución espacial de *Espadarana prosoblepon* en Ecuador		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Cumple
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	4/5	Cumple parcialmente. Debe mejorar la puntuación que da sentido correcto
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	18/20	No se limita a las indicaciones de extensión, mantiene faltas ortográficas
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	12/15	Cumple, pero mantiene errores en laescritura
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	14/15	No describe el tipo, pero expone lametodología

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	23/25	Cumple, pero no justifica resultados en las estribaciones orientales que no es el hábitat
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	En mi criterio están bien formuladas
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	4/5	Tiene citas que no aparecen en el texto
VALORACIÓN TOTAL	90/100	90

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documentorevisado.

Recomendación	Marque con X
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	90

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
RUTH IRENE ARIAS GUTIERREZ

Dra. Ruth Irene Arias Gutiérrez, PhD

Dado en la ciudad de Puyo, a los 09 días del mes de marzo de 2023

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE BIOLOGIA

Puyo, 03 de marzo de 2023

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente a la estudiante: Erika Vanessa Guerrero Cuji, con C.I. 0604972166, con el Tema: "Modelamiento de nicho ecológico para evaluar los impactos del cambio climático, en la distribución espacial de *Espadarana prosoblepon* en Ecuador", de la carrera de Biología, Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular, Darwin Javier Sucoshañay Villalba, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 6%, informe generado con fecha 03 de marzo de 2023 por parte del director, conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
DARWIN JAVIER SUCOSHANAY VILLALBA

Darwin Javier Sucoshañay Villalba
DOCENTE DE LA UEA

Ouriginal

Document Information

Analyzed document	Modelamiento de nicho ecológico para evaluar los impactos del cambio climático, en la distribución espacial de *Espadarana prosoblepon* en Ecuador.doc (D160029115)
Submitted	3/3/2023 8:10:00 PM
Submitted by	Javier Sucoshañay
Submitter email	dj.sucoshanayv@uea.edu.ec
Similarity	6%
Analysis address	dj.sucoshanayv.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA — **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Modelamiento ambiental de la distribución actual y potencial de *Atelopus bomolochos*, bajo escenarios de cambio climático en Ecuador_R2.doc** — 14

Document Modelamiento ambiental de la distribución actual y potencial de *Atelopus bomolochos*, bajo escenarios de cambio climático en Ecuador_R2.doc (D160023166)

Submitted by: esuntasig@uea.edu.ec

Receiver: esuntasig.uea@analysis.urkund.com

W — URL: https://reinoanimalia.fandom.com/es/wiki/Espadarana_prosoblepon — 1

Fetched: 1/6/2022 2:08:05 AM

Entire Document

Modelamiento de nicho ecológico para evaluar los impactos del cambio climático, en la distribución espacial de Espadarana prosoblepon en Ecuador.

Resumen

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

Trabajo de Integración Curricular

Modelamiento de nicho ecológico para evaluar los impactos del cambio climático, en la distribución espacial de *Espadarana prosoblepon* en Ecuador.

Erika Vanessa Guerrero Cuji
ev.guerreroc@uea.edu.ec

Darwin Javier Sucoshanay Villalba, M.Sc[1]
dj.sucoshañayv@uea.edu.ec

Juan Carlos Caicedo Ballesteros, M.Sc[2]
jucacb30@gmail.com

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Biología (1)
Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería Carrera de Ingeniería Ambiental (2)

Resumen

El cambio climático es uno de los principales factores que ocasiona perturbaciones en la distribución y adaptabilidad de ciertas especies a nivel global. Los anfibios son las especies mas sensibles a este cambio y *Espadarana prosoblepon* no es ajena a esta realidad, si bien es una especie categorizada como de preocupación menor, resulta muy buena como bioindicador de cambio bajo diferentes escenarios climáticos, a partir de datos recopilados en GBIF, Inaturalis, Vertnet y la Bioweb Ecuador, la presente investigación efectuó un modelamiento de nicho ecológico para evaluar los impactos del cambio climático, en la distribución espacial de *Espadarana prosoblepon* en Ecuador, con el fin de analizar las repercusiones que podrían afectar la viabilidad de la especie en el futuro. Se utilizaron 294 ocurrencias de la especie y 8 variables bioclimáticas actuales y futuras para el año 2070, se tomó en consideración los escenarios sostenible y catastrofico (Shared Socioeconomic Pathways, SSP 245 y SSP 585) para evaluar sus diferencias. En el modelamiento se utilizo el algoritmo de MaxEnt, del cual se obtuvo un valor de AUC de 0.93 y los ráster de idoneidad. Gracias a QGIS se determinaron las áreas de idoneidad alta, media, baja y el rango altitudinal presente y futuro de la especie, en el presente el modelo muestra un área total (media-alta) de 12781 Km^2, para el escenario "sostenible" hay una reducción de 597 km^2, que equivale al 4.67% y para el escenario "catastrófico" existe una reducción de 3464 km^2, que corresponde al 27.10% de perdida de área idónea, la distribución actual la especie se desarrolla a una altitud aproximada de 1023 msnm, en el escenario SSP 245 migra a 1457 msnm y en el escenario SSP 585 se desplaza a 1606 msnm, producto de las condiciones climáticas de los escenarios proyectados al futuro.

Palabras Clave: MaxEnt, cambio climático, georreferenciación

Abstract

Climate change is one of the main factors that causes disturbances in the distribution and adaptability of certain species globally. Amphibians are the species most sensitive to this change and *Espadarana prosoblepon* is no stranger to this reality, although it is a species categorized as of least concern, it is very good as a bioindicator of change under different climate scenarios, based on data collected in GBIF , Inaturalis, Vertnet and Bioweb Ecuador, the present investigation carried out an ecological niche modeling to evaluate the impacts of climate change, in the spatial distribution of *Espadarana prosoblepon* in Ecuador, in order to analyze the repercussions that could affect the viability of the species in the future. 294 occurrences of the species and 8 current and future bioclimatic variables for the year 2070 were used, taking into account the sustainable and catastrophic scenarios (Shared Socioeconomic Pathways, SSP 245 and SSP 585) to evaluate their differences. In the modeling, the MaxEnt algorithm was used, from which an AUC value of 0.93 and the suitability rasters were obtained. Thanks to QGIS, the areas of high, medium, low suitability and the present and future altitudinal range of the species were determined, at present the model shows a total area (medium-high) of 12781 km^2, for the "sustainable" scenario there is a reduction of 597 km^2, which is equivalent to 4.67% and for the "catastrophic" scenario there is a reduction of 3464 km^2, which corresponds to 27.10% loss of suitable area, the current distribution of the species develops at an approximate altitude of 1023 masl, in the SSP 245 scenario it migrates to 1457 masl and in the SSP 585 scenario it moves to 1606 masl, as a result of the climatic conditions of the scenarios projected to the future.

Keywords: MaxEnt, climate change, georeferencing

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad a nivel mundial, se experimenta un proceso de pérdida de biodiversidad, estudiado y reconocido por muchos investigadores como el sexto mayor evento de extinción masiva de especies en el planeta Tierra, la sobreexplotación de especies, introducción de especies invasoras, modificación de hábitats, la contaminación ambiental y el cambio climático, son los principales agentes causantes de esta problemática. (Cowie et al., 2022)

La biodiversidad presenta diferentes respuestas de adaptabilidad ante estas perturbaciones, estos cambios drásticos en sus ambientes, pueden significar la extinción de ciertas especies, provocando un desequilibrio del sistema ecológico y la producción de servicios ecosistémicos (Pérez Muñoz, 2014).

El clima es uno de los factores más importantes y determinantes en la distribución espacial de las especies, con lo cual el cambio climático global obliga a las especies a producir cambios en sus áreas naturales de distribución (Olano y Peralta, 2001). La distribución de las especies a nivel espacial no es aleatoria, sino que obedece a la interacción y a la capacidad de tolerancia de las especies a factores ambientales como la altitud, topografía, temperatura, precipitación y humedad (Gutiérrez y Trejo, 2014; López, 2014).

Los registros históricos muestran que la temperatura media de la superficie de la tierra está aumentando en aproximadamente 1 grado centígrado desde la era preindustrial y la tasa promedio de calentamiento inducido por actividades antrópicas se ha acelerado en los últimos 20 años, siendo más de 0.6 grados centígrados por década (Haustein et al., 2017). Existe gran variedad de técnicas que han sido utilizadas para demostrar de manera consistente que la mayor parte del aumento de las temperaturas promedio de la superficie terrestre, es atribuible a factores antropogénicos, principalmente debido al incremento de emisiones de gases de efecto invernadero y su acumulación en la atmósfera, uno de los principales responsables es el CO2 (Hasselmann, 1997; Jones et al., 2013).

Se ha pronosticado que, debido a los cambios abruptos en las condiciones climáticas de precipitación y temperatura global, el cambio de uso de suelo y sobreexplotación de recursos naturales, en el transcurso de este siglo, la resiliencia de muchos ecosistemas y sus servicios ecosistémicos se verán fuertemente afectados (IPCC, 2007; Santín y Vidal, 2012).

El Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), hace hincapié en la necesidad urgente de adoptar medidas para enfrentar los riesgos del cambio climático, entre los que se evidencian el aumento de olas de calor, sequías e inundaciones, pérdida de vidas, de biodiversidad y de infraestructura, afectación a la salud humana, propagación de plagas y enfermedades en cultivos, lo que amenaza directamente a la seguridad alimentaria y medios de vida de millones de personas. Los efectos están vinculados al consumo no sostenible de los recursos naturales, la creciente urbanización, las desigualdades sociales, las pérdidas y daños provocados por los fenómenos extremos y la pandemia del COVID-19

(IPCC, 2022).

Las evidencias ecológicas señalan que, durante los últimos años, debido al incremento de las temperaturas, diferentes elementos de la biodiversidad han respondido mediante alteraciones en sus condiciones fisiológicas, interacciones bióticas, patrones de migración, y ha modificado los rangos de distribución de muchas especies (Kelly and Goulden, 2008). Estos cambios en los rangos de distribución, incluyen además desplazamientos altitudinales y latitudinales de especies de flora y fauna, causando cambios en la composición y estructura de las comunidades bióticas y el funcionamiento de los ecosistemas (Araujo and Rahbek, 2006).

