

Research Article

Potential Distribution Range of *Lycalopex culpaeus* Species (Molina, 1782) in the Province of Chimborazo

Rango de Distribución Potencial de la Especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782) en la Provincia de Chimborazo

Steven Andrés Romero Asqui*, Patricio Xavier Lozano Rodríguez, Margarita Aracely Armas Armas, and Carlos Aníbal Cajas Bermeo

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Recursos Naturales, Riobamba, Ecuador

ORCID

Steven Andrés Romero Asqui: <https://orcid.org/0000-0003-2835-0785>

VIII INTERNATIONAL
CONGRESS OF SCIENCE
TECHNOLOGY
ENTREPRENEURSHIP AND
INNOVATION (SECTEI 2021)

Corresponding Author:

Steven Andrés Romero Asqui;
email:

steven.romero@epoch.edu.ec

Published: 29 June 2022

Production and Hosting by
Knowledge E

© Steven Andrés Romero Asqui et al. This article is distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](#), which permits unrestricted use and redistribution provided that the original author and source are credited.

Abstract

Species distribution models are very useful for understanding and conserving the patterns and processes that explain biodiversity. The present study determined the potential distribution range of *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782) species in Chimborazo, Ecuador. A documentary research was conducted that included geographic and bibliographic information and the application of the MaxEnt software for data collection, estimation, and validation of the model. The results showed that the potential distribution range of the *L. culpaeus* species (Molina, 1782) modeled in the MaxEnt and filtered through the Jackknife test has a high predictive capacity, as indicated by the area under the curve (AUC) that reflects a value of 0.985 for which 28 occurrence sites and four environmental variables were used. The key environmental variables that shape the potential distribution of *L. culpaeus* (Molina, 1782) are temperature, precipitation, land use, and ecosystems. Therefore, in the province of Chimborazo, the habitat suitability for the *L. culpaeus* (Molina, 1782) species with a probability of >50% (0.49–0.99 points) corresponds to 34,255 hectares of its territory and is mainly found in the “paramo” grassland ecosystem in altitudes ranging from 2781 to 3345 masl.

Keywords: Biodiversity, Fauna, Habitat, MaxEnt.

Resumen

Los modelos de distribución de especies son de gran utilidad para entender y conservar los patrones y los procesos que explican la biodiversidad. En tal sentido el presente estudio determinó el rango de distribución potencial de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782) en la provincia de Chimborazo. Este proceso se llevó a cabo a través de métodos de investigación documental que incluye información geográfica y bibliográfica y la aplicación del software MaxEnt a través del cual se desarrolló la obtención de datos, la estimación y validación del modelo. Los resultados reflejan que el rango de distribución potencial de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782) modelado en MaxEnt y filtrado a través de la prueba de Jackknife posee una alta capacidad predictiva, tal como lo indica el área bajo la curva (AUC) que refleja un valor de 0,985, para el cual se utilizó 28 sitios de ocurrencia y cuatro variables ambientales. Las variables ambientales clave que dan forma a la distribución potencial de *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782) son temperatura, precipitación, uso de suelo y ecosistemas, por tanto en la provincia de Chimborazo la idoneidad de hábitat para la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782) con probabilidad mayor al 50 % (0,49-0,99 puntos) corresponde a 34.255

 OPEN ACCESS



hectáreas de territorio para su distribución, y se encuentra principalmente en el ecosistema herbazal de páramo, en rangos altitudinales que varían de los 2781 a los 3345 msnm.

Palabras Clave: *Biodiversidad, Fauna, Hábitat, MaxEnt.*

1. Introducción

La biodiversidad es la variedad de vida [1], es decir, es una inversión estratégica hecha por la naturaleza que asegura la competencia perpetua y la mejora progresiva de las formas de vida [2]. Esta incluye la variabilidad genética, los distintos ecosistemas, las regiones en donde se ubican los ecosistemas y los procesos ecológicos-evolutivos que se dan a nivel de genes, especies, ecosistemas y paisajes [3]; de esta forma, la importancia de la biodiversidad radica en su valor ecológico, cultural y económico ya que sustenta los servicios de los ecosistemas [4]. En este sentido, salvaguardar los recursos naturales es vital para el bienestar humano y la salud del planeta [5].

A pesar de su importancia, la biodiversidad [6] se ha ido reduciendo a lo largo de la historia y actualmente está sufriendo un rápido declive [7], convirtiéndose en un factor importante del deterioro del funcionamiento de los ecosistemas [8], y además provocando que la huella de la biodiversidad mundial entre 1995 y 2015 se incremente entre un 5% y 6% [9]. En consecuencia, el 84% de poblaciones de vertebrados ha disminuido desde 1970 [10], y según datos reportados por la [11], más de 37.400 especies de fauna evaluadas están amenazadas de extinción, es decir, actualmente las tasas de extinción son unas 1000 veces más altas [12], y esto se debe entre otros al crecimiento de la población humana, cambios en el uso de la tierra y el mar, al aumento del consumo per cápita, la introducción de especies exóticas y el sobrepastoreo [13–15].

Por otro lado, Ecuador es el sexto del grupo de 17 países megadiversos del mundo por la variabilidad de ecosistemas y especies de flora y fauna que posee [16], por tanto, adoptando los cambios taxonómicos más recientes del Comité Internacional de Ornitología (IOC), hasta julio del 2020 el Ecuador reporta 1718 especies de aves dentro del territorio [17]. El Ecuador es privilegiado puesto que alberga a la tercera anfibiofauna más numerosa a nivel mundial con un total de 643 especies [18]. Además, a pesar de ser un país pequeño, Ecuador posee el mayor número de especies de reptiles por unidad de área, con un total de 494 especies, distribuidas en: 35 especies tortugas, cinco cocodrilos y caimanes, tres anfisbénidos, 205 lagartijas y 246 culebras [19]. Adicionalmente, según la nueva lista oficial de mamíferos del Ecuador (versión 2021.1), en el país se reportan 457 especies de mamíferos [20].



En relación a la flora, Ecuador presenta 90 tipos de vegetación como bosques húmedos tropicales, bosques secos tropicales, matorrales xerofíticos, páramos y manglares [21]. Sin embargo, debido a actividades antrópicas los ecosistemas muestran cambios en su estructura y funcionamiento dando como resultado la pérdida de hábitats [22] y como consecuencia se pierden las interacciones ecológicas y las especies pueden presentar cambios en su abundancia y distribución, desplazamientos o extinción [23]. Por ejemplo, el Libro rojo de la plantas vasculares del Ecuador reporta que 3508 especies endémicas están amenazadas, es decir, el 46 % (2080) se consideran “Vulnerables” (VU), el 24 % está “En Peligro” (EN) y el 8 % se categoriza como “En Peligro Crítico” (CR) [24].

Bajo este contexto, la biodiversidad local ha procurado ser conservada a través de un sistema nacional de áreas protegidas [25], ya que es un mecanismo de conservación esencial para mitigar la pérdida de biodiversidad [26]. Estos espacios a pesar que difieren en sus objetivos y niveles de protección, son esenciales para conservar los recursos, reducir las extinciones [27] y asegurar los bienes y servicios ecosistémicos [28], por tanto, en Ecuador existen un total de 60 áreas protegidas que cubren una superficie de 18.409,843 ha [29], donde se conservan ecosistemas frágiles y se preservan poblaciones de especies que se encuentran con algún grado de amenaza [30]. Adicionalmente, en la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015-2030 se menciona que el SNAP continental y de Galápagos contribuyen aproximadamente con al menos el 15 % y 20 % del total del ingreso turístico del país [31], recalando no solo su importancia ecológica sino también como un sector que aporta a la economía del país.

Para lograr eficacia en el manejo de la biodiversidad es importante utilizar herramientas, como la planificación sistemática de la conservación (PSC), que se considera un estándar para definir sitios donde se pueden concentrar los esfuerzos de conservación [32]. Además, en los últimos años ha tomado fuerza el uso de técnicas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que mediante la simulación y modelación [33], permiten obtener información sobre distintas variables ambientales que actúan como predictores del estado de la biodiversidad [34]. Otra herramienta en auge es MaxEnt, un modelo de nicho que simula las distribuciones geográficas potenciales de especies a través del aprendizaje automático [35] y el principio de máxima entropía [36], la misma permite estudiar la relación existente entre las características ambientales, especialmente el clima y la elevación [37] con la ubicación de la especie [38].

En la provincia de Chimborazo, a pesar que su superficie está caracterizada por vegetación natural (24 %), donde el páramo representa el 36,9 %, los bosques andinos y altoandinos cubren el 8 % [39], la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo (RPFCh) en conjunto con el Parque Nacional Sangay (PNS) representan el 14,22 % has



de la provincia de Chimborazo, y que al mismo tiempo entre las demás modalidades de conservación (bosques protectores y el Programa Socio-Bosque Individual y Colectivo) cubren el 3,71 % de la superficie de la provincia [40]. Sin embargo, las actividades agropecuarias desarrolladas han degradado el 1 % de los suelos, modificando el paisaje original.

En adición, el patrimonio natural de la provincia no cuenta con información integrada de la biodiversidad salvo esfuerzos aislados que consideran elementos por separado. Por tanto, es indispensable conocer el rango de distribución potencial de las especies, ya que estos rangos, en particular de la especies de fauna, varían espacialmente con el tiempo [41] en respuesta a factores temporales y estacionales producto de la dispersión y el movimiento [42].

Es así que, durante las últimas dos décadas, los estudios sobre los patrones de distribución de las especies mediante modelos se han incrementado [43] convirtiéndose en un instrumento útil para la evaluación de la idoneidad del hábitat [44]. Esto a su vez, asegura los esfuerzos y las acciones de intervención [45], ya que permite la identificación de áreas prioritarias de conservación [46] y finalmente, constituye el hilo conductor en el desarrollo del conocimiento biogeográfico [47].

En este sentido, se propone el estudio del rango de distribución de especies de fauna silvestre que cumplen un rol específico dentro de la cadena trófica, tal es el caso de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782), un cánido que puede habitar los ambientes más fríos y secos [48]. Esta especie es un depredador de hábitos generalista y oportunista que cumple la función de controlar poblaciones de roedores silvestres de importancia zoonótica [49]; y a pesar que los periodos de fuerte restricción hídrica afecta severamente la disponibilidad de presas y la conducta alimentaria de esta especie [50], producto de las modificaciones en el ambiente [51], sus hábitos alimenticios como el consumo de semillas incrementa la probabilidad de dispersión de especies botánicas al pasar por su tracto digestivo, siendo eficaz para el *Schinus molle* y *Prosopis flexuosa* [52].

Con lo descrito anteriormente, el objetivo del presente estudio es determinar el rango de distribución potencial de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782) en la provincia de Chimborazo, considerando que es una especie vulnerable, debido a las amenazas producto de la caza, la depredación por perros salvajes y domésticos [53], adicionalmente son pocos los registros de su rango de distribución actual [54]. El proceso inicia con la caracterización biogeográfica y etológica de la especie, posteriormente se realiza un análisis de los sitios de ocurrencia de la especie a nivel nacional, y finalmente se genera el rango de distribución potencial de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782).

2. Materiales y Métodos

2.1. Área de estudio

La provincia de Chimborazo se ubica en el centro del Ecuador, tiene una extensión de 6578,10 km², su rango altitudinal va desde los 135 msnm hasta los 6268 msnm. Los límites de la provincia son:

Norte: provincia de Tungurahua,

Sur: provincia de Cañar,

Este: provincias de Morona Santiago y de Cañar

Oeste: provincias de Bolívar y Guayas [55].

