



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Escuela de Ciencias Biológicas

Corredores ecológicos como una oportunidad para la recolonización del jaguar en el
occidente de Ecuador

Disertación previa a la obtención del título de Máster en Sostenibilidad y Planificación
de la Conservación

Cristian David Barros Diaz

Área en la que se inscribe la investigación: Investigación y conservación

Quito, 2023

Dedicatoria

A mi abuela María Limbania Román, que en paz descanses y gracias por todo lo que
hiciste por mí

Agradecimientos

A todos quienes me han apoyado en mi crecimiento personal y profesional, la lista es larga y me siento feliz al saber que es así.

A mí amigo y tutor Julián Pérez por ayudarme con la tesis.

A los revisores Diego Tirira y Cesar Yumiseva por sus observaciones que ayudaron a retroalimentar y mejorar la investigación.

Tabla de contenido

Resumen	7
Abstract	8
Introducción	9
Objetivos	11
Métodos	12
Área de estudio	12
Tipos de ecosistemas	12
Zonas con algún tipo de protección	14
Análisis espacial	14
Delimitación de la distribución altitudinal del jaguar	14
Cobertura arbórea	14
Presas seleccionadas	15
Modelamiento de las presas del jaguar	16
Procesamiento	16
Obtención de datos ambientales	16
Procesado de datos ambientales	17
Ocurrencias de partición	18
Modelo	18
Visualización	18
Propuesta del corredor ecológico	18
Resultados	19
Cobertura arbórea	19
Modelo de distribución de presas	20
Propuesta del corredor ecológico	20
Discusión	20
Conclusiones	26
Recomendaciones	27
Literatura citada	30
Figuras	37
Tablas	46
Anexos	49

Índice de figuras

Figura 1. Área de estudio: Occidente de Ecuador, entre los 0 y 2 000 m de altitud.	37
Figura 2. Presas del jaguar: Venado de cola blanca (<i>Odocoileus virginianus</i>), el pecarí de collar (<i>Dicotyles tajacu</i>), la corzuela roja de Gualea (<i>Mazama gualea</i>) y la paca (<i>Cuniculus paca</i>). Fotos por Fundación para la Conservación e Investigación JaPu.....	38
Figura 3. Ecosistemas del occidente de Ecuador.....	39
Figura 4. Zonas protegidas del occidente de Ecuador.....	40
Figura 5. Cobertura arbórea del occidente de Ecuador, Arriba izquierda) Cobertura para 2000 y derecha) Cobertura para inicios de 2022. Abajo izquierda) Ganancia y derecha) Pérdida de cobertura.	41
Figura 6. Pérdida de cobertura arbórea por año en el occidente de Ecuador (según fuente u origen de los datos).....	42
Figura 7. Evaluación de modelos. Arriba AUC y abajo el OR al 10 %.	43
Figura 8. Modelamiento de la distribución potencial de las presas del jaguar seleccionadas. Rojo: alta idoneidad, amarillo: idoneidad media y Azul: baja idoneidad.	44
Figura 9. Propuesta de corredor ecológico para el occidente de Ecuador.....	45

Índice de tablas

Tabla 1. Aspectos ecológicos de las presas del jaguar seleccionadas para el presente estudio y del jaguar.	46
Tabla 2. Porcentaje de la cobertura arbórea entre 2000 y 2022.	47

Índice de anexos

Anexo 1. Script de calculo de cobertura arbórea.	49
Anexo 2. Script del modelo empleado en Wallace 2.0	51