Los anfibios son las especies más sensibles en los cambios del clima, sus poblaciones han sufrido un declive alarmante a causa del cambio climático, en total la evaluación realizada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), estima que el 41% de todos los anfibios están en un alto riesgo de extinción, proporción muy relevante en comparación con otras especies como las aves (14%) y los mamíferos (26%), actualmente se han convertido en el emblema de la actual crisis de extinción masiva (Valencia, 2021).

Ecuador es uno de los 17 países más megadiversos en el planeta, y a nivel de anfibios, ocupa el cuarto lugar en el mundo después de Brasil, Colombia y Perú. Sin embargo, entre estos países megadiversos, Ecuador es el más diverso si se considera su número de especies por unidad de superficie (0.002 especies por kilómetro cuadrado). Es decir, alberga en su territorio 3 veces más especies por kilómetro cuadrado que Colombia y 21 veces más que Brasil (Centro Jambatu, 2020). A causa de su posición geográfica, condiciones climáticas, de relieve, económicas y sociales, Ecuador es un país con alta vulnerabilidad al cambio climático, (Barrera y Morejón, 2011).

En Ecuador el grupo de anfibios, conforma uno de los componentes más ricos en cuanto a fauna de vertebrados se refiere, con 610 especies descritas formalmente, las cuales consisten en: 577 género Anura, 9 género Caudata y 24 género Gymnophiona (Ron, Merino-Viteri y Ortiz, 2019). De esta manera, los anuros son el orden más representativo en especies de anfibios, estos muestran sus funciones ecológicas, tales como: especies

biodicadoras o bioindicadores, debido a que es un orden extremadamente sensible a diversos cambios ambientales, y también son controladores biológicos (Bonilla, 2003).

En 1973, biólogos estadounidenses reportaron 20 especies de ranas de cristal, muy llamativas por la transparencia de la piel, en la actualidad 50 años después, en Ecuador se encuentran 60 especies en su territorio cerca de las 150 especies que habitan en el mundo. *Espadarana prosoblepon* se distingue de la mayoría de las ranas de cristal de la vertiente del Pacífico de los Andes por tener una espina humeral grande, plana y proyectada, y un dorso verde con pequeñas manchas negras; sin embargo, tiene una coloración dorsal muy variable, incluyendo individuos que tienen manchas negras y amarillas, solo manchas amarillas, solo manchas negras o ausencia de manchas en conjunto.

Espadarana prosoblepon es una especie de anfibio anuro de la familia Centrolenidae. Se distribuye por la vertiente pacífica de los Andes en Colombia y Ecuador, el este de Honduras, norte y centro de Nicaragua, Costa Rica y Panamá. (Frost, 2014). En Ecuador según la Bioweb de la PUCE, la podemos encontrar en las regiones naturales de Bosque Húmedo Tropical del Chocó, Bosque Piemontano Occidental, Bosque Montano Occidental y en las siguientes áreas protegidas, Reserva Ecológica Los Ilinizas, Reserva Ecológica Mache Chindul, Estación Biológica Bilsa, Bosque Protector Mindo-Nambillo, Reserva Maquipucuna, en las provincias de Azuay, Bolívar, Carchi, Cotopaxi, El Oro, Esmeraldas, Imbabura, Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas, su rango altitudinal va de los 0 a los 1500 msnm en los pisos altitudinales Subtropical occidental y Tropical occidental.

Los machos miden entre 21 y 28 mm y las hembras entre 25 y 31 mm. (Osorio et al., 2012), tiene un patrón de coloración muy variable, desde un dorso verde uniforme a presentar abundantes puntos negros y amarillos. Los machos presentan una espina humeral prominente. Aunque no se considera amenazada de extinción, la pérdida de su hábitat natural, por actividades agropecuarias, deforestación, extracción de materias primas y especies, son el principal problema para su conservación (Kubicki et al., 2010, Guayasamín et al.,2022).

Una de las herramientas más utilizadas en estudios para la estimación de distribución potencial de biodiversidad son los modelos de nicho (Lobo et al. 2010). Estos modelos

utilizan algoritmos matemáticos que predicen la distribución correlacionando información de registros de ocurrencia de la especie con información de variables ambientales como topografía, precipitación, temperatura, entre otros (Lobo et al. 2010).

En la actualidad existe un gran abanico de algoritmos matemáticos que pueden ser utilizados para la generación de cartografía de distribución actual y potencial de especies, existen algoritmos que utilizan información de presencia-ausencia, como Modelos aditivos generalizados (GAM), Modelos lineales generalizados (GLM) y algoritmos que solo utilizan información de presencia como Bioclim, Domain, MaxEnt (Rodríguez, 2011), entre otros, sin embargo varias publicaciones determinan que MaxEnt es uno de los métodos con mejores prestaciones para el modelado de nicho (Toranza, 2011; Elith et al., 2006; Hernández et al., 2006). Dentro de sus aplicaciones más importantes pueden mencionarse: detección de nuevas áreas de distribución (Pearson et al. 2007), predicción de invasiones (Ward, 2007), aportes al diseño de planes de conservación (Ferrier, 2002) o estudios sobre impactos potenciales del cambio climático (Levinsky et al. 2007).

Analizar el nicho ecológico de los anfibios es de gran importancia para los biólogos, ya que estos son elementos claves y tienen una función trascendente en el sistema ecológico, además actúan como bioindicadores de posibles perturbaciones del ambiente al ser extremadamente sensibles a cambios y contaminación del medio. En diversos países existe gran información de trabajos que documentan el efecto del cambio climático sobre los anfibios y que además han encontrado una reducción considerable de sus áreas de distribución natural (Pounds, 2001; Carey et al., 2003; Araujo et al., 2006).

En ese contexto la presente investigación tiene como objetivo realizar un modelamiento de nicho ecológico para evaluar los impactos del cambio climático, en la distribución espacial de *Espadarana prosoblepon* en Ecuador y de esta manera contar con información científica actualizada que tribute a futuros trabajos de conservación de esta especie fundamental para la preservación de la biodiversidad de nuestro país.

2. METODOLOGÍA

2.1. Área de estudio.

La presente investigación se realizó en la parte continental del Ecuador como se identifica en la figura 1, que limita al norte con Colombia y al sur y este con Perú, y al oeste con el océano Pacifico, con excepción de las islas Galápagos, que, por su naturaleza, no cuenta con anfibios distribuidos de forma natural en su geografía.

Ecuador presenta un área de 283.791 km², una topografía con altitudes de 0 a 6300 msnm, con un gradiente de temperatura que va de 0 a 26°C en la cual encontramos 4 regiones que presentan características geográficas y climáticas diversas; región Costa, Sierra, Oriente e Insular, estas presentan un abanico de condiciones climáticas a lo largo del territorio, entre los que se destacan los climas tropicales, subtropicales, temperados, subtemperados y de páramo. Además, tiene dos cuencas hidrográficas como lo son la Pacífica y la Amazónica, con 91 ecosistemas terrestres distribuidos, 45 en la Sierra, 24 en la Costa y 22 en la Amazonia (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013).

La cordillera de los Andes que la atraviesa de norte a sur influye en sus características climáticas (Varela y Ron, 2018), posee dos estaciones definidas, una lluviosa donde encontramos regímenes de precipitación elevada en la parte norte de la región, con valores anuales de hasta 4000 mm, mientras que los valores inferiores de precipitación son de 250 mm al año en la península de Santa Elena, la seca donde el régimen térmico se caracteriza por variaciones de 2 a 3 grados centígrados entre el mes más cálido y el cuarto mes más frio, y una temperatura promedio de 23 a 24 grados centígrados (CNC Ecuador, 2001)(Romero, 2001).

Figura 1. Área de estudio Ecuador continental.



Fuente: Google maps ajustada por los autores, (2022)

2.2. Modelamiento de nicho ecológico

El Modelamiento de nicho ecológico para evaluar los impactos del cambio climático en la distribución espacial de *Espadarana prosoblepon*, se realizó en base a la siguiente metodología:

2.2.1. Primera etapa: análisis y recopilación de las variables bióticas y abióticas.

La variable biótica se seleccionó en base a los registros de ocurrencia de la especie, se obtuvieron los datos de las plataformas digitales de GBIF con 86 datos, VertNet con 263 datos, INaturalist con 703 datos y la Bioweb Ecuador de la Pontifica Universidad Católica del Ecuador con 485 datos, de las cuales se encontraron un total de 988 registros desde el año 1984 hasta la actualidad distribuidos en la vertiente pacífica de los Andes en Colombia y Ecuador, el este de Honduras, norte y centro de Nicaragua, Costa Rica y Panamá como lo muestra la figura 2.

Figura 2. Puntos de presencia de *Espadarana prosoblepon*



Fuente: Bioweb Ecuador (2022)

Las variables ambientales globales se obtuvieron de la plataforma digital WorldClim, datos climáticos versión 2.1, la cual proporciono 19 variables bioclimáticas y de altitud (tabla 1) de condiciones actuales y futuras, con una resolución de 1km^2 (30 arcsec), los datos corresponden a información de las combinaciones de las variables de temperatura y precipitación en diferentes épocas del año y a proyecciones de mediano y largo plazo (1970-2000) de estaciones meteorológicas de todo el planeta (Hijmans et al., 2017).

Tabla 1. Variables bioclimáticas.