Hay que recalcar que la provincia cuenta con aproximadamente 24.6000 ha de páramo y 49.571 ha de bosque andino y altoandino [39]. Estos ecosistemas se configuran como los principales ecosistemas donde habita la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782).

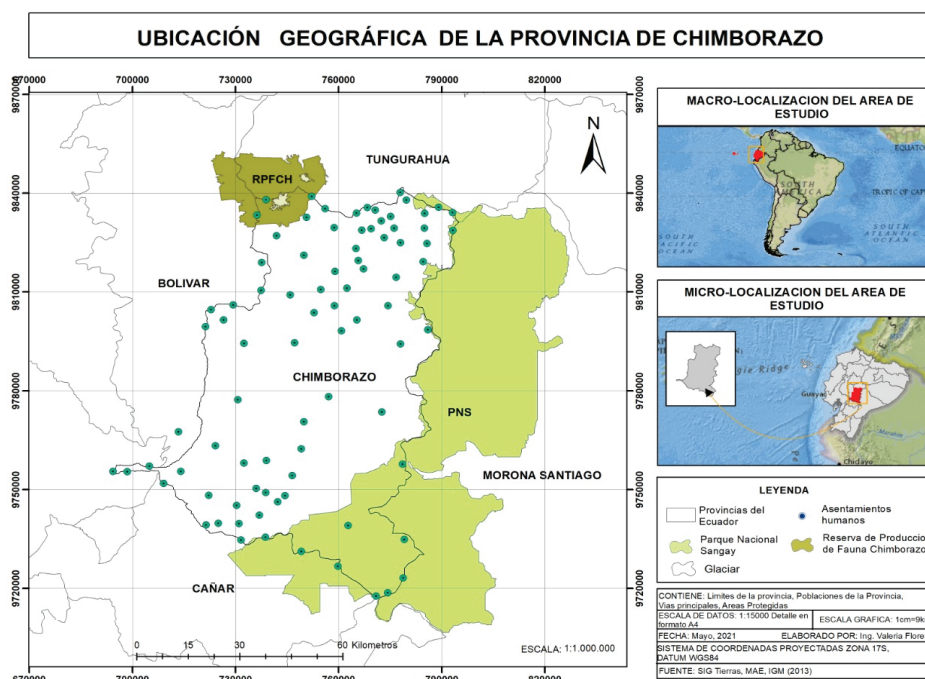


Figure 1

Ubicación geográfica del área de estudio.



2.2. Métodos

Para el desarrollo del presente estudio se utilizó información que proviene de diferentes repositorios y fuentes bibliográficas, así como de la aplicación y uso de software y herramientas SIG, por tanto se consideraron métodos analíticos y descriptivos y diversos procedimientos que se describen a continuación:

2.2.1. Caracterización biogeográfica y etológica de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782)

Se caracterizó biogeográfica y etológicamente la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782) aplicando el método de investigación documental, para lo cual se consultaron tres fuentes de información secundaria correspondientes a artículos científicos y académicos. Posteriormente esta información se complementó con la revisión de literatura gris, tomando en cuenta nueve criterios: orden, familia, categoría de conservación nacional, categoría de conservación global, principales amenazas, comportamiento, biogeografía, ecología trófica y reproducción [56–58].

2.2.2. Análisis de los sitios de ocurrencia de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782)

Se aplicó el método de investigación documental para recolectar datos de ocurrencia de la especie dentro del territorio ecuatoriano, mediante la revisión de seis fuentes de información, los mismos que se encuentran a disposición en varios portales en línea. La tabla 1 muestra los portales y fechas de consulta de los datos de ocurrencia de la especie:

Posteriormente se estandarizó el sistema de coordenadas transformándolos al Sistema UTM (Universal Transverse Mercator), zona 17S, datum WGS84. Es importante resaltar que dado el continuo desarrollo en la investigación de especies, constantemente son reclasificadas, lo que provoca que en ocasiones existan registros inusuales y sea necesaria una depuración de estos.

Posteriormente, se procesaron los datos de ocurrencia mediante el uso del software *ArcGis* 10.3 y se crearon mapas, a partir de los cuales se determinaron los elementos que condicionan el hábitat de la especie, considerando los siguientes criterios: a) ecosistemas y formación vegetal, b) precipitación, c) temperatura, d) recursos hídricos, e) uso de suelo, f) vías y g) asentamientos humanos. Además, se calculó la altitud de cada sitio de ocurrencia (para determinar la altitud media en la que se encuentra la

**Table 1**

Portales y fecha de consulta de los datos de ocurrencia de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782).

Portal	Variables observadas	Responsable	Verificación	Mapa	D abiertos	Fecha de consulta
iNaturalist	Especies: distribución, interacción	ONG	Com, F, S	Sí	Sí	Septiembre, 2019
iSpot	Especies: distribución	ACA	Com, F	Sí	Sí	Septiembre, 2019
Natusfera	Especies: distribución, interacción	GOB	Com, F, S	Sí	Sí	Septiembre, 2019
Observation.org	Especies: distribución, fenología	ONG	Exp	Sí	Sí	Septiembre, 2019
Gbif	Especies: distribución	GOB	Com, F,	Sí	Sí	Agosto, 2019
Vernet	Especies: distribución	ACA	Com, Exp	Sí	Sí	Agosto, 2019

* **Responsable:** Institución académica o de investigación (ACA), Organización gubernamental (GOB), Organización no gubernamental (ONG); ***Verificación:** Comunidad (COM), Expertos (EXP); se puede basar en Foto (F), sonido (S) o en la propia cita, según programa; ***D abiertos:** disponibilidad de los datos para su descarga. **Fuente:** Elaborado a partir de Romero, 2020 [59]

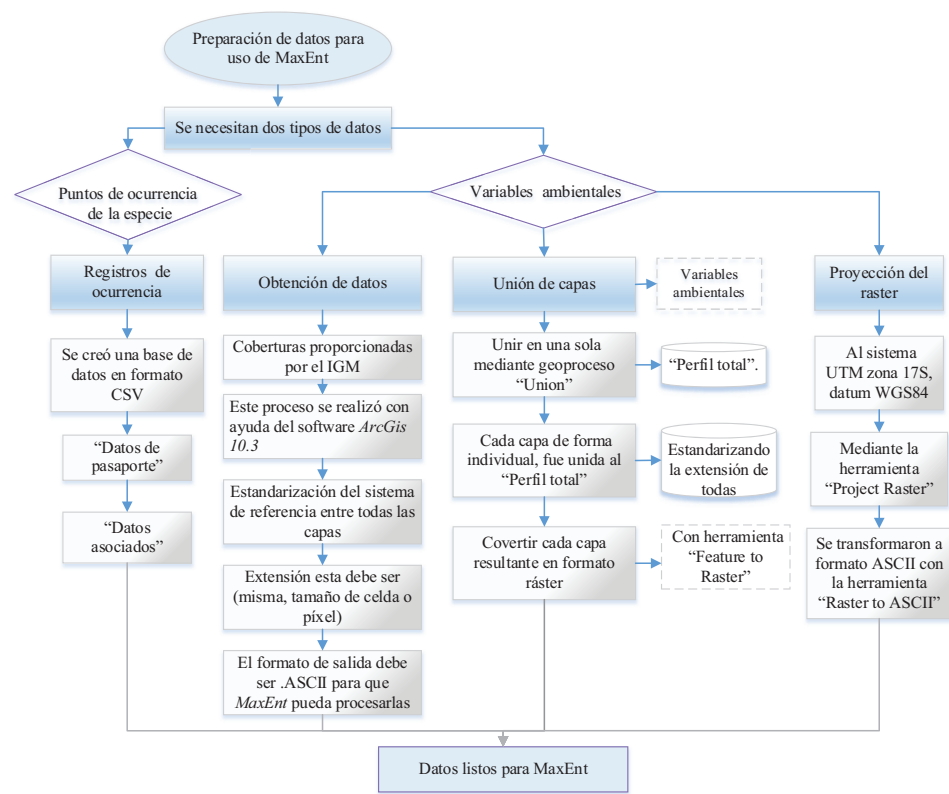
especie). Finalmente, la información obtenida fue consolidada en un instrumento que registra los mínimos, máximos y medios de cada uno de los criterios mencionados [59].

2.2.3. Procedimiento para la generación del rango de distribución potencial de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782)

Se generó el rango de distribución de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782), mediante dos procedimientos. En primera instancia se realizó el tratamiento de datos para el uso de MaxEnt, el mismo que consideró dos tipos de datos (puntos de ocurrencia y variables ambientales) y cuatro criterios. La figura 2 muestra el procedimiento a seguir:

Una vez preparados los datos se ejecutó el segundo procedimiento que consistió en la aplicación del software MaxEnt [60], el mismo que desarrolló tres etapas, cuatro variables y 17 microprocesos (Fig. 3), los cuales permitieron ingresar los datos en el software, calibrar los entrenamientos del modelo, y generar y validar el modelo de distribución de la especie.

En la etapa uno que corresponde a “Datos”, en primera instancia se formuló una base de datos con cuatro campos fundamentales o también llamados “Datos de pasaporte”

**Figure 2**

*Rango de distribución potencial *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782).*

estos fueron: el identificador o número de registro, el nombre de la especie, la coordenada de latitud y la de longitud. Esta base de datos debe tener el formato de salida CSV. En segunda instancia, para las variables ambientales, se utilizó capas generadas por el [61], que deben cumplir en conjunto con los siguientes requisitos: el sistema de referencia debe ser el mismo, la extensión debe ser la misma, al igual que el tamaño de celda o píxel. Estos archivos deben tener el formato de salida .ASCII, indicando el tipo al que pertenecen (categóricas o continuas) este procedimiento se realizó con el software ArcGis versión 10.3

A continuación, previo a la ejecución del software en la pestaña de ajustes se señalaron las opciones: crear curvas de respuesta ("Create response curves") y hacer prueba de jackknife ("Do jackknife to measure variable importance"), para conocer cuáles fueron las variables de mayor relevancia. Además, se le permitió al software tomar una muestra al azar de los datos de ocurrencia (25%) con la opción "Random seed" y se seleccionó la opción "Remove duplicate presence records" con el fin de eliminar entradas duplicadas. Adicionalmente, con el objetivo de calcular la variabilidad del modelo se aumentaron el número de réplicas a diez, y por último se incrementaron



las iteraciones a 5000 para que el software tenga el tiempo apropiado para realizar el algoritmo y así evitar sobreestimaciones o subestimaciones.

En la etapa dos que corresponde a “Estimación” se realizó dos modelamientos de la especie en Maxent, a partir de las cuales fue posible determinar el rango de distribución. En la primera ejecución se creó 30 modelos: a) diez modelos con formato de salida Acumulativo (Cumulative), b) diez modelos con formato de salida Crudo (Raw), y c) diez modelos con formato de salida Logístico (Logistic). Posteriormente, se analizó y escogió el modelo más confiable y teniendo en cuenta los resultados de la prueba de Jackknife se definieron las variables más relevantes y menos correlacionadas para el modelo, las cuales a su vez permitieron realizar la segunda ejecución con la que se definió el rango de distribución potencial definitivo. Posteriormente, de acuerdo con los resultados de este análisis, se realizó el proceso nuevamente, pero ahora con las variables ambientales más importantes, optimizando de esta forma el modelo.