Resumen

La conservación de la biodiversidad y la preservación de los ecosistemas se han convertido en un desafío en la actualidad debido a la creciente pérdida de hábitats y la fragmentación de los bosques. Esta tesis aborda la importancia de los corredores ecológicos en la conservación y la conectividad de los ecosistemas en el occidente de Ecuador, específicamente en relación con el jaguar (*Panthera onca*) y sus presas. Se calculó la cobertura arbórea del occidente usando los datos de Hansen Global Forest Watch, donde se obtuvo que la cobertura arbórea del occidente de Ecuador ha experimentado una pérdida de 406 145 hectáreas en los últimos 21 años, y para 2022. Se usó Wallace 2.0 para realizar los modelos de distribución potencial con los datos de presencia de cuatro especies de presas del jaguar (*Cuniculus paca*, *Dicotyles tajacu*, *Mazama goualea* y *Odocoileus virginianus*) y la cobertura arbórea, de los 80 modelos generados se escogió el modelo Cuadrático 3.0 como el mejor y posteriormente, sobreponiendo el modelo en QGIS y usando los *shapes* de las zonas protegidas del occidente de Ecuador se graficó la propuesta del corredor para el occidente de Ecuador. Se determinó que el centro-sur de la provincia de Manabí es la zona priorizar para las actividades de restauración ecológica y reconectividad, para buscar la recolonización del jaguar de las poblaciones del norte del país con el sur. El estudio propone un corredor ecológico en el occidente de Ecuador, enfocado en zonas con alta calidad de hábitat y conectividad ecológica, considerando los resultados obtenidos en la cobertura arbórea y el modelamiento de las presas del jaguar, pero es imperativo la identificación de las zonas más aptas para la conectividad, sirviendo como guía el presente estudio para las organizaciones y autoridades. Este corredor ecológico es necesario para facilitar el movimiento y la dispersión de las especies que pudieran beneficiarse de su existencia, tanto entre los distintos hábitats y las áreas protegidas, lo que a su vez se esperaría que, en el futuro, si las condiciones lo permiten, favorezca la recolonización del jaguar y contribuya al mantenimiento de la diversidad genética de las poblaciones.

Abstract

Biodiversity conservation and the preservation of forest ecosystems have become a challenge today due to increasing habitat loss and forest fragmentation. This thesis addresses the importance of ecological corridors in the conservation and connectivity of ecosystems in western Ecuador, specifically in relation to the jaguar (*Panthera onca*) and its prey. Tree cover in western Ecuador was investigated using data from the Hansen Global Forest Watch, which showed that tree cover in western Ecuador has experienced a loss of 406,145 hectares in the last 21 years, and furthermore, by 2022. Wallace 2.0 was used to make the potential distribution models with the presence data of four species of jaguar prey (*Cuniculus paca*, *Dicotyles tajacu*, *Mazama qualea* and *Odocoileus virginianus*) and the tree cover, of the 80 models generated, the Quadratic 3.0 model was chosen as the best and then, overlaying the model in QGIS and using the shapes of the protected areas of western Ecuador, the proposed corridor for western Ecuador was plotted. It was determined that the centre-south of the province of Manabí is the priority area for ecological restoration and reconnected activities, in order to seek the recolonisation of the jaguar from the populations in the north of the country to the south. The study proposes an ecological corridor in western Ecuador, focusing on areas with high habitat quality and ecological connectivity, considering the results obtained in tree cover and the modelling of jaguar prey, but it is imperative to identify the most suitable areas for connectivity, using this study as a guide for organisations and authorities. This ecological corridor is necessary to facilitate the movement and dispersal of species that could benefit from its existence, both between different habitats and protected areas, which in turn, if conditions permit, would be expected to favour the recolonisation of the jaguar in the future and contribute to the maintenance of the genetic diversity of the populations.

Introducción

Los ecosistemas forestales constituyen un componente esencial de la biodiversidad, destacándose por su riqueza y singularidad en comparación con otros ecosistemas del planeta (FAO y PNUMA, 2020; Kumar, 2021). La transformación de la cubierta forestal de estos ecosistemas afecta la provisión de los servicios ecosistémicos que ofrecen, tales como la biodiversidad, la regulación del clima, el almacenamiento de carbono y el abastecimiento de agua (Foley, 2005). Los efectos de estas pérdidas constituyen problemas ambientales críticos (Vásquez-Grandón, 2018); sin embargo, hasta hace poco, la información respecto a la pérdida forestal era limitada y poco estandarizada (Kleemann et al., 2022). Para contrarrestar ese vacío, un grupo de investigadores ha desarrollado un conjunto de datos que incluyen: a) la cobertura arbórea para el año 2000, b) la pérdida de cobertura arbórea desde 2001 hasta 2012, y c) la ganancia anual de cobertura arbórea entre 2000 y 2012 a escala global y con una resolución de 30 m (Hansen et al., 2013). Desde entonces, estos datos han sido actualizados anualmente hasta 2021 (Hansen, 2022), lo que permite mapear áreas boscosas fuertemente alteradas y aisladas (Tyukavina et al., 2017).