CÓDIGO	DENOMINACIÓN
BIO 1	Temperatura Media Anual
BIO 2	Intervalo medio diurno (media mensual (tmáxima - tmínima))
BIO 3	Isotermalidad (BIO2/BIO7) (×100)
BIO 4	Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar ×100)
BIO 5	Temperatura máxima del mes más cálido
BIO 6	Temperatura mínima del mes más frío
BIO 7	Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)
BIO 8	Temperatura media del trimestre más húmedo
BIO 9	Temperatura media del trimestre más seco
BIO 10	Temperatura media del trimestre más cálido
BIO 11	Temperatura media del trimestre más frío
BIO 12	Precipitación anual
BIO 13	Precipitación del mes más lluvioso
BIO 14	Precipitación del mes más seco
BIO 15	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)
BIO 16	Precipitación del trimestre más húmedo
BIO 17	Precipitación del trimestre más Seco
BIO 18	Precipitación del trimestre más cálido
BIO 19	Precipitación del trimestre más frío
ALT	Altitud

Fuente: WorldClim. (2017)

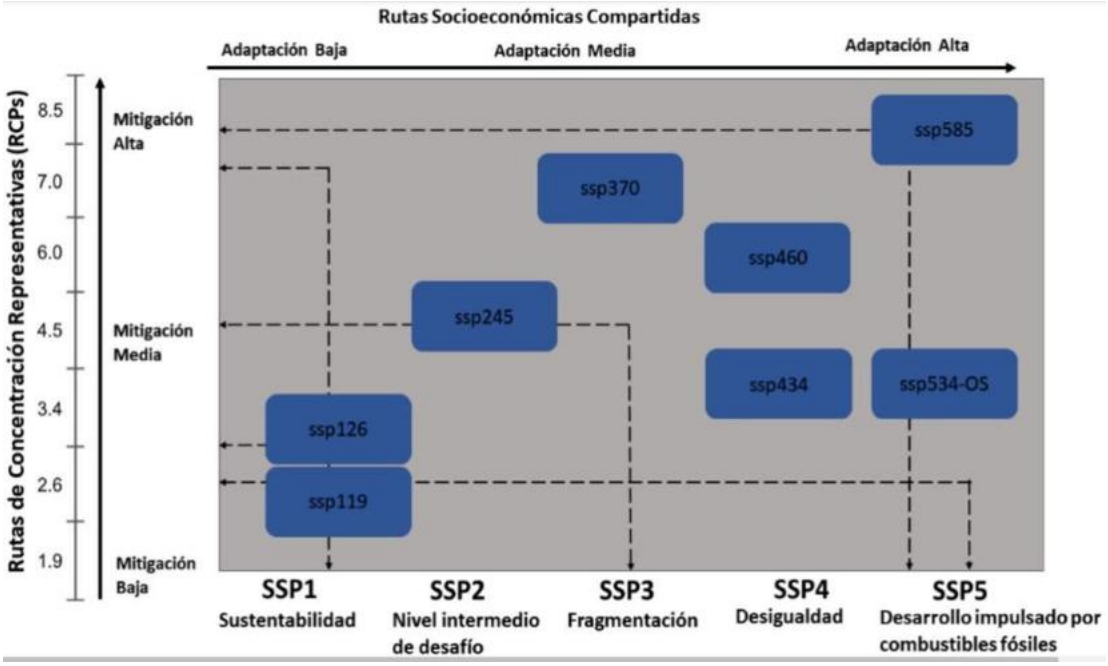
Para las variables de escenarios futuros se utilizaron las proyecciones climáticas realizadas por el CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project 6), los mismos que fueron utilizados para el sexto informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2022), estos modelos simulan escenarios que proyectan nuestras emisiones de gases de efecto invernadero en el futuro (Eyring et al. 2016), e incorpora Rutas Socioeconómicas Compartidas (SSP) (Grose et al. 2020).

La reducción de escala y la calibración (corrección de sesgo) se realizaron con WorldClim v2.1 como clima de referencia para la obtención de las variables bioclimáticas a futuro.

Las SSP (figura 3) son complementarias de las vías para las concentraciones de gases de efecto invernadero (RCP’s) y tienen en cuenta cómo pueden cambiar los factores

socioeconómicos durante el próximo siglo, así tenemos el SSP1 - 2.6 “Sostenibilidad”, tomando el camino verde, un mundo centrado en el crecimiento sostenible y la igualdad, escenario de bajas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), con un aumento de temperatura estimado a largo plazo de alrededor de 1,7-1,8 °C; el SSP2 - 4.5 “Mitad del camino”, progreso lento hacia el logro de los objetivos de desarrollo sostenible, escenario de emisión promedio de GEI, con un aumento de temperatura a largo plazo estimado alrededor de 2.5-2.7 °C, el SSP3 - 7.0 “Rivalidad regional” un camino difícil, un mundo con una desigualdad cada vez mayor escenario de altas emisiones de GEI, con un aumento de la temperatura a largo plazo estimado en torno a 3,8-4,2 °C y el SSP5 - 8,5 “Desarrollo alimentado por combustibles fósiles” tomando la autopista, el escenario catastrófico, donde se percibe un rápido crecimiento en la producción económica y el uso de energía, escenario de alta emisión de GEI, con un aumento de la temperatura a largo plazo estimado en alrededor de 5,1 °C. (O'neill et al. 2017; Riahi et al. 2017).

Figura 3. Escenarios de las rutas socioeconómicas compartidas SSP.



Fuente: Reyes et al. (2021)

Para esta investigación se utilizó el modelo global de circulación (GCM) actual HadGEM3-GC31-LL desarrollado por Met Office Hadley Center (Reino Unido) y por el Instituto Nacional de Investigación de Espacios (Brasil), que muestra como tendencia general para la región ecuatorial de Suramérica un aumento en las precipitaciones y una disminución en los periodos de verano, en áreas con regímenes estacionales delimitados. Recientemente Schivo y colaboradores en 2019, utilizaron el GCM HadGEM2-ES, para modelar distribución y riqueza de anfibios bajo diferentes escenarios de cambio climático en Brasil por lo que se consideró el GCM actual idóneo para representar las condiciones de escenarios futuros que tributaran al desarrollo del modelamiento de nicho ecológico en las rutas socioeconómicas SSP 245 y SSP 585 para el año 2070.

2.2.2. Segunda etapa: Procesado, depuración y optimización de las variables bióticas y abióticas.

Las variables bióticas fueron sintetizadas y organizadas en el software Excel donde se conservó solo las columnas de especie, longitud y latitud necesarios para correr el modelo, además se realizó una limpieza de los datos de presencia, eliminando los registros de presencia que no contaban con coordenadas geográficas y aquellos que presentaban duplicidad en sus coordenadas. Con ayuda del software Qgis se identificó y se extrajo los puntos de presencia en Ecuador, además se eliminaron los datos ubicados en un mismo pixel dentro de las variables bioclimáticas, seleccionando un registro de presencia por cada kilómetro cuadrado, para reducir los efectos de la correlación espacial (Kamilar & Tecot, 2016).

Las variables ambientales o bioclimáticas se procesaron en el Qgis para extraer los valores de las 19 variables de acuerdo a los puntos de presencia y mediante software estadístico Past4 se realizó un análisis de correlación de Pearson para eliminar las variables altamente correlacionadas con un coeficiente de +-0.80 (Jane et al., 2010; Qin et al., 2016; Wan et al., 2017), se seleccionaron las variables poco correlacionadas y de alto valor biológico en la ecología de la especie para ser utilizadas en el modelamiento de distribución actual y futuro. Finalmente, las variables ambientales resultantes se recortaron al límite del área de estudio, con la misma proyección, resolución y numero de celdas.

2.2.3. Tercera etapa: Construcción del modelo de nicho ecológico para la distribución actual y potencial, bajo escenarios de cambio climático.

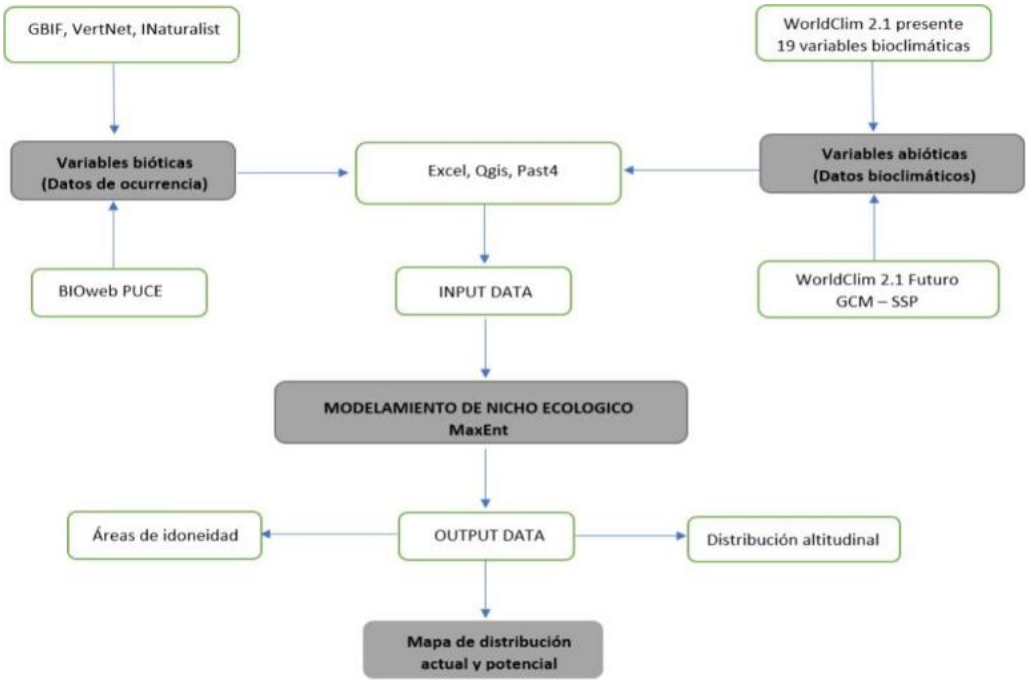
El modelamiento de nicho ecológico se realizó en base al algoritmo de máxima entropía del software MaxEnt, desarrollado por el Centro para la Biodiversidad y Conservación del Museo Americano de Historia Natural (AMNH) , como data de entrada al modelo, se utilizó las variables bióticas, datos de presencia de la especie en formato de archivo separado por comas (extensión .csv) y las variables abióticas, datos bioclimáticos y de altitud en formato ASCII (extensión .asc) (Phillips, Aneja, Kang, & Arya, 2006).

El modelo se ejecutó en base a la configuración predeterminada del software MaxEnt, activando las opciones de "Create response curves" y "Do jackknife", necesarias para analizar la importancia de las variables ambientales utilizadas en el modelo, además se verifico el rendimiento del modelado observando los resultados del área bajo la curva (AUC), que es la relación entre la sensibilidad y especificidad del modelo que varía de 0 a 1, donde los valores próximos a 1, indican un alto desempeño y los valores menores a 0.5, muestran un bajo desempeño del modelo, categorizándolos de la siguiente manera, "excelente" 0.90-1.00; "bueno" 0.80-0.90; "medio" 0.70-0.80; "pobre" 0.60-0.70. (Allouche et al., 2006; Araújo et al., 2005; Swets, 1988).