En la etapa tres que corresponde a “Validación” se escogió el modelo más eficiente basándose en los estadísticos: gráfico de omisión, Curva ROC y Área bajo la curva AUC, propiciados por el mismo programa. Los valores de AUC pueden ser interpretados como la probabilidad de que, cuando se seleccione al azar un punto de presencia y uno de ausencia, el punto de presencia tendrá un valor mayor de idoneidad o probabilidad sobre el modelo [62]. Finalmente teniendo en cuenta la guía general que ofrecen [63], para la clasificación de un modelo en función del AUC se considera una ponderación que va de 0,5 a 1; donde:

1. 0,5 - 0,6 = insuficiente;
2. 0,6 – 0,7 = pobre;
3. 0,7 – 0,8 = promedio;
4. 0,8 – 0,9= bueno;
5. 0,9 – 1= excelente.

La figura 3 explica el procedimiento para la aplicación del software MaxEnt:

Finalmente, es importante resaltar que la modelación del rango de distribución potencial de la especie fue realizada a nivel nacional, debido a la disponibilidad de datos de registros de ocurrencia de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782), de la cual se definieron 34 puntos de registro y después de eliminar los puntos duplicados, se obtuvieron 28 sitios de ocurrencia. Por último, se llevó a cabo el análisis a nivel de la provincia de Chimborazo.

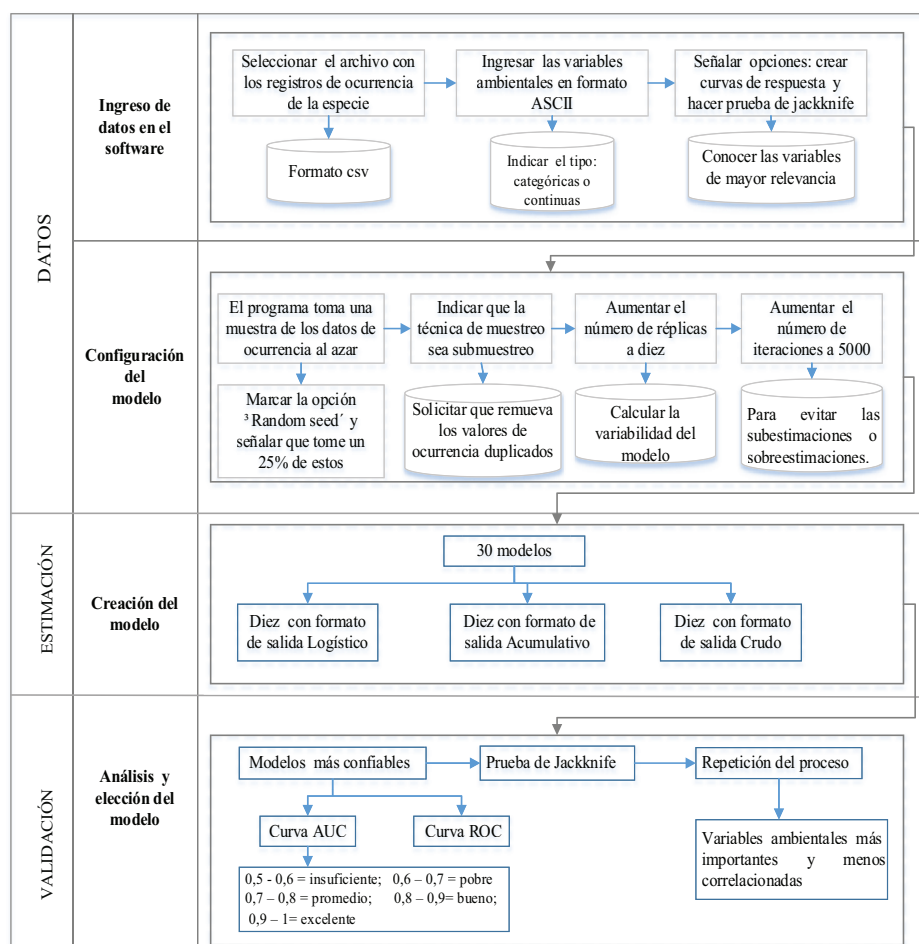


Figure 3

Aplicación del software MaxEnt.

3. Resultados y Discusión

3.1. Resultados

3.1.1. Biogeografía y etología de la especie

El *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782), conocido comúnmente como lobo de páramo o zorro andino es considerada una especie de hábitos diurnos y nocturnos [64], y en ocasiones diurna [65]. Esta conducta tiene relación directa con la presión de caza ya sea deportiva o por retaliación [66], por lo que puede verse modificada según la zona geográfica donde se encuentren los individuos [67].

Es una especie principalmente distribuida en el Neotrópico en zonas altoandinas desde el sur de Colombia hasta la Tierra de fuego alcanzando hasta los 4800 m de



altitud, ocupando gran variedad de hábitats, pasando por bosques templados hasta páramos donde prefieren áreas abiertas con climas fríos [68–71]. Esta especie con adaptación a diferentes hábitats puede utilizar su entorno de acuerdo a su abundancia [70,72]. La tabla 2 describe los datos principales de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782):

Table 2

Datos principales de la especie Lycalopex culpaeus (Molina, 1782).

Nombre común (español)	Zorro andino
Nombre común (inglés)	Culpeo
Orden	Carnívora
Familia	Canidae
Categoría de conservación nacional	Vulnerable
Categoría de conservación global	Preocupación menor
Principales amenazas	Caza deportiva y furtiva Pérdida y fragmentación del hábitat.
Comentarios	Especie anteriormente referida dentro de los géneros <i>Dusicyon</i> , <i>Pseudalopex</i> y <i>Lycalopex</i> .

Fuente: Elaborado a partir de Romero, 2020 [59]

Es una especie altamente carnívora, existen registros que muestran que puede depredar presas de gran tamaño como camélidos y comparado con otras especies de cánidos de Sudamérica es el que más las consume [73]. No obstante, su dieta está compuesta esencialmente de pequeños mamíferos y otros vertebrados como aves y reptiles, además de insectos. Esporádicamente puede consumir frutas y semillas, de acuerdo con la oferta del medio, por esta razón se la considera una especie oportunista [56,71,74,75].

La dieta del lobo de páramo en el territorio ecuatoriano está compuesta por presas y especies vegetales [71,76] que se describen en la tabla 3 a continuación:

3.1.2. Sitios de ocurrencia de la especie

Para efectos de esta investigación se registraron 34 puntos de ocurrencia, y a través del procesamiento de los datos, se validaron 28 puntos de ocurrencia; a partir de los cuales se pudo determinar los elementos que caracterizan el hábitat de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782). Los resultados de los elementos que condicionan el hábitat de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782) se muestran en la tabla 4:

Los registros de *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782) a nivel del Ecuador se encuentra en zonas con altitudes que van de los 2613 a los 5120 msnm, habitan zonas con temperatura de 0 °C a 15 °C, se encuentra en zonas con precipitaciones de 553,5 mm a

**Table 3****Fuente:** Elaborado a partir de Romero, 2020 [59].

Ítems Tróficos			Nombre Común	Provincia de Registro
Artrópodos	Carabidae	<i>Heterogomphus</i> sp.	N/A	Pichincha
	Ortóptera	N/A	N/A	
	Scorpionida	N/A	N/A	
Mamíferos	Artiodactyla	<i>Lama glama</i> <i>Ovis orientalis</i> <i>Vicugna pacos</i> <i>Vicugna vicugna</i>	Llama Borrego Alpaca Vicuña	Chimborazo
	Didelphimorphia	<i>Didelphis marsupialis</i> <i>Didelphis pernigra</i>	Zarigüeya común de orejas negras Zarigüeya andina de orejas blancas	Chimborazo Pichincha
	Lagomorpha	<i>Sylviagus andinus</i> <i>Sylviagus brasiliensis</i>	Conejo andino Conejo brasileño	Pichincha Chimborazo
	Paucituberculata	<i>Caenolestes fuliginosus</i>	Ratón marsupial sedoso	Chimborazo
	Rodentia	<i>Akodon mollis</i> <i>Phyllotis haggardi</i> <i>Rattus rattus</i> <i>Reithrodontomys soederstroemi</i> <i>Thomasomys paramorum</i>	Ratón campestre de pelaje delicado Ratón orejón de haggard Rata doméstica Ratón cosechador de soderstrom Ratón andino de páramo	Chimborazo, Pichincha Pichincha Pichincha Pichincha Chimborazo
Aves	Columbiformes	<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola orejuda	Chimborazo
	Passeriformes	<i>Columbina passerina</i> <i>Metriopelia melanoptera</i> <i>Patagioenas fasciata</i> N/A	Tortolita común Paloma de collar Paloma de collar N/A Gallo o gallina	Pichincha Pichincha Chimborazo Pichincha
	Galliformes	<i>Gallus gallus</i>		
Botánica	Vegetales	<i>Annona cherimolia</i> <i>Carica papaya</i> <i>Pisum sativum</i> <i>Zea mays</i> <i>Passiflora mixta</i> <i>Persea americana</i>	Chirimoya Papaya Arveja Maíz Taxo Aguacate	Pichincha

Fuente: Elaborado a partir de Romero, 2020 [59]

1775,4 mm. Los principales ecosistemas en los que habita esta especie son: a) herbazal del páramo (50 %); b) en zonas de intervención (17,8 %), c) en el ecosistema bosque

**Table 4**

*Elementos que condicionan el hábitat de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782).*

Altitud	Mínimo	Máximo	Media
	2613 msnm	5120 msnm	3713,9 msnm
Temperatura	Mínimo	Máximo	Media
	0°C	15°C	6,6°C
Precipitación	Mínimo	Máximo	Media
	553,5 mm	1775,4 mm	1301,4 mm
Ecosistemas y formación vegetal	Herbazal del páramo	Zonas de Intervención	
	50%	17,8%	
Recursos Hídricos	Cuenca Río Napo	Subcuenca Coca	Río 35,7%
		Subcuenca Jatunyacu	Río 10,7%
Uso de suelo	Páramo	Zonas erosionadas	
	50%	14,3%	
Vías	Mínimo	Máximo	Media
	387,6 m	19661,5 m	8499,5 m
	Autopistas	Carretera pavimentada de dos o más vías	
	46,4%	53,6%	
Asentamientos humanos	Mínimo	Máximo	Media
	148,6 m	20883,1 m	7672,5m

¹**Mínimo, Máximo, Media:** *Altitud: msnm= metros sobre nivel del mar; *Asentamientos humanos m= metros de distancia desde un punto de ocurrencia hacia el asentamiento humano más cercano; *Vías m= metros de distancia desde un punto de ocurrencia hacia la vía más cercana. **Fuente:** Elaborado a partir de Romero, 2020 [59]

siempreverde montano alto del norte de la cordillera oriental de los Andes (3,6 %), d) en el ecosistema arbustal siempreverde montano del norte de los Andes (3,6 %), e) en el ecosistema bosque siempreverde del páramo y el restante (3,6 %) y f) en otras áreas (21,4 %).

La especie se localiza principalmente en la subcuenca del río Coca (35,7 %) y en la subcuenca del río Jatunyacu (10,7 %). Por otra parte, considerando el uso de suelo la especie se distribuye en el siguiente orden: a) en el páramo (50 %), b) en zonas erosionadas (14,3 %), c) en pasto cultivado (10,8 %), d) en nieve (10,8 %), e) en cultivos de ciclo corto (7,1 %), f) en pasto natural (3,5 %) y g) en bosque intervenido (3,5 %).

Respecto a las distancias desde un punto de ocurrencia hasta centros poblados, la distancia más próxima se encuentra a 148,6 m; mientras que la distancia más alejada está a 20.883,1 metros, y una media de 7672,5 metros de distancia [59].