Se determinó las áreas de idoneidad mediante los resultados obtenidos del proceso de modelamiento con el algoritmo MaxEnt, el cual proporciono un ráster con valores de pixeles de 0 a 1, clasificándolos en cuatro categorías, (a) ausencia (< 0.25), que incluyó áreas de idoneidad nula que codificamos en color celeste; (b) 0.25 – 0.50, áreas de idoneidad baja de hábitat que codificamos con el color amarillo; (c) 0.50 -0.75, áreas de idoneidad media de hábitat que codificamos con el color naranja; (d) > 0.75, áreas de alta idoneidad de hábitat que codificamos con el color rojo (Merow et al., 2013; Yan et al., 2017).

Los ráster de idoneidad fueron analizados en el software Qgis, transformando la idoneidad en curvas de nivel, tomando en cuenta solo los valores de idoneidad media y alta para determinar los cambios en las áreas de distribución altimétrica de la especie *Espadarana Prosoblepon* en el modelamiento de nicho ecológico del presente y del futuro.

Figura 4. Flujograma del modelamiento ambiental para la especie *Espadarana prosoblepon*



Fuente: Elaborado por los autores, (2023).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Modelamiento de nicho ecológico

Para el modelamiento de nicho ecológico de la especie *Espadarana prosoblepon* se utilizaron 294 datos georreferenciados de ocurrencia, resultado de la depuración y limpieza de las variables bióticas.

En cuanto a las variables abióticas, luego del proceso de correlación y análisis de importancia biológica, se utilizaron las variables bioclimáticas, Bio 1 “Temperatura media anual”, Bio 2 “Rango de temperatura promedio diurno”, Bio 3 “Isotermalidad”, Bio 4 “Estacionalidad de la temperatura”, Bio 12 “Precipitación anual”, Bio 14 “Precipitación del mes más seco”, Bio 15 “Estacionalidad de la precipitación” y Bio 19 “Precipitación del trimestre más frio”, por ser las variables menos correlacionadas, evitando ingresar información redundante al modelo.

Las 8 variables bioclimáticas se utilizaron para el proceso de modelado en el presente y en la transferencia del modelo al futuro como data de input, conjuntamente con los datos de ocurrencia.

Los resultados del modelamiento con el algoritmo MaxEnt dieron como output un área bajo la curva o AUC de 0.93, que de acuerdo a Araujo presenta un ajuste de modelado excelente.

La tabla 2 muestra las variables bioclimáticas que más contribuyeron al proceso de modelado.

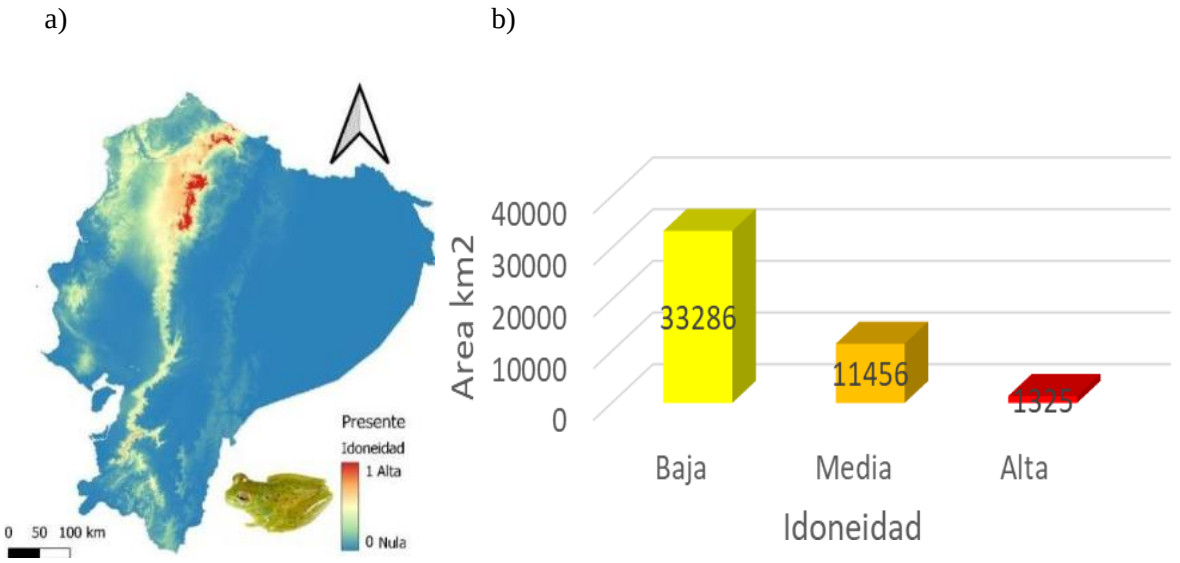
Tabla 2. Importancia de los datos abióticos utilizados en el modelo.

VARIABLE BIOCLIMÁTICA	PORCENTAJE DE CONTRIBUCIÓN
BIO 1	17.5
BIO 2	13.1
BIO 3	15.9
BIO 4	0.4
BIO 12	4.4
BIO 14	8.5
BIO 15	38.1
BIO 19	2.1

Fuente: MaxEnt. (2022).

Para el escenario del presente, la distribución estimada de la especie *E. prosoblepon* se obtuvo de la salida logística del modelamiento con algoritmo en MaxEnt, determinando así sus probables áreas de idoneidad alta, media y baja (figura 4).

Figura 4. Mapa (a) y áreas (b) de idoneidad para el presente de *Espadarana prosoblepon*.



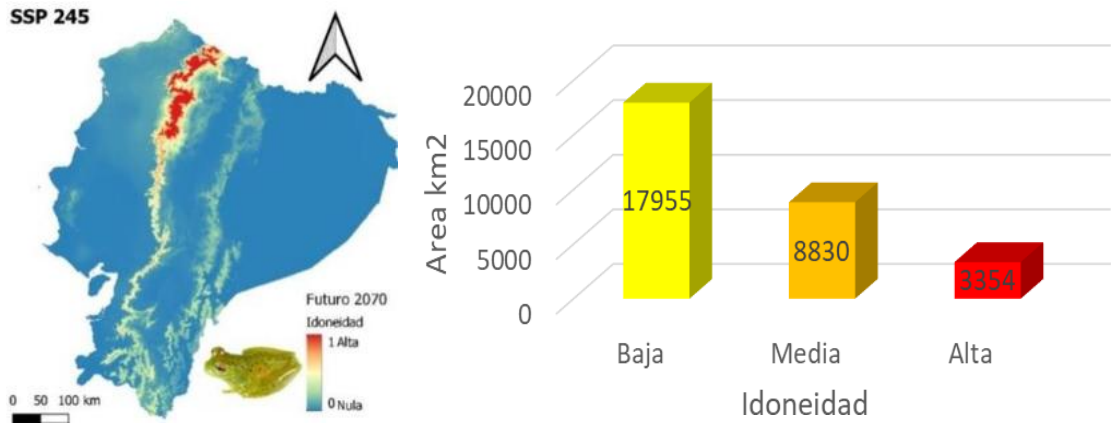
Fuente: Elaborado por los autores, (2023)

En la transferencia del modelamiento de nicho ecológico hacia el futuro, se utilizaron las mismas variables bioclimáticas del presente, del modelo global de circulación (GCM) HadGEM3-GC31-LL proyectado al año 2070, se tomaron en consideración dos escenarios de acuerdo a las rutas socioeconómicas compartidas de SSP 245 " que establece un escenario esperanzador, un progreso lento hacia el logro de los objetivos de desarrollo sostenible", y SSP 585 "que establece un escenario catastrófico gobernado por el desarrollo económico e incremento del uso de combustibles fósiles".

Los resultados logísticos del modelamiento de nicho ecológico para el escenario futuro SSP 245 determino áreas de idoneidad para la especie *E. prosoblepon* alta, media y baja como se evidencia en la figura 5.

Figura 5. Mapa (a) y áreas (b) de idoneidad para el futuro SSP 245 año 2070 de *Espadarana prosoblepon.*

a) b)

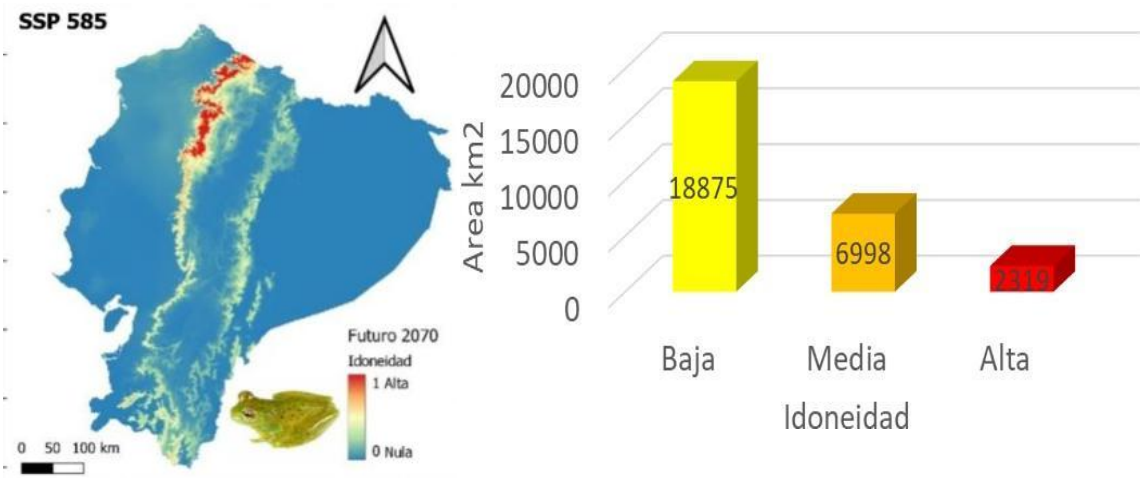


Fuente: Elaborado por los autores, (2023)

En el escenario futuro SSP 585 determino áreas de idoneidad alta, media y baja para la especie como se observa en la figura 6.