La figura 4 muestra los elementos: ecosistemas, temperatura, uso del suelo y altitud; mismos que, condicionan el hábitat de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782):

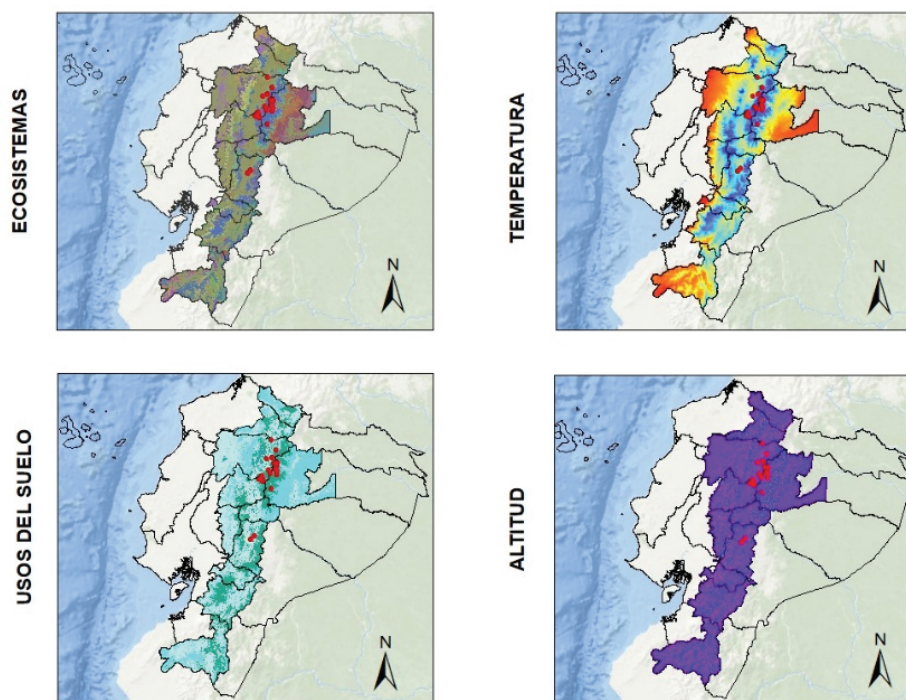


Figure 4

Elementos que condicionan el hábitat de la especie Lycalopex culpaeus (Molina, 1782).

3.1.3. Rango de distribución potencial de la especie

Se presentan dos modelos de distribución de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782), el primero identificó las variables ambientales relevantes, y el segundo, optimizó el rango de distribución de la especie.

3.1.4. Modelamiento para identificar variables ambientales relevantes

(i) Gráfico de omisión

La figura 5 muestra respecto a una omisión predicha, cómo varían las omisiones de la predicción calculadas en el modelo. De este gráfico resulta importante entender que si la línea de test de omisión (Omission on test samples - línea turquesa) cae en ciertos puntos por debajo de la línea de omisión predicha (Predicted omission - línea negra) indica que las muestras utilizadas para el test y las de entrenamiento no son independientes [59], y eso es correcto pues, en los ajustes básicos previo a la ejecución

del modelo, se indica al programa que tome una muestra de los datos de ocurrencia al azar para el test, exactamente el 25% de estos. Considerando la definición del umbral acumulativo que indica que la tasa de omisión debe estar cerca de la omisión predicha [77], este modelo resulta confiable.

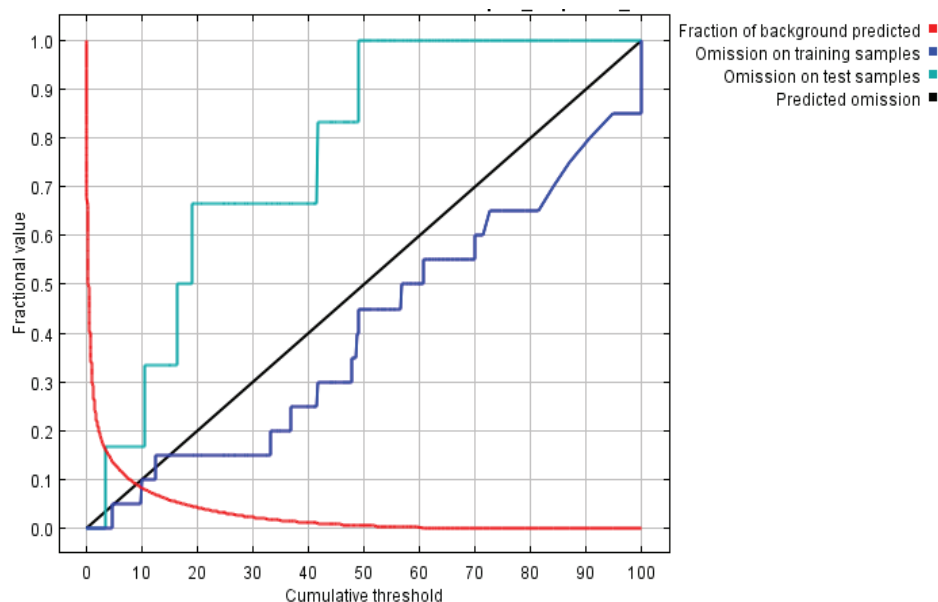


Figure 5

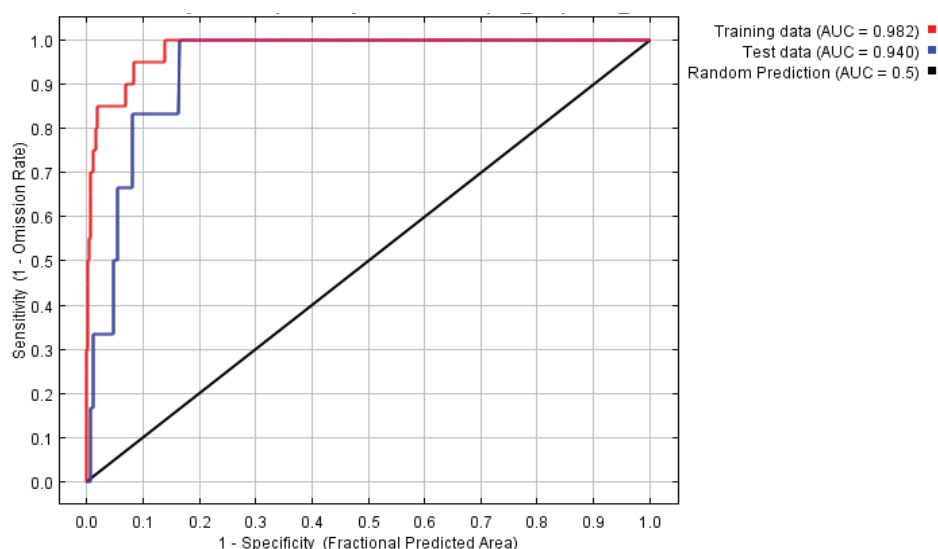
Gráfico de omisión de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782).

(ii) Curva ROC (Receiver Operating Characteristic) y AUC (Area Under the Curve)

Para los datos de entrenamiento, así como para los de prueba, la figura 6 muestra la curva ROC para la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782). Además se provee el área bajo la curva ROC (AUC), que es una métrica independiente del umbral de uso común para la evaluación de los modelos de distribución de especies ajustados a los datos reales de presencia y ausencia [78]. Bajo este contexto, esta se convierte en la representación gráfica de la capacidad discriminativa que posee el modelo [79]. En este caso el valor de AUC de 0,98 significa que existe un 98 % de probabilidades de que el modelo pueda distinguir correctamente entre presencias y ausencias, o dicho de otra forma, significa que posee una excelente capacidad predictiva.

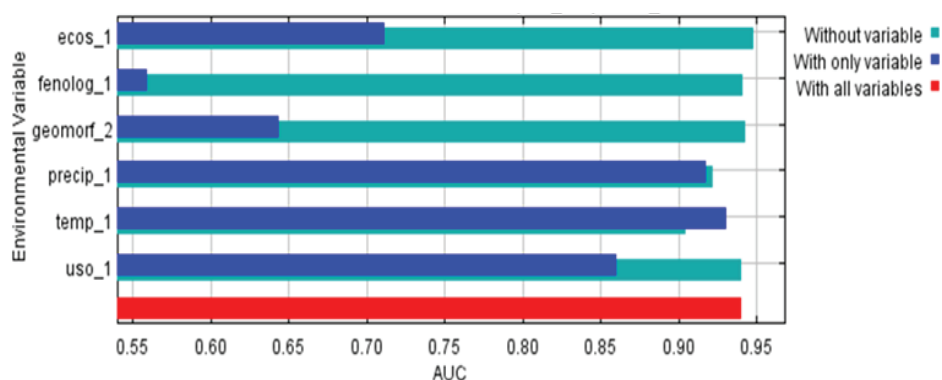
(iii) Prueba de Jackknife

El análisis de la prueba de Jackknife permitió determinar las variables de mayor contribución con el fin de optimizar el modelo. La variable que tiene información más útil por sí misma es temperatura, la cual tiene una mayor ganancia al ser usada de forma aislada. Además, al omitirse, es la variable que más disminuye la ganancia, lo

**Figure 6**

Curva ROC y área bajo la curva AUC de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782).

cual indica que es la menos correlacionada y tiene la mayor cantidad de información que no está presente en otras variables. Otras variables relevantes en este análisis fueron precipitación, uso de suelo y ecosistemas (Fig. 7).

**Figure 7**

Prueba de Jackknife de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782).

Subsecuentemente, el modelo fue ejecutado nuevamente, esta vez con las variables resultantes del análisis de la prueba de Jackknife.

3.1.1.1 Modelamiento para optimizar el modelo de distribución potencial

(i) Gráfico de omisión (modelo optimizado)

Debido a la definición del umbral acumulativo, la línea de tasa de omisión (Omission on test samples - línea turquesa) debe encontrarse cerca de la línea de omisión predicha (Predicted omission - línea negra). En la figura 8, se puede apreciar que estas líneas se ajustan mejor que en la primera ejecución.

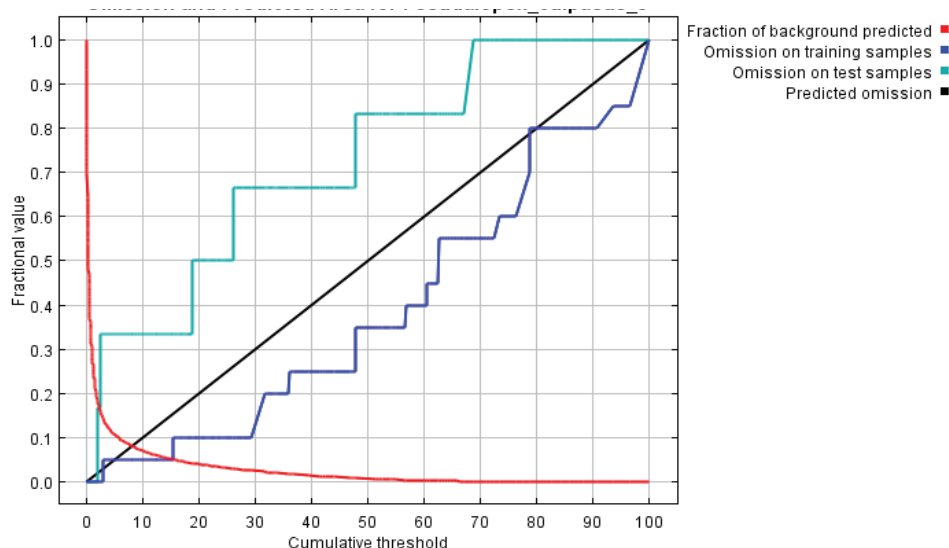


Figure 8

Gráfico de omisión de la especie *Lycalopex culpaeus* *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782) (modelo ajustado).

(ii) Curva ROC (Receiver Operating Characteristics) y AUC (Area Under the Curve) (modelo optimizado)

El rendimiento del modelo mejoró en 0,003 puntos con respecto a su ejecución previa, alcanzando un valor de AUC de 0,985, es decir que tiene una excelente capacidad predictiva.

3.1.1.2 Mapa de distribución potencial (modelo optimizado)

Considerando las ventajas de MaxEnt [80], a continuación se muestra el mapa de distribución potencial para la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782) en la provincia de Chimborazo (figura 10). La distribución potencial de la especie modelado por el software (MaxEnt) a partir de 28 puntos de ocurrencia y las resultantes cuatro variables ambientales (temperatura, precipitación, uso de suelo y ecosistemas) filtradas por la prueba de Jackknife, muestra que el hábitat para dicha especie es el ecosistema Herbazal de páramo, en rangos altitudinales que varía de los 2781 a los 3345 msnm. La temperatura de este hábitat varía de los 14°C a 15°C y presenta una precipitación de 750 mm a 1250 mm anuales. Adicionalmente los usos del suelo en donde habita esta especie son páramo y áreas agropecuarias.

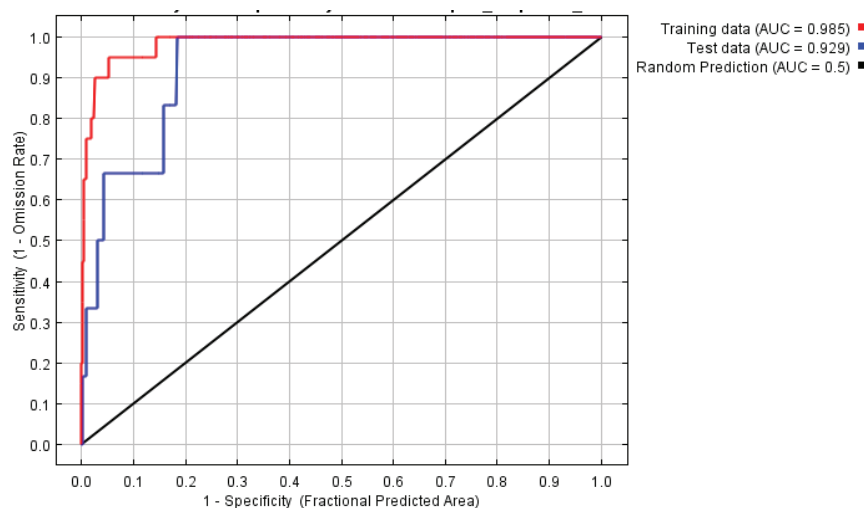


Figure 9

Curva ROC y área bajo la curva AUC de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782) (modelo ajustado).

3.2. Discusión

3.2.1. Biogeografía y etología de la especie

La especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782), conocido como zorro andino, es un cánido que se distribuye por los Andes y las regiones montañosas de América del Sur desde Colombia hasta Tierra del Fuego [81], incluye Perú [82], Chile [83] y Argentina, donde se ha demostrado que las poblaciones *culpaeus* está presente tanto en áreas naturales como ganaderas, lo que parece indicar que este cánido es capaz de adaptarse a diferentes circunstancias ecológicas [84]. En Ecuador habita en los pisos zoogeográficos temperado y altoandino [85], en las provincias de Chimborazo, Cañar, Azuay, Loja, Napo, Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar, Morona Santiago, Zamora Chinchipe y El Oro [69].

La dieta de esta especie está compuesta de mamíferos pequeños como especies de ratones silvestres como *Microryzomys minutus*, *Reithrodontomys soderstromi millei*, *Oligoryzomys sp.* y *Reithrodontomys soderstromi* [86], especies de aves como mirlo (*Turdus merula*) y gallina (*Gallus gallus*) [56], escarabajos del género *Platycoelia*, otros insectos, además de frutos de pimienta [87]. Sin embargo, existen registros en la Patagonia Argentina, que muestran que este cánido puede depredar presas de gran tamaño, como camélidos, lo que sugiere un potencial trófico mayor al observado en

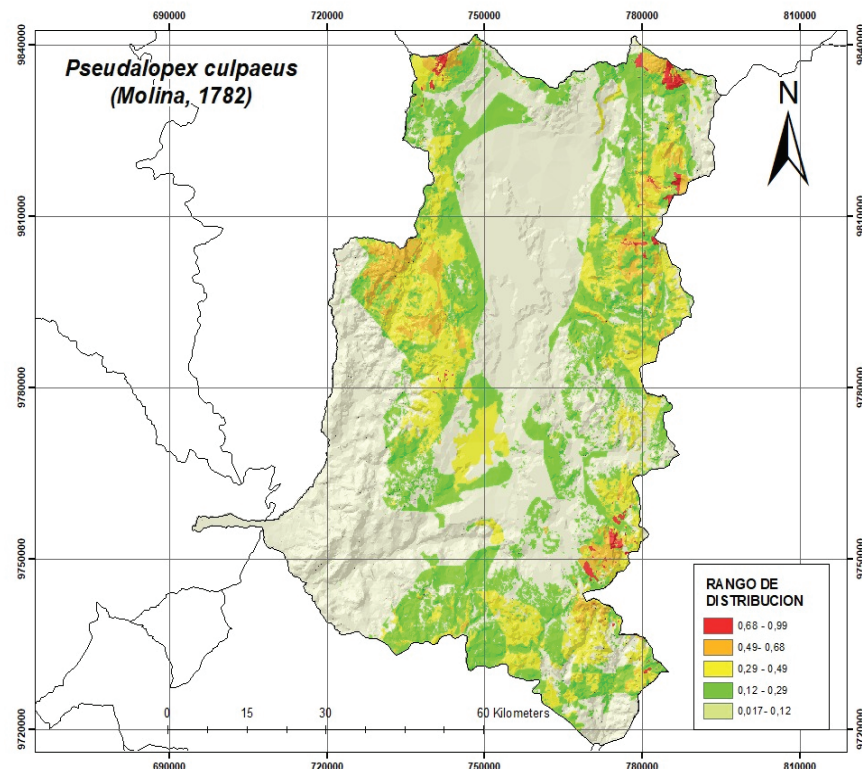


Figure 10

Distribución potencial de la especie Lycalopex culpaeus (Molina, 1782) (modelo ajustado).

términos generales [48,73]. Adicionalmente, su importancia radica en el hecho de que son reguladores y limitadores de población, recolectores, presa de otros depredadores, facilitadores, agentes catastróficos o portadores de patógenos que intervienen en la dinámica de sus poblaciones y de los ecosistemas [88].

Los machos y hembras del *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782), alcanzan la madurez sexual a partir del primer año [89]. Las hembras son monoóstricas, es decir que presentan un solo ciclo estral, con un período de gestación entre 55 y 60 días [90]. Las crías del *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782), pesan alrededor de 66 g y miden 165 mm de longitud, a los dos días de nacidos y en un lapso de siete meses pueden adquirir el tamaño de un adulto [53].

3.2.2. Sitios de ocurrencia de la especie

En el presente estudio se validaron 28 puntos de ocurrencia a partir de los cuales se pudo determinar los elementos que caracterizan el hábitat de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782), sin embargo, son menores en comparación a los 66 puntos de distribución de *A. mongolicus* y 57 puntos de distribución de *A. nanus* [91]. Así entonces



Figure 11

Lycalopex culpaeus (Molina, 1782). Chimborazo, Reserva de Producción de Fauna Chimborazo. **Foto:** Romero, 2020 [59].

los resultados de los elementos que condicionan el hábitat de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782) son tipos de ecosistemas, temperatura, uso del suelo y altitud, no obstante en un estudio realizado para *Taiwania cryptomerioides* y para *Neoseiulus californicus*, McGregor identificaron adicional a la altitud, la temperatura media anual, la precipitación del mes más seco y la precipitación del trimestre más húmedo como los factores esenciales que configuran la disponibilidad de hábitat de las especies [35,92].

Considerando las variables ecosistemas, temperatura, uso del suelo y altitud, se menciona que la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782), dentro de la provincia de Chimborazo, está distribuido en zonas altas en un rango altitudinal que va desde los 2781 a los 3345 msnm, concordando con un estudio realizado en el Parque Nacional Podocarpus, donde la especie estuvo presente a partir de los 2600 msnm [93], sin embargo, este rango difiere de un estudio realizado en el sureste de Ecuador, donde se encontró que la especie puede ubicarse a 1353 msnm, es decir 1247 m bajo la cota de referencia previa [58].

El hábitat para la especie en la provincia de Chimborazo es el ecosistema herbazal del páramo, no obstante en Argentina se determinó que la especie está presente en plantaciones de pino, fragmentos de bosques y bosques continuos [72], en Chile



la especie prefieren áreas más abiertas, con menor cobertura vegetal y cerca de carreteras, que correspondía a plantaciones de pinos [94], y en Colombia la especie habita en zonas boscosas y que ocasionalmente suele salir a zonas más abiertas [95]. Adicionalmente, en un estudio realizado en el año 2016 se determinó que *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782) se encuentra en ecosistemas abiertos áridos o semiáridos con climas fríos y tierras altas [96]. Finalmente otro estudio realizado en 2015 se determinó que las áreas donde habita esta especie son páramo y áreas agropecuarias, y los usos en estas áreas están relacionadas a la presencia de ganado lo que puede reflejar una correlación negativa con la presencia de la especie *Lycalopex culpaeus* [97], situación que resulta similar en este estudio.

3.2.3. Rango de distribución potencial de la especie

El rango de distribución del *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782) se determinó mediante la aplicación de MaxEnt, un software que en este análisis mostró una excelente capacidad predictiva, y que en general ha creado un nuevo dinamismo a la disciplina biogeográfica [47], pues es ampliamente utilizado para crear modelos de distribución de especies [98–100] y el software ArcGIS. De esta forma el conjunto de datos de entrenamiento y el modelo optimizado reflejaron un AUC de 0,98 y 0,985 respectivamente, lo que indica que ambos modelos se desempeñaron bien y generaron evaluaciones excelentes [101], lo que concuerda con otro estudio [91], donde el conjunto de datos para AUC fueron 0,983 y 0,966; así también los resultados muestran similitud con los datos para las especies *A. mongolicus* y *A. nanus* donde el AUC fue de 0,998 y 0,989 respectivamente. Sin embargo estos datos son superiores a los generados para *Chrysocyon brachyurus*, donde el modelo de nicho resultante para AUC fue de $0,89 \pm 0,02$ [102], y para una de la especie *Thymallus thymallus* que reflejan un AUC de 0.902 y 0.895 [103].

Para eliminar la influencia de la multicolinealidad en el proceso de modelado y seleccionar las variables más ajustadas que muestren altos grados de contribución al modelo, para *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782) se consideraron seis variables que posteriormente a través de la prueba de Jackknife se filtraron y se trabajó con cuatro variables (temperatura, precipitación, uso de suelo y ecosistemas) las cuales explican el 0,982 de variabilidad, lo que resulta similar a otro estudio [104], donde se consideró dos variables ambientales (temperatura y precipitación con sus valores mínimos, máximos y medios). Sin embargo los resultados de este estudio difieren de otros; donde se utilizó un mayor número de variables ambientales, con un total de 19 [105], así como otro estudio donde se seleccionó 22 variables pero solo mantuvo diez variables para establecer el modelo de distribución potencial de la especie *A. philoxeroides* [106].



4. Conclusiones

En la provincia de Chimborazo la idoneidad de hábitat para la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782) con probabilidad mayor al 50 % (0,49-0,99 puntos) corresponde a 34.255 hectáreas de territorio, y se encuentra principalmente en el ecosistema herbazal de páramo, en rangos altitudinales que varían de los 2781 a los 3345 msnm.