Figura 6. Mapa (a) y áreas (b) de idoneidad para el futuro SSP 585 año 2070 de *Espadarana prosoblepon.*

a) b)



Fuente: Elaborado por los autores, (2023)

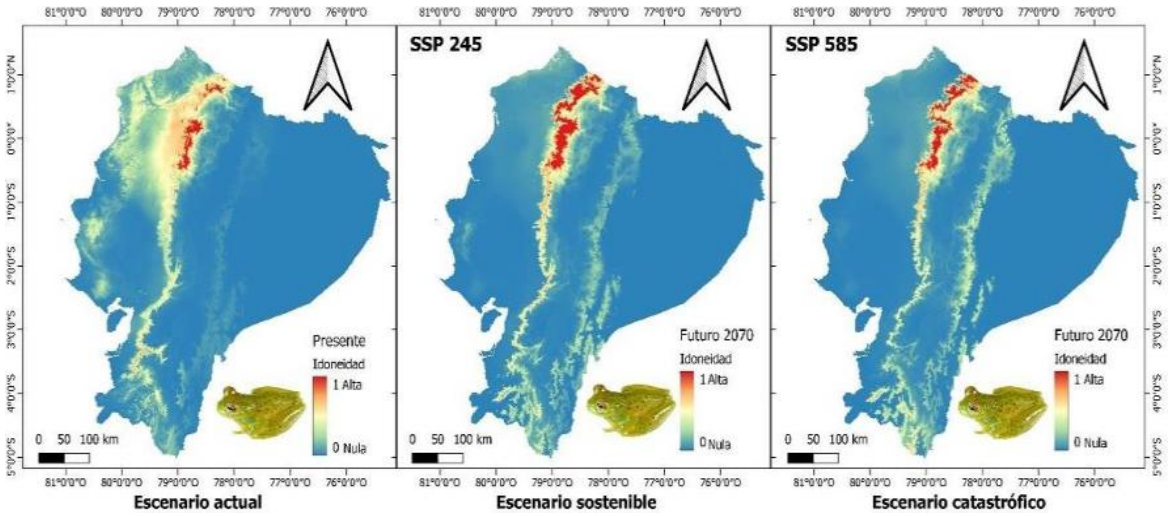
3.2 Discusión

Una vez observados y analizados los resultados del modelamiento de nicho ecológico (Figura 7 y 8), se puede evidenciar que la especie *Espadarana prosoblepon,* presenta comportamientos de adaptabilidad diferente en correspondencia de la predicción realizada para el año 2070, así para las áreas de idoneidad "alta", coloración roja en el mapa, se observar un aumento de 2029 km^2 que equivale al 153.13% para el escenario sostenible (SSP 245) y un aumento de 994 km^2 que corresponde al 75.02% en el escenario catastrófico (SSP 585), lo que determina su migración a zonas más altas de su distribución natural en la cordillera de los Andes.

Para las áreas de idoneidad "media", coloración anaranjada en el mapa, existe una reducción de 2626 km^2, correspondiente al 22.92% en el escenario sostenible y una reducción de 4458 km^2, equivalente al 38.91% para el escenario catastrófico, lo que limitaría su distribución y el nicho ecológico para su desarrollo hacia áreas más adecuadas para su viabilidad en el futuro.

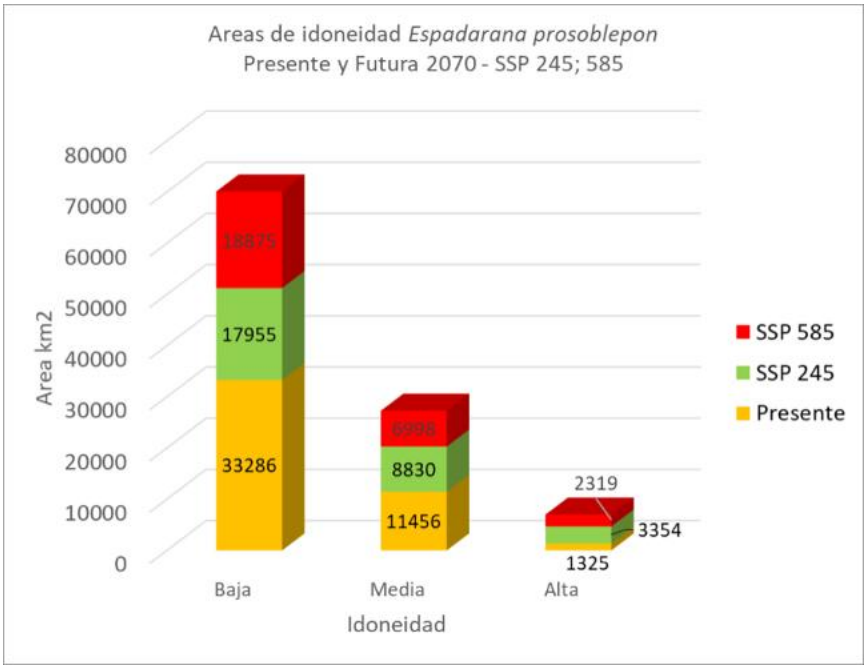
En las áreas de idoneidad "baja", coloración amarilla en el mapa, se evidencia una reducción de 15331 km^2 que representa el 46.06% en el escenario sostenible y de 14411 km^2 que equivale al 43.29% en el escenario catastrófico. Se puede concluir que la especie *E. prosoblepon* mantendrá un desplazamiento migratorio a estribaciones orientales en los escenarios proyectados al futuro, a diferencia de su distribucional natural en el presente, lo que podría ocasionar graves perturbaciones en el sistema ecológico e invasión de sus nuevas áreas de influencia con el inminente problema que eso conlleva para otras especies.

Figura 7. Distribución espacial de *Espadarana prosoblepon.*



Fuente: Elaborado por los autores, (2023)

Figura 8. Áreas de idoneidad para el presente y futuro año 2070 de *Espadarana prosoblepon.*



Fuente: Elaborado por los autores, (2023)

Finalmente tomando en consideración la suma de las áreas de idoneidad media y alta (tabla 3), como las áreas de mayor éxito de viabilidad de la especie, se encontró una disminución para los escenarios proyectados al futuro, así en el presente el modelo muestra un área total de 12781 Km^2, en contraste para el escenario sostenible hay una reducción de 597 km^2, lo cual equivale al 4.67% y para el escenario "catastrófico" existe una reducción de 3464 km^2, que corresponde al 27.10% de perdida de área idónea, demostrando así la aptitud de la especie como bioindicador en respuesta a las condiciones cambio climático favorables o desfavorables para el establecimiento de su nicho ecológico y su normal desarrollo.

Tabla 3. Áreas de idoneidad y porcentajes.

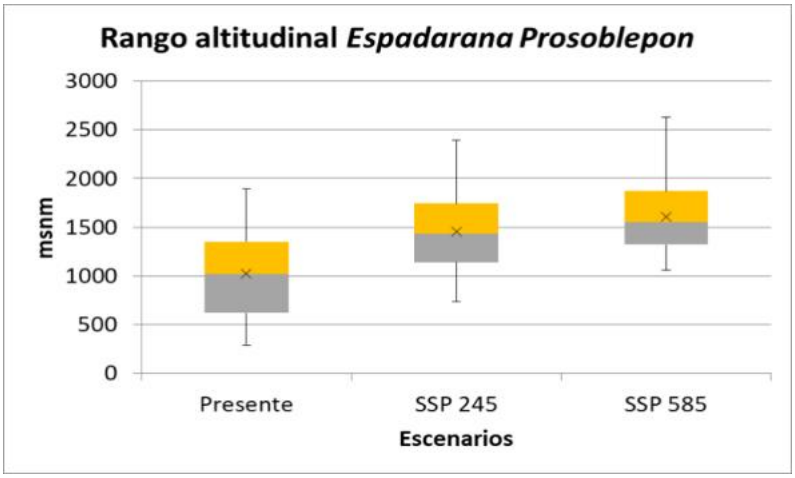
Idoneidad	Presente	Futuro SSP 245		Futuro SSP 585	
	Área km^2	Área km^2	%	Área km^2	%
Alta	1325	3354	253.13	2319	175.02
	Área de cambio =	2029	153.13	994	75.02
Media	11456	8830	77.08	6998	61.09
	Área de cambio =	-2626	-22.92	-4458	-38.91
Baja	33286	17955	53.94	18875	56.71
	Área de cambio =	-15331	-46.06	-14411	-43.29
Media + Alta	12781	12184	95.33	9317	72.90
	Área de cambio =	-597	-4.67	-3464	-27.10

Fuente: Elaborado por los autores, (2023)

En la figura 9 podemos apreciar que la especie de *Espadarana prosoblepon*, está migrando a pisos altitudinales más elevados, en las áreas de idoneidad media alta, esto se debe a las condiciones climáticas en los diferentes escenarios proyectados hacia el futuro, en la distribución actual, la especie se desarrolla a una altitud promedio de 1023 msnm, para el año 2070 en el escenario SSP 245 a 1457 msnm y para el escenario SSP 585 a 1606 msnm, lo cual en contraste con la información del párrafo anterior, comprueba la reducción de sus áreas de idoneidad, ya que a mayor altura, menor área de influencia donde la especie

pueda desarrollarse.

Figura 9. Rango altitudinal para el presente y futuro de *Espadarana prosoblepon.*



Fuente: Elaborado por los autores, (2023)

Estudios sobre modelamiento de nicho ecológico en Ecuador, con las nuevas tendencias de desarrollo, las Rutas Socioeconómicas Compartidas SSP (Shared Socioeconomic Pathways) utilizadas para el sexto informe sobre Cambio Climático por la IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) son escasos o inexistentes, la mayoría de investigaciones encontradas en bibliografía, utilizan las Vías de Concentraciones Representativas RCP's (Representative Concentration Paathways) que en la actualidad ya están caducas.

Una investigación realizada en Ecuador por Guzmán en 2015, sobre la modelación de la distribución del hábitat de los anfibios *Pristimantis myersi, P. colodactylus, P. orcesi y P. percultus*, encontró que para el año 2050, todas las especies verían reducidas sus áreas de distribución, en correspondencia de los escenarios proyectados al futuro, así bajo el escenario RCP 8.5 se perderá más área que bajo el escenario RCP 6.0, sin embargo la diferencia no es muy marcada, a excepción de *P. percultus* que bajo el escenario RCP 6.0 pierde el 19.4 % de área actual y bajo el escenario RCP 8.5 pierde el 30.7 %.

Otro estudio realizado por Bonilla en 2017 para la especie *Lithobates catesbeianus* en Colombia, observa una disminución evidente de las áreas de idoneidad para la especie,

concluyendo una afectación debido a las condiciones climáticas proyectadas a 2050 y 2070 al comparar los resultados de RCP 2.6 y RCP 8.5. Con este patrón se prevé que el cambio climático actuara de manera limitante sobre el potencial de invasión de la especie, aunque no serán lo suficientemente nocivas para la misma, favoreciendo su permanencia en las áreas actualmente ocupadas y con potencial alto de presencia.

Según Toranza (2011), la distribución de las especies depende de su hábito de vida, y en particular, la capacidad de desplazarse podría condicionar la respuesta de las especies al cambio climático. Así por ejemplo los mamíferos tienen mayor capacidad de desplazamiento pueden tener mejor adaptabilidad a las modificaciones climáticas, en comparación con los anfibios cuya capacidad de desplazamiento es menor, por tanto, podrían ser más sensibles o tener una menor capacidad de respuesta ante los cambios proyectados.

4. CONCLUSIONES

Se realizó un modelamiento de nicho ecológico para evaluar los impactos del cambio climático, en la distribución espacial de *Espadarana prosoblepon* en Ecuador, los resultados obtenidos en el modelamiento demuestran las repercusiones del cambio climático en la viabilidad de la especie en el futuro para el año 2070, el estudio prevé que las áreas de idoneidad de *E. prosoblepon* se reducen en 597 km^2 y en 3463 km^2 en función de las características climáticas de los diferentes escenarios sostenible (SSP 245) y catastrófico (SSP 585) respectivamente, el análisis del rango altitudinal para las áreas de idoneidad media alta, predice un desplazamiento que va de los 1023 msnm en el presente, a los 1457 y 1606 msnm para los escenarios futuros, a mayor altura menor área espacial de influencia.

La evaluación realizada ha demostrado que la especie actúa como un buen bioindicador de cambio ecológico, útil para entender el comportamiento y la adaptabilidad de la especie frente a estos escenarios de cambio climático. Los anfibios son indicadores adecuados, particularmente de los cambios ambientales por sus características fisiológicas, ecológicas y etológicas, ademas son considerados barómetros del medio ambiente y se convierten en un grupo focal de estudio como indicadores ecológicos de la salud ambiental.

La especie objeto de estudio, a pesar de no estar considerada como una especie en peligro de extinción, ya que está catalogada por la Unión Internacional para Conservación de la Naturaleza como de "preocupación menor", está expuesta a varias presiones antrópicas, como la contaminación del ambiente, uso de pesticidas, contaminación del recurso hídrico y la extracción en sus áreas de procedencia natural para destinarlos al comercio, sumado a ellos el inminente cambio climático que se ha sentido en los últimos años, son algunas de las causas por las cuales podrían no prosperar.

La utilización de algoritmos matemáticos, plataformas digitales y procesos geoestadisticos para el modelamiento ambiental, permite un sin fin de posibilidades científicas y académicas por la agilidad, rapidez, utilidad y alto nivel de procesamiento de datos que ofrecen estas tecnologías, obteniendo de estas resultados cada vez mas exactos provenientes de procesos mas complejos que dependen del tipo y confiabilidad de información y data de input que ingresa al modelo, asi como del criterio analitico y profesional del investigador, utiles para el estudio en el ambito ambiental, biológico y ecológico, necesario para la formulación de estrategias de conservación de la biodiversidad y demas casos de estudio vinculados a la academia.

5. REFERENCIAS

Allouche, O., Tsoar, A., & Kadmon, R. (2006). Assessing the accuracy of species distribution models: Prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). Journal of Applied Ecology, 43(6), 1223–1232. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01214.x

Araújo, M. B., Pearson, R. G., Thuillers, W., & Erhard, M. (2005). Algorithms for computation of fundamental properties of seawater. Global Change Biology, 11, 1–10. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.001000.x

Araujo, M.B., Thuiller, W. y Pearson, R.G. 2006. Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. Journal Of Biogeography, 33 (10) 1712 – 1728

Araújo, MB. and Rahbek, C. (2006). How does climate change affect biodiversity? Science, 313(5792):1396–1397. doi: 10.1126/science.1131758.

Baghdadi, N., Mallet, C., & Zribi, M. (2020). QGIS y las herramientas genéricas (Vol. 1). ISTE Group.

Bahri, A. (2009). Managing the other side of the water cycle: making wastewater an asset. TEC Background Paper No. 13. Global Water Partnership, Stockholm.

Baldo, D., Borteiro, C., Brusquetti, F., García, J. E. & Prigioni, C. (2008). Reptilia, Gekkonidae, Hemidactylus mabouia, Tarentola mauritanica: Distribution extension and anthropogenic dispersal. Check List, 4(4), 434-438.

Barrera, A., y Morejón, R. (2011). Cambio Climático. Quito, Ecuador. https://acortar.link/bhSbV0

Basto-Riascos, M. C., López-Caro, J., & Londoño-Guarnizo, C. A. (2017). Espadarana prosoblepon. Anfibios y Reptiles, 52.

Böhning-Gaese, K., Jetz, W., & Schaefer, H.-C. (2008), Impact of climate change on migratory birds: community reassembly versus. Global Ecology and Biogeography, 38-49.

Bonilla, J.(2017). Distribución potencial de la especie *Lithobates catesbeianus* en la región continental de Colombia bajo iteraciones de cambio climático[Tesis de grado, Universidad Militar Nueva Granada. http://hdl.handle.net/10654/31932

Bravo Velásquez, E. (2014). La biodiversidad en el Ecuador. Abya-Yala/UPS.

Carey C., Bradford D. F., Brunner J. F., Collins J. P., Davidson E. W., Longcore J. E., Ouellet M., Pessier A. P. y Schock D. M. 2003. Biotic factors in amphibian declines. In Multiple stressors and declining amphibian populations: evaluating cause and effect (Linder G., Sparling D. W., Krest S. K., editors), pp. 153–208 Boca Raton, FL: Society

of Environmental Toxicology and Chemistry.

Centro Jambatu. 2011–2020. Anfibios de Ecuador. Base de datos electróncia disponible en http://www.anfibioswebecuador.ec/index.php?aw,2. Fundación Jambatu. Quito, Ecuador.

Cita: Valencia, L.M. y Fonte, L.F.M. 2021. Plan de Acción para la Conservación de la Rana Arlequín (Atelopus) (2021-2041). Iniciativa de Supervivencia Atelopus, 52 pp.

Comunicación Nacional. República del, Ecuador. CNC (Comité Nacional sobre el Clima) [Internet]. Convención Marco de las Naciones Unidas. Cambio Climático. 2001 [cited 2018 May 4]. p. 128. Available from: https://www.google.com.ec/search?q=CNC+(Comité+Nacional+sobre+el+Clima)+(2001)+Comunicación+Nacional.+Republica+del+Ecuador.+Convención+Marco+de+las+Naciones+Unidas.+Cambio+Climático.&rlz=1C1CHBD_esEC750EC750&oq=CNC+(Comité+ Nacional+sobre+el+Clima).

Cowie, R.H., Bouchet, P. and Fontaine, B. (2022), The Sixth Mass Extinction: fact, fiction or speculation?. Biol Rev, 97: 640-663. https://doi.org/10.1111/brv.12816

Elith J., C. Graham, R. Anderson, M. Dudick, S. Ferrier, A. Guisan, et al. 2006. Novel method improve prediction of species distributions from occurrence data. Ecography 29: 129-151.

Escoto Castillo, A., Sánchez Peña, L., & Gachuz Delgado, S. (2017). Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP): nuevas maneras de comprender el cambio climático y social. Estudios demográficos y urbanos, 32(3), 669-693.

Eyring, V., Bony, S., Meehl, G. A., Senior, C. A., Stevens, B., Stouffer, R. J., & Taylor, K. E. (2016). Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. Geoscientific Model Development, 9(5), 1937–1958.

Fick, SE y RJ Hijmans, 2017. WorldClim 2: nuevas superficies climáticas de resolución espacial de 1 km para áreas terrestres globales. Revista Internacional de Climatología 37 (12): 4302-4315.

Frost, D. R. 2016. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.0 (01 abril 2015). Electronic Database accessible at http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html. American Museum of Natural History, New York, USA.

GBIF.org (14 December 2022) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.fgquq9

Graham CH, Ferrier S, Huettman F, Moritz C, Peterson AT. 2004. New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. Trends in Ecology and Evolution 19(9): 497- 503

Grose, M. R., Narsey, S., Delage, F. P., Dowdy, A. J., Bador, M., Boschat, G., Chung, C., Kajtar, J. B., Rauniyar, S., Freund, M. B., Lyu, K., Rashid, H., Zhang, X., Wales, S., Trenham, C., Holbrook, N. J., Cowan, T., Alexander, L., Arblaster, J. M., & Power, S. (2020). Insights From CMIP6 for Australia's Future Climate. Earth's Future, 8(5).

Guayasamin, J. M., Varela-Jaramillo, A. y Frenkel, C. 2022. Espadarana prosoblepon En: Ron, S. R., Merino-Viteri, A. Ortiz, D. A. (Eds). Anfibios del Ecuador. Version 2022.0. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/FichaEspecie/Espadarana%20prosoblepon, acceso jueves, 9 de febrero de 2023

Guayasamin, JM.; Arteaga, A.; Bustamante, L. Los anfibios y reptiles de Mindo: la vida en el bosque nuboso ; Universidad Tecnológica Indoamérica: Quito, Ecuador, 2013. [Google Scholar]

Guisan, A., & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. Ecology Letters, 8, 993–1009. doi: http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00792.x

Gutiérrez E. y I. Trejo. 2014. Efecto del cambio climático en la distribución potencial de cinco especies arbóreas del bosque templado en México. Revista Mexicana de biodiversidad. Vol 85 (1): 179-188.

Guzmán E. (2021). Estudio de la distribución de anfibios en el páramo del Bosque Nacional Podocarpus, frente a posibles escenarios de cambio climático[Tesis de grado Universidad Nacional de Loja]. https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/11320

Hasselmann, K. (1997). Multi-pattern fingerprint method for detection and attribution of climate change. Climate Dynamics, 13(9):601–611. doi: 10.1007/s003820050185.