El rango de distribución potencial de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782) modelado en MaxEnt posee una alta capacidad predictiva, tal como lo indica el área bajo la curva (AUC) que refleja un valor de 0,985, para el cual se utilizó 28 sitios de ocurrencia y 4 variables ambientales.

Las variables ambientales de mayor contribución para generar el rango de distribución potencial de la especie *Lycalopex culpaeus* (Molina, 1782), son temperatura, precipitación, uso de suelo y ecosistemas. Sin embargo, debido a los factores antropogénicos propios de los ecosistemas altoandinos, la especie puede modificar su hábitat ocupando otras áreas, por tanto, es importante que se profundicen estos análisis con el objetivo de asegurar su conservación.

5. Agradecimientos

Un agradecimiento especial a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por impulsar la ejecución del proyecto de investigación “Diseño de una Red de Espacios Protegidos para la provincia de Chimborazo”

6. Conflictos de Interés

No existen intereses particulares por parte de los autores, de la entidad científica o financiadora que pudiesen afectar directa o indirectamente a los resultados obtenidos.

References

- [1] Yang Q, Liu G, Casazza M, Gonella F, Yang Z. Three dimensions of biodiversity: New perspectives and methods. *Ecol Indic* [Internet]. 2021;130:10. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108099>
- [2] Jaishanker R, Vishnu M, Sajeev CR, Sooraj NP, Athira K, Sarojkumar V, et al. Biodiversity clock and conservation triangle: Integrative platform for biodiversity monitoring, evaluation, and preemptive conservation intervention. *Environ Sustain*



- Indic [Internet]. 2021;11:13. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.indic.2021.100137>
- [3] Bravo E. La biodiversidad en el Ecuador [Internet]. Editorial Universitaria Abya-Yala, editor. Universidad Politécnica Salesiana. Quito - Ecuador: Editorial Universitaria Abya-Yala; 2014. 147 p. Available from: [https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6788/1/La Biodiversidad.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6788/1/La%20Biodiversidad.pdf)
- [4] Bell D, Knapp S, Marselle MR, Hartig T, Cox DTC, Lindley S, et al. Pathways linking biodiversity to human health: A conceptual framework. *Environ Int* [Internet]. 2021;150:17. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412021000441>
- [5] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. Biodiversidad [Internet]. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura- (junio-2021). 2021 [cited 2021 Jun 18]. Available from: <http://www.fao.org/biodiversity/es/>
- [6] Maas B, Fabian Y, Kross SM, Richter A. Divergent farmer and scientist perceptions of agricultural biodiversity, ecosystem services and decision-making. *Biol Conserv* [Internet]. 2021;256:9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109065>
- [7] Meng H, Gao X, Song Y, Cao G, Li J. Regional Sustainability Biodiversity arks in the Anthropocene. *Reg Sustain* [Internet]. 2021;2(2):109–15. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.regsus.2021.03.001>
- [8] Zhang W, Shen J, Wang J. Linking pollution to biodiversity and ecosystem multifunctionality across benthic-pelagic habitats of a large eutrophic lake: A whole-ecosystem perspective. *Environ Pollut* [Internet]. 2021 Sep 15 [cited 2021 Jun 18];285:10. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749121010836>
- [9] Bjelle E, Kuipers K, Verones F, Wood R. Trends in national biodiversity footprints of land use Eivind [Internet]. Vol. 185, *Ecological Economics*. Elsevier B.V.; 2021. p. 19. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109065>
- [10] World Wildlife Fund [WWF]. Informe Planeta Vivo 2020: Revertir la curva de la pérdida de biodiversidad. In: Grooten M, Petersen T, editors. Gland, Suiza; 2020. p. 130. Available from: [https://f.hubspotusercontent20.net/hubfs/4783129/LPR/PDFs/SPANISH - SUMMARY.pdf](https://f.hubspotusercontent20.net/hubfs/4783129/LPR/PDFs/SPANISH-SUMMARY.pdf)
- [11] Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN. IUCN Red List of Threatened Species [Internet]. Red List of Threatened Species- (marzo 2021). 2021 [cited 2021 May 28]. p. 10. Available from: <https://www.iucnredlist.org/es/>
- [12] Pimm SL, Jenkins CN, Abell R, Brooks TM, Gittleman JL, Joppa LN, et al. The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution,



- and protection. *Science* (80-) [Internet]. 2014;344(6187):6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24876501/>
- [13] Badii M, Guillen A, Pérez G, Aguilar J. Extinción de Especies y su Implicación Species Extinction and its Implication. *Int J Good Conscienc* [Internet]. 2015;10(1):157–71. Available from: [http://www.spentamexico.org/v10-n1/A11.10\(1\)157-171.pdf](http://www.spentamexico.org/v10-n1/A11.10(1)157-171.pdf)
- [14] López M, Bucetto M. Las especies en peligro de extinción y los mecanismos para la recuperación y conservación de la biodiversidad: un estudio sobre la viabilidad de los mecanismos y las trabas burocráticas. *Lex Rev la Fac Derecho y Cienc Política la Univ Alas Peru* [Internet]. 2019 [cited 2021 Jun 21];23:28. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6995233>
- [15] Organización de las Naciones Unidas- ONU. Las cinco cosas que hemos hecho para poner a un millón de especies en peligro de extinción [Internet]. *Cambio climático y medio ambiente- (6 mayo 2019)*. 2019 [cited 2021 Jun 21]. p. 15. Available from: <https://news.un.org/es/story/2019/05/1455481>
- [16] Jimenez J, Iñiguez M, Cajamarca D, Sánchez P, Fernández V. Capítulo 16: Análisis de la huella ecológica del Ecuador: una comparación con América Latina. Impacto en la biodiversidad y la incidencia del desarrollo turístico sostenible. In: Bouza C, García J, Moreno A, Rueda M, editors. *Modelos Matemáticos para el Estudio de Medio Ambiente, Salud y Desarrollo Humano TOMO 3* [Internet]. Loja-Ecuador: Universidad de La Habana (Cuba); Universidad de Granada (España); Universidad de Juárez Autónoma de Tabasco (México); Universidad Autónoma de Guerrero (México); 2017. p. 179–87. Available from: https://www.researchgate.net/publication/313847319_Analisis_de_la_huella_ecologica_del_Ecuador_una_comparacion_con_America_Latina_Impacto_en_la_biodiversidad_y_la_incidencia_del_desarrollo_turistico_sostenible/link/58aad8d458515040200c97a/download
- [17] Freile B, Greenfield L, Navarrete N, Olmstead R, Sánchez N, Solano A, et al. Lista de las aves del Ecuador, v. 08.2020 [Internet]. Comité de Registros Ecuatorianos en Ornitología (CERO). 2020 [cited 2021 May 28]. p. 17. Available from: <https://ceroecuador.wordpress.com/lista-oficial/>
- [18] Bioweb Ecuador. Anfibios Ecuador [Internet]. 2021 [cited 2021 Jun 18]. Available from: <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/>
- [19] Bioweb Ecuador. Reptiles Ecuador [Internet]. 2021 [cited 2021 Jun 18]. Available from: <https://bioweb.bio/faunaweb/reptiliaweb/>
- [20] Tirira DG, Brito J, Burneo SF, Carrera J. Mamíferos del Ecuador. In: *Mamíferos del Ecuador: lista oficial actualizada de especies / Mammals of Ecuador: official updated species checklist 2021* [Internet]. Versión 20. Quito - Ecuador:



- Asociación Ecuatoriana de Mastozoología; 2021. p. 64. Available from: https://www.researchgate.net/publication/351884134_Mamiferos_del_Ecuador_lista_oficial_actualizada_de_especies_Mammals_of_Ecuador_official_updated_species_checklist_2021/link/60ae8a80458515bfb0a67295/download
- [21] Morillo I. Propuesta de una red de áreas naturales protegidas para el Ecuador continental. Universidad Complutense de Madrid- Facultad de Ciencias Biológicas; 2016.
- [22] Chowdhury A, Samrat A, Devy MS. Can tea support biodiversity with a few “nudges” in management: evidence from tea growing landscapes around the world. *Glob Ecol Conserv* [Internet]. 2021;351(6):55. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01801>
- [23] Martin-Ortega J, Young DM, Glenk K, Baird AJ, Jones L, Rowe EC, et al. Linking ecosystem changes to their social outcomes: Lost in translation. *Ecosyst Serv* [Internet]. 2021;50:13. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101327>
- [24] León Yáñez S, Endara L. Generalidades del estado de conservación de las especies de plantas endémicas del Ecuador [Internet]. Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador- PUCE. 2021 [cited 2021 Jun 18]. p. 3. Available from: <https://bioweb.bio/floraweb/librorojo/generalidades/>
- [25] Yáñez P. Las áreas naturales protegidas del Ecuador: características y problemática general. *Qualitas* [Internet]. 2016;11(3):41–55. Available from: https://www.unibe.edu.ec/wp-content/uploads/2017/08/03_ECOLOGIA.pdf
- [26] Atikah SN, Yahya MS, Norhisham AR, Kamarudin N, Sanusi R, Azhar B. Effects of vegetation structure on avian biodiversity in a selectively logged hill dipterocarp forest. *Glob Ecol Conserv* [Internet]. 2021;28(4):12. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01660>
- [27] Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN]. ¿Qué es un área protegida? [Internet]. UICN. 2020 [cited 2018 Jan 20]. Available from: <https://www.iucn.org/es/regiones/américa-del-sur/nuestro-trabajo/áreas-protegidas/¿qué-es-un-área-protegida>
- [28] Marquet PA, Fernández M, Pliscoff P, Smith-Ramírez C, Arellano J, Bustamante R, et al. Áreas protegidas y restauración en el contexto del cambio climático en Chile. Inf la mesa Biodiversidad Santiago Com Científico COP25; Minist Ciencia, Tecnol Conoc e Innovación [Internet]. 2019;52. Available from: <https://www.minciencia.gob.cl/comitecientifico/documentos/mesa-biodiversidad/10.Biodiversidad-Restauracion-Marquet.pdf>



- [29] Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica [MAATE]. Estadísticas del Sistema Nacional de áreas protegidas. Quito – Ecuador; 2020. p. 7.
- [30] Varea A. Iniciativas para conservar la biodiversidad. Univ Rev Ciencias Soc y Humanas [Internet]. 2004;(4):7–43. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/4761/476150823001.pdf>
- [31] Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica. Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015-2030 [Internet]. Primera Ed. Quito - Ecuador: Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2016.; 2016. 225 p. Available from: <http://maetransparente.ambiente.gob.ec/documentacion/WebAPs/Estrategia Nacional de Biodiversidad 2015-2030 - CALIDAD WEB.pdf>
- [32] Ramírez P, Briones R, Alarcón D. Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad utilizando planificación sistemática de la conservación en la Cordillera de la Costa de Chile [Internet]. Segunda ed. Chile: Editorial Universidad de Los Lagos; 2019 [cited 2021 May 21]. 25 p. Available from: https://www.researchgate.net/publication/335527058_Sitios_prioritarios_para_la_conservacion_de_la_biodiversidad_utilizando_planificacion_sistematica_de_la_conservacion_en_la_Cordillera_de_la_Costa_de_Chile
- [33] Molina N, Piza C, Wills A. Evaluación del comportamiento hídrico de la ciénaga de Cachimbero, implementando un modelo de balances de flujo. Rev Fac Ing [Internet]. 2007 [cited 2019 May 4];(39):56–68. Available from: <http://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/ingenieria/article/view/20190/17015>
- [34] Trotta N, Lobo JM, Cabrero FJ. Distribución conocida y potencial de las especies de geotrupinae (coleoptera: scarabaeoidea) en México [Known and potential distribution of Geotrupinae (Coleoptera: Scarabaeoidea) species in Mexico]. Acta Zoológica Mex [Internet]. 2008;24(2):39–65. Available from: <http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v24n2/v24n2a3.pdf>
- [35] Zhao H, Zhang H, Xu C. Study on Taiwan cryptomerioides under climate change: MaxEnt modeling for predicting the potential geographical distribution. Glob Ecol Conserv [Internet]. 2020;24:13. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01313>
- [36] Cruz G, López-Mata L, Silva JT, Bernal-Santana N, Estrada-Godoy F, López-Sandoval JA. Modelado de la distribución potencial de especies de Pinaceae bajo escenarios de cambio climático en Michoacán. Rev Chapingo, Ser Ciencias For y del Ambient [Internet]. 2016;22(2):135–48. Available from: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v22n2/2007-4018-rcscfa-22-02-00135.pdf>