Hausfather, Z., & Peters, G. P. (2020). El peor escenario climático posible no es el más probable. Investigación y ciencia.

Haustein, K., Allen, MR., Forster, PM., Otto, FEL., Mitchell, DM., Matthews, HD. and Frame, DJ. (2017). A real-time Global Warming Index. Scientific Reports, 7(1):1–6. doi: 10.1038/s41598- 017-14828-5.

Hernández P., C. Graham, L. Master, D. Albert. 2006. The effect of sample size and species characteristic on performance of different species distribution modeling methods. Ecography 29: 773-785.

Illoldi-Rangel, P., & Escalante, T., (2008). De los modelos de nicho ecológico a las áreas de distribución geográfica. Biogeografía, 3, 7-12.

International Journal of Primatology, 37(1), 47–68. https://doi.org/10.1007/s10764-015-9875-8

IPCC (2014), Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Resumen para responsables de políticas, informe, Ginebra, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

IPCC. 2007. Cambio climático 2007. Informe de síntesis. Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf (Consultado Abril 27, 2014).

IUCN 2021. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-1. https://www.iucnredlist.org. Downloaded on 9 August 2021.

J.M. Olano Mendoza, & J. Peralta Andrés, (2001). Modelos predictivos de distribución de especies comunes en matorrales basófilos de Navarra: Aplicación en distintos escenarios climáticos. Cuadernos De La Sociedad Española De Ciencias Forestales, (12). https://doi.org/10.31167/csef.v0i12.9261

Jacobson, S. K. 1985. Reproductive behavior and male mating success in two species of glass frogs (Centrolenidae). Herpetologica: 396-404.

Jane, E., Kearney, M., & Phillips, S. (2010). The art of modelling range-shifting species. Methods in Ecology and Evolution, 1(4), 330–342. https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2010.00036.x

Jones, GS., Stott, PA. and Christidis, N. (2013). Attribution of observed historical near-surface temperature variations to anthropogenic and natural causes using CMIP5 simulations. Journal of Geophysical Research Atmospheres, 118(10):4001–4024. doi: 10.1002/jgrd.50239.

Kamilar, J. M., & Tecot, S. R. (2016). Anthropogenic and Climatic Effects on the Distribution of Eulemur Species: An Ecological Niche Modeling Approach.

Kelly, AE. and Goulden, ML. (2008). Rapid shifts in plant distribution with recent climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 105(33):11823–11826. doi: 10.1073/pnas.0802891105.

Kubicki, B. 2007. Ranas de vidrio Costa Rica/Glass frogs of Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. 312 pp.

Kubicki, B.; Bolaños, F.; Chaves, G.; Solís, F.; Ibáñez, R.; Coloma, LA; Ron, SR; Salvaje, E.; Cisneros-Heredia, DF; Renjifo, J. La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN 2010. Espadarana Prosoblepon 2010 , e.T54934A11228804. [Google Académico] [CrossRef]

Levinsky I., Skov F., Svenning J-C. y Rahbek C. “Potential impacts of climate change on the distributions and diversity patterns of European mammals” Biodiversity and Conservation 16 (2007): 3803-3816.

Lobo J. M., Jiménez-Valverde A. y Hortal J. "The uncertain nature of absences and their importance in species distribution modeling" Ecography 33 (2010): 103-114.

López, L. (2014). Selección de predictores ambientales para el modelado de la distribución de especies en Maxent. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, *20*(2), 187-201.

Merow, C., Smith, M. J., & Silander, J. A. (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

Moritz, C., J. L. Patton, C. J. Conroy, J. L. Parra, G. C. White, and S. R. Beissinger. 2008. Impact of a Century of Climate Change on Small-Mammal Communities in Yosemite National Park, USA. Science 322:261-264.

Naoki, Kazuya, Gómez, M. Isabel, López, Ramiro P., Meneses, Rosa I., & Vargas, Julieta. (2006). Comparación de modelos de distribución de especies para predecir la distribución potencial de vida silvestre en Bolivia. Ecología en Bolivia, 41(1), 65-78. Recuperado en 13 de diciembre de 2022, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282006000700005&lng=es&tlng=es.

O'neill, B. C., Oppenheimer, M., Warren, R., Hallegatte, S., Kopp, R. E., Pörtner, H. O., Scholes, R., Birkmann, J., Foden, W., Licker, R., Mach, K. J., Marbaix, P., Mastrandea, M. D., Price, J., Takahashi, K., Ypersele, JP., Yohe, G. 2017. IPCC reasons for concern regarding climate change risks. Nature Climate Change, 7(1): 28-37.

Panel Intergubernamental de Cambio Climático [IPCC]. (2022). Cambio Climático: Una amenaza para el bienestar de la humanidad y la salud del planeta: Comunicado de prensa del sexto informe del IPCC. https://n9.cl/4ocgd

Parmesan, C. 2006. Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics 37:637-669.

Pearson R. G., Raxworthy C. J., Nakamura M. y Peterson A. T. "Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar" Journal of Biogeography 34 (2007): 102-117.

Pérez-Muñoz C. (2014). tesis de maestría: acuerdos ambientales multilaterales para la conservación de la biodiversidad, análisis de cumplimiento en chile. Universidad de Chile.

Peterson AT, Nakazawa Y. 2008. Environmental data sets matter in ecological niche modeling: An example with Solenopsis invicta and Solenopsis richteri. Global Ecology and Biogeography 17: 135-144

Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE. 2006. Maximum entropy modelling of species geographic distributions. Ecological Modelling, 190:231 259.

Phillips, S., Dudík, M., Schapire, R. [Internet] Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). Available from url: http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/. Accessed on 2019-5-28.

Phillips, SJ, Dudík M, Schapire RE. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. In: Brodley, CE (ed.), Machine Learning: Proceedings of the Twenty-first Century International Conference on Machine Learning, Banff, Canada. ACM Press, p. 655-662.

Phillips, Steven J., Robert P. Anderson, and Robert E. Schapire. 2006. "Maximum Entropy Modeling of Species Geographic Distributions." Ecological Modelling 190:231–59.

Pounds, J. A. 2001. Climate and amphibian declines, Nature 410.

Qin, Z., Zhang, J. E., DiTommaso, A., Wang, R. L., & Liang, K. M. (2016). Predicting the potential distribution of Lantana camara L. under RCP scenarios using ISI-MIP models. Climatic Change, 134(1–2), 193–208. https://doi.org/10.1007/s10584-015-1500-5

República del Ecuador y Ministerio del Ambiente. (2012). Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador 2012-2025. https://bit.ly/3BtqiAy

Reyes Bonilla, H., Morzaria Luna, H.N., Petatán Ramírez, D., Vázquez Vera, L., Cruz Piñón, G., Dorantes, J.M., Torres Origel. J.F., Rojas Montiel, B., Torres Rodríguez, L.M., Cisneros Mata, M.A., Pérez Muñoz, A., Lara Mendoza, R.E., López Téllez, N.A., Díaz Uribe, J.G., Ingle de la Mora, G., Jiménez Quiroz, M.C., Martínez Moreno. R., Castro Garibay, H. y Calderón Alvarado, J.M. (2021). Evaluaciones de vulnerabilidad de las comunidades costeras y de cambio en la disponibilidad de los recursos pesqueros y acuícolas de la costa de México. EDF de México y UABCS. La Paz Baja California Sur, México.

Riahi, K., Van Vuuren, D. P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'neill, B. C., Fujimori, S., … & Tavoni, M. (2017). The shared socioeconomic pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: an overview. Global environmental change, 42: 153-168.

Rodríguez A. 2011. Aplicación de modelos de distribución geográfica para la conservación y reintroducción en el hábitat natural de lychnophora ericoides: especie amenazada de extinción en los cerrados (Sabanas brasileñas). Tesis de Maestría del IX Máster Universitario en Conservación y Gestión del Medio Natural. Universidad Internacional de Andalucia. España. 94 p.

Romero M. Informe de Ecuador. Recursos forestales y cambio en el uso de la tierra. [Internet]. Proyecto: Información y análisis para el manejo forestal sostenible: integrando

esfuerzos nacionales e internacionales en 13 países tropicales en América Latina (GCP/RLA/133/EC)-FAO. p.1-25. 2001 [cited 2018]

Ron, S. R. 2019. Base de datos de la colección de anfibios del Museo de Zoología QCAZ. Versión 1.0. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Disponible en <https://bioweb.bio/portal/> Consulta: ().

Ron, S., Yánez Muñoz, M. y Merino Viteri, A. (2017). Anfibios del Ecuador. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Ruiz-Carranza, P. M. y J.D. Lynch. 1995. Ranas Centrolenidae de Colombia VII. Redescripción de Centrolene andinum (Rivero 1968). Lozania (Acta Zoológica Colombiana): 1-12.

Santín A. y E. Vidal. 2012. Generación de una línea base de los reservorios de carbono de los páramos del PNP y evaluación de su aplicación como mecanismo de mitigación al cambio climático. Tesis Ing. Ambiental. Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 147 p.

Swets, J. A. (1988). Measuring the Accuracy of Diagnostic Systems. Science, 240, 1285–1293.

Thibeault, J. M., Seth, A., & Garcia, M. (2010). Changing climate in the Bolivian Altiplano : CMIP3 projections for temperature and precipitation extremes. GEOPHYSICAL RESEARCH, 115, 1–18. https://doi.org/10.1029/2009JD012718

Toranza C. 2011. Riqueza de anfibios de Uruguay: determinantes ambientales y posibles efectos del cambio climático. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas Subárea Ecología. Facultad de Ciencias, Universidad de la República. Uruguay. 67 p.

Ulloa U., C. & D.A. Neill. 2005. Cinco Años de Adiciones a la Flora del Ecuador 1999-2004. Funbotanica, Loja, Ecuador.

Uribe Botero, E. (2015). El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina.

Varela, L. A., Ron, S. R. 2018. Geografía y clima del Ecuador. BIOWEB. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. https://bioweb.bio/geografiaClima.html/

Wan, J. Z., Wang, C. J., & Yu, F. H. (2017). Spatial conservation prioritization for dominant tree species of Chinese forest communities under climate change. Climatic Change, 144(2), 303–316. https://doi.org/10.1007/s10584-017-2044-7

Ward D. F. “Modelling the potential geographic distribution of invasive ant species in New Zealand” Biological Invasions 9 (2007): 723-735. Ferrier S. “Mapping Spatial Pattern in Biodiversity for Regional Conservation Planning: Where to from Here?” Systematic Biology 51 (2002): 331-363.