- [37] Wang G, Wang C, Guo Z, Dai L, Wu Y, Liu H, et al. Integrating Maxent model and landscape ecology theory for studying spatiotemporal dynamics of habitat: Suggestions for conservation of endangered Red-crowned crane. *Ecol Indic* [Internet]. 2020;116:19. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106472>
- [38] Cartaya S, Anchundia C, Mantuano R. Distribución geográfica potencial de la especie *Cuniculus paca* (guanta) en el occidente de Ecuador. *La Granja Rev Ciencias la vida*. 2016;24(2):134–49.
- [39] Bustamante M, Albán M, Argüello M. Los páramos de Chimborazo un estudio socioambiental para la toma de decisiones [Internet]. Gobierno autónomo descentralizado de Chimborazo/EccoCiencia/CONDESAN/Programa BioAnde /Proyecto Páramo Andino. Quito. Quito; 2011. p. 152. Available from: https://biblio.flacsoandes.edu.ec/shared/biblio_view.php?bibid=135976&tab=opac
- [40] Lozano P, Armas A, Molina E, Flores V. Análisis de representatividad del ecosistema páramo en las modalidades de conservación de la provincia de Chimborazo. *ESPOCH Congr Ecuadorian J STEAM*. 2020;1(1):24.
- [41] Maciel CA, Manríquez N, Octavio P, Sánchez G. El área de distribución de las especies : revisión del concepto. *Acta Univ* [Internet]. 2015;25(2):3–19. Available from: <http://www.scielo.org.mx/pdf/au/v25n2/v25n2a1.pdf>
- [42] Holgate B, Maggini R, Fuller S. Mapping ecoacoustic hot spots and moments of biodiversity to inform conservation and urban planning. *Ecol Indic* [Internet]. 2021;126:12. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107627>
- [43] Jacinto N, Sánchez L, Almazán C. Patrones de distribución y zonas prioritarias para la conservación de la avifauna de la costa del Pacífico de Guerrero, México. *Rev Mex Biodivers Rev* [Internet]. 2017;88:960–77. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1870345317302166>
- [44] Sharma S, Arunachalam K, Bhavsar D, Kala R. Modeling habitat suitability of *Perilla frutescens* with MaxEnt in Uttarakhand—A conservation approach. *J Appl Res Med Aromat Plants* [Internet]. 2018 [cited 2021 Jun 18];10:99–105. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214786117305260>
- [45] Cuesta F, Peralvo M. Identificación de vacíos y prioridades de Conservación en el Ecuador Continental. Minist del Ambient del Ecuador, Dir Nac Biodivers GIZ – Programa GESOREN [Internet]. 2013;(November):1–12. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Cuesta/publication/266146873_IDENTIFICACION_DE_VACIOS_Y_PRIORIDADES_DE_CONSERVACION_EN_EL_ECUADOR_CONTINENTAL/links/5428c69c0cf2e4ce940c53ab/IDENTIFICACION-DE-VACIOS-Y-PRIORIDADES-DE-CONSERVACION-EN-EL-ECUADO



- [46] Cuesta F, Peralvo M, Baquero F, Bustamante M, Merino A, Muriel P, et al. Áreas prioritarias para la conservación del Ecuador continental [Internet]. Ministerio de Ambiente agua y Transición ecológica, CONDESAN, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, GIZ. 2015. 109 p. Available from: [http://maetransparente.ambiente.gob.ec/documentacion/Biodiversidad/IT/IPVC final web.pdf](http://maetransparente.ambiente.gob.ec/documentacion/Biodiversidad/IT/IPVC%20final%20web.pdf)
- [47] Plischoff P, Fuentes T. Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: Una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles. *Rev Geogr Norte Gd* [Internet]. 2011;48:61–79. Available from: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rgeong/n48/art05.pdf>
- [48] González KD. Ecología trófica del zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) y conflictos con la población humana en la Comunidad Campesina Huerta Huaraya, Puno – Perú [Internet]. Universidad Nacional del Altiplano-Puno. Universidad Nacional del Altiplano- Facultad de Ciencias Biológicas; 2018. Available from: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9609/Gonzalez_Dueñas_Katherine_Diana.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [49] Torés N. Dieta estival del culpeo (*Pseudalopex culpaeus*, molina 1782) en nevados de Chillán, centro-sur de Chile. [Internet]. Universidad Austral de Chile- Facultad de Ciencias Veterinarias; 2007. Available from: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/ftv681d/doc/ftv681d.pdf>
- [50] Lobos GA, Tapia G, Alzamora A, Rebolledo N, Salinas H, Trujillos JC, et al. Diet of culpeo fox *lycalopex culpaeus* (Molina, 1782) during the mega-drought of central Chile: Role of cattle and evidence of a high trophic interaction between carnivorous mammals. *Mastozool Neotrop* [Internet]. 2020;27(2):319–27. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Gabriel-Lobos/publication/349129047_Dieta_del_zorro_culpeo_Lycalopex_culpaeus_Molina_1782_durante_la_megasequia_de_Chile_central_rol_del_ganado_y_evidencia_de_una_alta_interaccion_trofica_entre_mamiferos_carnivoros/lin
- [51] Travaini A, Zapata SC, Martinez Peck R, Delibes M. Percepción y actitud humanas hacia la prelación de ganado ovino por el zorro colorado (*Pseudalopex culpaeus*) en Santa Cruz, Patagonia Argentina. *J Neotrop Mammal* [Internet]. 2000;7(2):117–29. Available from: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/78427>
- [52] Morales-Paredes C, Valdivia CE, Sade S. La frugivoría por cánidos nativos (*Lycalopex* spp.) y alóctonos (*Canis lupus familiaris*) reduce la germinación de semillas de litre (*lithrea caustica*) en Chile central. *Bosque* [Internet].



- 2015;36(3):481–6. Available from: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-92002015000300014&script=sci_arttext&lng=p
- [53] Garzón D, Chipatinza C, Andrade A, Matamoros E. Noticias y Opiniones Ecología *Lycalopex culpaeus reissii*, el segundo cánido más grande de Sudamérica. *Bionatura* [Internet]. 2017;3(2):64–7. Available from: <http://www.revistabionatura.com>
- [54] Noguera EA, Ramírez HE, Torres MM. Análisis geográfico y conservación del zorro andino *lycalopex culpaeus* (Mammalia, Canidae) en Colombia. *Iheringia Mus Ciências Nat Fundação Zoobotânica do Rio Gd do Sul* [Internet]. 2016;106:1–10. Available from: <https://www.scielo.br/pdf/isz/v106/1678-4766-isz-106-e2016014.pdf>
- [55] Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo [GADPCH]. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial [Internet]. Prefectura de Chimborazo. Riobamba- Ecuador; 2020. p. 681. Available from: <https://chimborazo.gob.ec/plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial-pdot/>
- [56] Tirira DG. Guía de campo de los mamíferos del Ecuador: Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 6 [Internet]. 6th ed. Ediciones Murciélago Blanco, editor. Mastozoología Neotropical. Quito, Ecuador; 2007. 576 p. Available from: https://www.researchgate.net/publication/317539307_Guia_de_campo_de_los_Mamiferos_del_Ecuador
- [57] Noguera-Urbano EA, Ramírez-Chaves HE, Torres-Martínez MM. Análisis geográfico y conservación del zorro andino *Lycalopex culpaeus* (Mammalia, Canidae) en Colombia. *Iheringia - Ser Zool* [Internet]. 2016;106:10. Available from: <https://www.scielo.br/j/isz/a/P6gXk66NvHL9q4wkNFPv34w/?lang=es>
- [58] Ordóñez-Delgado L, Vits C, González I, Valle D. Registro altitudinal inusual de Zorro Andino *Pseudalopex culpaeus* (Carnivora: Canidae) en el sureste de Ecuador. *ACI Av en Ciencias e Ing* [Internet]. 2018;10(1):58–63. Available from: https://www.researchgate.net/publication/328615613_Registro_altitudinal_inusual_de_Zorro_Andino_Pseudalopex_culpaeus_Carnivora_Canidae_en_el_sureste_de_Ecuador
- [59] Romero S. Predicción del rango de distribución de las especies *Pseudalopex culpaeus* (Molina, 1782), *Oreotrochilus chimborazo chimborazo* (Delattre & Bourcier, 1846) y *Odocoileus ustus* (Trouessart, 1910) en la provincia de Chimborazo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo- Facultad de Recursos Naturales; 2020.
- [60] Qin A, Liu B, Guo Q, Bussmann RW, Ma F, Jian Z, et al. Maxent modeling for predicting impacts of climate change on the potential distribution of *Thuja sutchuenensis* Franch., an extremely endangered conifer from southwestern China. *Glob Ecol Conserv*. 2017;10:139–46.



- [61] Instituto Geográfico Militar. Medio Ambiente. Ecosistemas del Ecuador [Internet]. Catálogo de Datos del IGM Ecuador. 2013 [cited 2021 Mar 1]. Available from: <http://www.geoportaligm.gob.ec/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/home>
- [62] Palma S, Delgadillo J. Distribución potencial de ocho especies exóticas de carácter invasor en el estado de Baja California, México. Bot Sci [Internet]. 2014;92(4):587–97. Available from: <http://www.scielo.org.mx/pdf/bs/v92n4/v92n4a10.pdf>
- [63] Araujo MB, Guisan A. Five (or so) challenges for species distribution modelling. J Biogeogr. 2006;33(10):1677–88.
- [64] Olarte KM, Pacheco LF, Gallardo G. Actividad y uso del hábitat de un zorro culpeo y su cría (*Pseudalopex culpaeus*) en el Parque Nacional Sajama (Oruro, Bolivia). Ecol en Boliv. 2009;44(2):131–5.
- [65] Tirira DG. Mamíferos del Ecuador: lista actualizada de especies / Mammals of Ecuador: Updated checklist species. Versión 2017.1. Fund Mamíferos y Conserv Quito <<http://mamiferosdele-cuador.com>> (actualización [Internet]. 2017;1–47. Available from: <https://www.mamiferosdelecuador.com/images/pdf/Lista20171.pdf>
- [66] Stucchi M, Figueroa J. Descripción de las interacciones tróficas entre el cóndor andino *Vultur gryphus* y otras especies por el consumo de carroña en el Cañón del Colca, Arequipa Marcelo Stucchi. Boletín Inf la Unión Ornitol del Perú. 2010;5(3):8–14.
- [67] Brito J, Camacho M, Romero V, Vallejo A. Mamíferos del Ecuador. Versión 2019.0. [Internet]. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 2019. p. 2. Available from: <https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/>
- [68] Albuja L, Almendáriz A, Barriga R, Montalvo LD, Cáceres F, Román JL. Fauna de vertebrados del Ecuador. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional; 2012. 385–386 p.
- [69] Brito J, Camacho M, Romero V, Vallejo A. Mamíferos de Ecuador. Versión 2018.0. [Internet]. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 2018. p. 1548. Available from: https://drive.google.com/file/d/1P4sRn78vmVjkBaV65l0PUJ2s2_9SK3RI/view
- [70] Angulo-Tisoc JM, Curie JIP, Gomez-Puerta LA. Ocurrencia de *Mesocestoides* sp. (Cestoda: Mesocestoididae) en el zorro andino (*Lycalopex culpaeus*). Rev Peru Biol. 2020;27(2):233–6.
- [71] Beltrán-Ortiz EP, Cadena-Ortiz H, Brito J. Dieta del zorro de páramo *Lycalopex culpaeus* (Molina 1782) en un bosque seco internandino del norte de Ecuador. Mastozoología Neotrop. 2017;24(2):437–41.



- [72] Acosta-Jammett G, Simonetti J. Habitat use by *Oncifelis guigna* and *Pseudalopex culpaeus* in a fragmented forest landscape in central Chile. *Biodivers Conserv*. 2004;13(2):50–62.
- [73] Zúñiga A. Dieta del zorro culpeo (*Lycalopex culpaeus* MOLINA 1782) en un área protegida. *Mastozoología Neotrop*. 2016;23(1):201–5.
- [74] Reina Moreno DS. Componentes alimentarios en la dieta del lobo de páramo *Lycalopex culpaeus* en la plataforma del aeropuerto Mariscal Sucre, parroquia Tababela, Cantón Quito, Pichincha, Ecuador. *ACI Av en Ciencias e Ing*. 2019;11(2):444–51.
- [75] Guzmán-Sandoval J, Sielfeld W, Ferrú M. Dieta de *Lycalopex culpaeus* (Mammalia: Canidae) en el extremo norte de Chile (Región de Tarapacá). *Comp Biochem Physiol – Part A Physiol*. 2007;71(4):1–7.
- [76] Ramos JC. Investigación sobre la densidad relativa y dieta del Lobo de Páramo (*Lycalopex culpaeus*) (Molina, 1782) en la Reserva de Producción de Fauna de Chimborazo como fundamento para acciones de conservación. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2016.
- [77] Correira M. Criterios confiables para la construcción del modelo de máxima entropía (MaxEnt segunda parte) [Internet]. Issuu-Fundatun -enero-20-. 2019 [cited 2021 Jun 20]. p. 5. Available from: https://issuu.com/fundatun/docs/2019_03_rev_cofa/s/88967
- [78] West AM, Kumar S, Brown CS, Stohlgren TJ, Bromberg J. Field validation of an invasive species Maxent model. *Ecol Inform* [Internet]. 2016;36:126–34. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoinf.2016.11.001>
- [79] Romero S. Predicción del rango de distribución de las especies *Pseudalopex culpaeus* (Molina, 1782), *Oreotrochilus chimborazo chimborazo* (Delattre & Bourcier, 1846) y *Odocoileus ustus* (Trouessart, 1910) en la provincia de Chimborazo. 2020.
- [80] Namgung H, Kim MJ, Baek S, Lee JH, Kim H. Predicting potential current distribution of *Lycorma delicatula* (Hemiptera: Fulgoridae) using MaxEnt model in South Korea. *J Asia Pac Entomol* [Internet]. 2020;23(2):291–7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2020.01.009>
- [81] Millán J, Travaini A, Cevitanes A, Sacristán I, Rodríguez A. Assessing the natural circulation of canine vector-borne pathogens in foxes, ticks and fleas in protected areas of Argentine Patagonia with negligible dog participation. *Int J Parasitol Parasites Wildl* [Internet]. 2019;8(November 2018):63–70. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2018.11.007>



- [82] Tantalean M, Mendoza L, Riofrio F. El zorro Andino , *Pseudalopes cul-
paeus* , un nuevo huésped para *Corynosoma obtusens* (*Acanthocephala*
) en el Perú. *Rev Peru Biol* [Internet]. 2007;14(1):51–2. Available from:
<http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v14n1/v14n01a11.pdf>
- [83] Cevidanes A, Esperón F, Di Cataldo S, Neves E, Sallaberry-Pincheira N, Millán J.
Antimicrobial resistance genes in Andean foxes inhabiting anthropized landscapes
in central Chile. *Sci Total Environ* [Internet]. 2020;724:6. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720317605?via%3Dihub>
- [84] Pía M, López M, Novaro A. Effects of livestock on the feeding
ecology of endemic culpeo foxes (*Pseudalopex culpaeus smithersi*
) in central Argentina. *Rev Chil Hist Nat* [Internet]. 2003;76:313–21.
Available from: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2003000200015
- [85] Trujillo F, Trujillo J. Alimentación del Lobo (*Lycalopex culpaeus*) en el Bosque
Protector Jerusalén, Guayllabamba-Ecuador. *Politécnica* [Internet]. 2007;4(7):68–75.
Available from: [https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3838/1/Alimentación
del Lobo.pdf](https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3838/1/Alimentación%20del%20Lobo.pdf)
- [86] Jarrín-Porras E, Sandoval-Morejón D, Llumiquinga E, Paredes-machado C, Heredia M,
Chávez-larrea MA, et al. Análisis morfológico , dietario y molecular de heces recolec-
tadas en la Reserva Geobotánica Pulumahua para la identificación del lobo de páramo
(*Lycalopex culpaeus* , Molina 1782). *Vínculos* [Internet]. 2020;5(3):33–49. Available
from: <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/vinculos/article/view/1646/1373>
- [87] Silva SI, Jaksic FM, Bozinovic F. Interplay between metabolic rate
and diet quality in the South American fox , *Pseudalopex culpaeus*.
Comp Biochem Physiol Part A [Internet]. 2004;137:33–8. Available from:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1095643303002782>
- [88] Fleming PJS, Nolan H, Jackson SM, Ballard G, Bengsen A, Brown WY, et al. Roles
for the Canidae in food webs reviewed: Where do they fit? *Food Webs* [Internet].
2017;12:14–34. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fooweb.2017.03.001>
- [89] España V. Acercamiento al manejo del zorro andino (*Lycalopex culpaeus*) en el
altiplano Norte de Bolivia. Análisis arqueozoológicos en los períodos Formativo-
Wancarani y Horizonte Medio-Tiwanaku Management. *Archaeofauna*. 2019;28:185–
96.
- [90] Alvarado R. Apuntes sobre los Zorros Culpeo y Chilla en Chile. *La Chiricoca*.
2011;13:51–5.



- [91] Du Z, He Y, Wang H, Wang C, Duan Y. Potential geographical distribution and habitat shift of the genus *Ammopiptanthus* in China under current and future climate change based on the MaxEnt model. *J Arid Environ* [Internet]. 2021;184:9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104328>
- [92] Wang Y, Chao B, Dong P, Zhang D, Yu W, Hu W, et al. Simulating spatial change of mangrove habitat under the impact of coastal land use: Coupling MaxEnt and Dyna-CLUE models. *Sci Total Environ* [Internet]. 2021 Sep 20 [cited 2021 May 26];788:10. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969721029855>
- [93] Guntiñas M, Lozano J, Cisneros R, Narváez C, Arias D. Habitat requirements and differential abundance of the culpeo (*Lycalopex culpaeus*) in the high Andes of southern Ecuador. *Eur J Wildl Res* [Internet]. 2019;65(18):10. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10344-019-1255-9#citeas>
- [94] Guntiñas M, Lozano J, Cisneros R, Malo AF. Ecology of the culpeo (*Lycalopex culpaeus*): a review of knowledge and current gaps [Internet]. *Una Revisión del Conocimiento y Brechas Actuales*. Preprints. 2020 [cited 2021 Jun 20]. p. 45. Available from: <https://www.preprints.org/manuscript/202007.0057/v1>
- [95] Ramírez H, Chaves J, Mendoza R. Nuevo registro del lobo de páramo *Lycalopex culpaeus* (Mammalia: Canidae) en el suroccidente de Colombia con notas sobre su distribución en el país. *Acta Zoológica Mex (nueva Ser)* [Internet]. 2013;29(2):412–22. Available from: <https://azm.ojs.inecol.mx/index.php/azm/article/view/1118>
- [96] Antúñez-Ruiz G, Ugalde-Lezama S, Tarango-Arámbula LA, Lozano-Cavazos EA, Cruz-Miranda Y, Rafael-Valdez J. Abundancia y densidad de zorros chilla (*Pseudalopex griseus* Gray, 1837) y culpeo (*Pseudalopex culpaeus* Molina, 1782) en un formación xerófita. *Agroproductividad* [Internet]. 2016;9(9):77–83. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fap&AN=119147312&site=ehost-live>
- [97] Nanni AS. Dissimilar responses of the Gray brocket deer (*Mazama gouazoubira*), Crab-eating fox (*Cerdocyon thous*) and Pampas fox (*Lycalopex gymnocercus*) to livestock frequency in subtropical forests of NW Argentina. *Mamm Biol* [Internet]. 2015;80(4):260–4. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1616504715000385>
- [98] Byeon D hyeon, Jung S, Lee WH. Review of CLIMEX and MaxEnt for studying species distribution in South Korea. *J Asia-Pacific Biodivers* [Internet]. 2018;11(3):325–33. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.japb.2018.06.002>
- [99] Liu L, Guan L, Zhao H, Huang Y, Mou Q, Liu K, et al. Modeling habitat suitability of *Houttuynia cordata* Thunb (Ceercas) using MaxEnt under climate change in



- China. *Ecol Inform* [Internet]. 2021 Jul 1 [cited 2021 May 26];63:6. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1574954121001151>
- [100] Wang R, Jiang C, Liu L, Shen Z, Yang J, Wang Y, et al. Prediction of the potential distribution of the predatory mite *Neoseiulus californicus* McGregor in China using MaxEnt. *Glob Ecol Conserv* [Internet]. 2021;29:9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01733>
- [101] Janitza S, Strobl C, Boulesteix A. An AUC-based permutation variable importance measure for random forests. *BMC Bioinformatics* [Internet]. 2013;119(14):11. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351989419307280>
- [102] Torres R, Pablo Jayat J, Pacheco S. Modelling potential impacts of climate change on the bioclimatic envelope and conservation of the Maned Wolf (*Chrysocyon brachyurus*). *Mamm Biol* [Internet]. 2013 Jan 1 [cited 2021 May 26];78(1):41–9. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1616504712000626>
- [103] Schmidt H, Radinger J, Stoll S, Teschlade D. The role of spatial units in modelling freshwater fish distributions: Comparing a subcatchment and river network approach using MaxEnt. *Ecol Modell* [Internet]. 2020;418:13. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.108937>
- [104] Ji W, Han K, Lu Y, Wei J. Predicting the potential distribution of the vine mealybug, *Planococcus ficus* under climate change by MaxEnt. *Crop Prot* [Internet]. 2020;137:23. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105268>
- [105] Zeng J, Li C, Liu J, Li Y, Hu Z, He M, et al. Ecological assessment of current and future *Pogostemon cablin* Benth. potential planting regions in China based on MaxEnt and ArcGIS models. *J Appl Res Med Aromat Plants* [Internet]. 2021 Apr 7 [cited 2021 May 26];9. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214786121000176>
- [106] Yan H, Feng L, Zhao Y, Feng L, Wu D. Prediction of the spatial distribution of *Alternanthera philoxeroides* in China based on ArcGIS and MaxEnt. *Glob Ecol Conserv J* [Internet]. 2020;21:1–15. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351989419307280>