Yan, D., Chen, W., Liu, L., Li, J., Liu, L., & Wang, Y. (2017). Change in current and future geographic distributions of Ulmus lamellosa in China. Journal of Forestry Research, 1, 1–10. https://doi.org/10.1007/s11676-017-0503-7

Zunino, M. & Palestrini, C. (1991). El concepto de especie y la biogeografía. Anales de Biología, 17(Biología Animal,6), 85-88.

6. ANEXOS

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

CAPITULO I

1. Cambio climático.

El cambio climático en un futuro tendrá efectos significativos sobre los diferentes organismos vivos y por ende sobre los ecosistemas. El cambio climático podría llegar a alterar el desarrollo, fisiología y hábitos de los individuos durante el crecimiento, reproducción y mitigación. La modificación en patrones de precipitación y el aumento de temperatura (Böhning-Gaese, Jetz, & Schaefer, 2008) alteran en algunas especies su distribución, tamaño, estructura y abundancia, esto conjuntamente con los efectos del cambio climático sobre el ciclo hidrológico, afectaría el funcionamiento, estructura y distribución de los ecosistemas y la interacción entre especies trayendo como consecuencia que los flujos y calidad de servicios ambientales prestados por los ecosistemas se alteren (Uribe Botero, 2015).

2. Sexto informe IPCC (Escenarios socioeconómicos compartidos SSP).

Según el informe más reciente del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio climático (IPCC, 2014) nos dice que más allá de las fluctuaciones naturales, el estado del clima y sus variaciones en un futuro dependerán de las emisiones antropogénicas generadas en el pasado y las que generen en el futuro, la contribución notable del ser humano no solo dependerá de los cambios en los sistemas físicos, sino que también de cómo vayan las transformaciones sociales del futuro. Por ejemplo, en el futuro las poblaciones no tendrán ligaduras a los niveles de gases de efecto invernadero (GEI) futuros, sino que se adaptaran y podrán afrontar los restos del cambio climático (Escoto Castillo et al., 2007).

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático aplica distintos escenarios para analizar los cambios que tendrán el uso de energía, en las emisiones y en la temperatura en un futuro. El sexto informe de evaluación (AR6) del organismo debería usar las nuevas trayectorias (SSP) adecuadamente a diferencia de las usadas anteriormente (RCP). En un

futuro el no aplicar políticas de acción climática tendrá como resultado el peor escenario posible. Para mantener el aumento de la temperatura global por debajo de 1,5 grados centígrados con relación a los niveles preindustriales se debe aplicar nuevas trayectorias realistas para constituir un mejor punto de referencia conjuntamente con un mejor esfuerzo político. El mundo podría guiarse a lo largo del siglo por cinco rutas tecnológicas y socioeconómicas que comprende las trayectorias socioeconómicas compartidas (SSP). Se considera que cada una emplea puntos de referencia en la cual no se establecerán políticas climáticas a partir del 2010, lo que provocara un calentamiento entre 3 y 5 grados centígrados por encima de los niveles preindustriales para 2100 (Hausfather y Peters, 2020).

3. Biodiversidad en Ecuador.

Cuando hablamos de biodiversidad hacemos énfasis a la gran variedad de organismos vivos que viven en una zona determinada. Se puede encontrar una variabilidad genética de una población de la misma especie y distintos ecosistemas, paisajes o regiones en donde se ubican los ecosistemas. Incluyendo los cambios ecológicos y evolutivos dentro de los genes, especies, ecosistemas y paisajes. Ecuador es uno de los países que poseen la mayor biodiversidad del planeta, esto no se limita a la cantidad de especies por área sino también a que posee distintos ecosistemas (Bravo Velásquez, 2014)

La gran diversidad de ecosistemas se debe a los siguientes factores:

- Nuestro país atraviesa la gran cordillera de los Andes lo que produce diferentes pisos altitudinales, cada uno con climas diferentes albergando diversidad de especies.
- El callejón interandino del Ecuador caracterizado por tener cadenas montañosas, valles interandinos, cada uno de estos valles y montañas posee su biodiversidad propia.
- Las corrientes marinas la cual se divide en zona norte y zona sur al norte, la corriente fría de Humboldt creando una zona más seca donde desarrollan flora y fauna adaptadas a las peculiaridades del clima de la región.

4. Espadarana prosoblepon.

Conocida comúnmente como rana de cristal variable pertenece al orden anura, familia

Centrolenidae se ubica en Centroamérica y el norte de Sudamérica, la especie se registra en Costa Rica, Panamá, Honduras, Nicaragua, Ecuador (en la vertiente pacífica) y en Colombia en el flanco oriental y occidental (Ruiz-Carranza y Lynch 1995, Kubicki 2007, Frost 2016). En Ecuador se encuentra en las provincias de Carchi, Azuay, Bolívar, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, El Oro, Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeraldas, en las regiones naturales del Bosque Piemontano Occidental, Bosque Húmedo Tropical del Chocó, Bosque Montano Occidental (Guayasamin et al., 2022).

La especie es de habito nocturno suele ser vista en la vegetación cerca de riachuelos, su reproducción se da en épocas de lluvia, los machos suelen cantar en las hojas para defenderse y las hembras permanecen con sus huevecillos por un tiempo aproximado de 131 minutos (Jacobson, 1985). *Espadarana prosoblepon* se ve amenazada por la el desarrollo agrícola, explotación forestal, cultivos ilegales, deforestación, actividad humana y contaminación por químicos (Bastos-Riascos et. al, 2017).

CAPITULO II

1. Distribución de especies.

Se conoce como área de distribución a aquella parte del área geográfica donde una especie interactúa de forma no efímera con el ecosistema (Zunino & Palestrini, 1991). Raramente se logra obtener registros únicos y aislados a varios kilómetros de distancia del área donde la especie se distribuye, esto no significa que deban ser considerados como miembros de la distribución más específicamente cuando los datos sean de carácter antropogénico (Baldo, Borteiro, Brusquetti, García & Prigioni, 2008) o puede que sea un hecho aleatorio. Según estudios se dice que si uno de estos registros tienen repercusión en el acervo genético de la especie y su hipótesis dentro de la ecología y en la biología de la conservación de la especie, ahí se la puede considerar como parte del área donde se distribuye la misma.

2. Modelamiento de nicho ecológico.

Un modelamiento de nicho ecológico es un modelo que relaciona los valores ambientales y los datos de presencia (presencia-ausencia y/o abundancia) que se conozcan de una especie. (Graham et al., 2004).

Guisan y Thuiller (2005) afirman que el modelado de nicho ecológico es el método más adecuado que existe actualmente para estimar la distribución geográfica y potencial de las especies y se han utilizado cada vez con más frecuencia para solucionar problemas en la naturaleza.

Para la realización de estos modelos se tiene que seguir una serie de pasos: como primer paso se recolectan los datos de entrada que vienen siendo los registros existentes de la presencia de una especie y las variables que detalla las condiciones ambientales de los sitios que posean una relación con la distribución espacial de la especie. Estos registros de ocurrencia se los obtiene de los muestreos realizados en campo, publicaciones científicas, colecciones de museo y bases de datos de biodiversidad tales como GBIF, iNaturalist, VerNet etc. Las variables ambientales que más se usa por lo general son las climáticas, edáficas, hidrológicas, se encuentran disponibles para el libre uso en numerosos sitios web (eg. WorldClim) presentados en formato ráster. Después procedemos asociar matemáticamente o estadísticamente los datos obtenidos de los registros de ocurrencia y variables ambientales mediante algoritmos de modelado específicos, obteniendo así la representación del nicho ecológico de la especie.

3. Algoritmos de modelamiento de distribución de especies.

MaxEnt, se fundamenta en el concepto de máxima entropía, utiliza una aproximación mecanicista con la que se puede realizar predicciones con información incompleta. Lo que MaxEnt estima es la distribución más uniforme seleccionada para el estudio, pero con la restricción de que el valor que se espera por cada variable ambiental en una distribución concuerde con el promedio empírico (Phillips et al., 2004, 2006).

BIOCLIM identifica las áreas con clima similar al de la zona donde habita la especie a esto lo llamamos envoltura climática. El algoritmo básico con el que trabaja el intervalo de clima se encuentra en los puntos para cada una de las variables climáticas que están involucradas en el estudio. Las suposiciones primordiales que utilizaremos en los modelos de envoltura climática son los siguientes: (1) la distribución de las especies están determinadas por el factor del clima. (2) la estadística de la distribución de las variables climáticas va a ser normal, y (3) por ultimo todas las variables que posean intervalos

restringidos influyen a la especie de interés (Illoldi-Rangel y Escalante, 2008).

GARP (genetic Algorithm for Rule-set Prediction, por su siglas en inglés) usa un algoritmo genético para buscar asociaciones entre la ocurrencia y las variables ambientales de las especies, comparándola a lo largo del área de estudio con las características ambientales. Obteniendo un remuestreo automático de los datos necesarios para crear una población de 1250 puntos de presencia. Un número similar se remuestrea en el área restante de estudio, en la cual la especie no ha sido registrada. Creando un total de 2500 puntos que se utilizaran para realizar los modelos y para su respectiva validación (Peterson y Nakazawa 2008).

4. Plataforma de geoprocesamiento espacial (Qgis).

QGIS, es una herramienta conocida de los sistemas de información geográficos de carácter gratuito y de libre acceso es decir es un software libre, multiplataforma y escalable gracias al desarrollo de plugins que trabaja con el lenguaje informático (Python y C++), siendo uno de los proyectos oficiales de Open Source Geospatial Foundation, la cual tiene como objetivo promover el desarrollo colaborativo de software de código libre para la geomántica. El Sistema de Información Geográfica (QGIS), hoy en día es un paquete de aplicaciones que sirven para el procesamiento de información geográfica muy preciado por una gran cantidad de usuarios, ya que permite recoger, almacenar, procesar, analizar, gestionar y presentar datos espaciales y geográficos de la misma forma que los programas comerciales o conocidos comúnmente como aplicaciones de pago (Baghdadi, 2020).