Los corredores ecológicos son áreas de hábitat que permiten el movimiento y la migración de especies entre distintos paisajes, contribuyendo a la biodiversidad y la salud de los ecosistemas a través del mantenimiento del flujo genético y la adaptación a los cambios ambientales (Gilbert-Norton et al., 2010). A su vez, son estrategias clave implementadas para garantizar la preservación y conectividad de los ecosistemas (Leija, 2021). Uno de los principales desafíos actuales para la preservación y la restauración de los ecosistemas es la restauración de la conectividad entre los bosques mediante la formación de corredores que los comuniquen (Ersoy et al., 2018). Los corredores tienen los siguientes objetivos (Freile et al., 2022): 1) contrarrestar y prevenir la fragmentación de los bosques, 2) permitir que los ecosistemas soporten el cambio climático, 3) establecer un ordenamiento territorial que promueva el aprovechamiento sostenible de los servicios ecosistémicos, 4) impulsar la economía circular y verde, y 5) mantener el flujo genético entre poblaciones de fauna y flora.

Los mamíferos son un grupo clave para la creación de corredores ecológicos dado que son considerados como uno de los grupos más importantes para estudiar y conservar debido a su participación en numerosos procesos ecológicos en los ecosistemas que

habitan (Lacher et al., 2019). La presencia de ciertas especies es un indicador de la calidad del hábitat (González-Christen, 2010). Sin embargo, la fauna de mamíferos en Ecuador se encuentra amenazada por la pérdida y la fragmentación de hábitats, la introducción de especies exóticas y la caza indiscriminada, factores que causan la reducción de las poblaciones de mamíferos silvestres (Tirira, 2021).

Las especies paraguas son aquellas cuya distribución y ecología las convierten en prioritarias para la conservación, lo que a su vez confiere protección a unas numerosas especies simpátricas (Caro, 2003). El jaguar (*Panthera onca*) es un ejemplo emblemático de especie paraguas (Thornton et al., 2016), pues se trata del depredador terrestre más grande que habita en los bosques neotropicales (Redford & Robinson, 2002) y su presencia influye directamente en el equilibrio de los ecosistemas que ocupa, especialmente en las poblaciones de sus presas (Ripple et al., 2014). Las poblaciones de depredadores y sus presas suelen aumentar y disminuir en sincronía, lo que demuestra la estrecha relación de causa y efecto entre el tamaño poblacional del depredador y el de sus presas (Gilg, 2003). No obstante, factores ambientales o antropogénicos, como la disponibilidad de alimento y hábitat, pueden influir negativamente en estas poblaciones (Kuhn, 2018).

El monitoreo a largo plazo de las poblaciones de jaguares y sus presas es esencial para evaluar la efectividad de las estrategias de conservación y manejo, así como para detectar cambios en las tendencias de la población y distribución que puedan requerir una intervención o ajuste en las acciones de conservación (Karanth et al., 2010). Para esto, es necesario utilizar métodos de monitoreo rigurosos y estandarizados que permitan la comparación de datos a lo largo del tiempo y entre diferentes áreas geográficas (Sollmann et al., 2013).

Algunos de los métodos más comunes para monitorear jaguares y sus presas incluyen cámaras trampa, conteos de rastros y signos, muestreos de ADN ambiental y modelos de ocupación y abundancia basados en datos de detección no invasiva (Tobler et al., 2008; De la Torre et al., 2017). Estos métodos pueden proporcionar información valiosa sobre la presencia, abundancia, distribución y demografía de los jaguares y sus presas, así como sobre los patrones de movimiento y uso del hábitat, y pueden ser utilizados para evaluar los factores que afectan la supervivencia y el éxito reproductivo de estas especies (Karanth et al., 2010).

El occidente de Ecuador presenta amenazas notables para la conservación de sus ecosistemas, como la deforestación acelerada, el cambio de uso del suelo para la agricultura y la urbanización, así como la caza ilegal de fauna silvestre (FAO y PNUMA, 2020). Esta región es especialmente crítica ya que alberga una alta biodiversidad, con un número importante de especies endémicas en peligro de extinción, como el mono aullador ecuatoriano (*Alouatta palliata*) (Tirira, 2021). Además, se ha identificado que las poblaciones de jaguar en el occidente de Ecuador están desapareciendo a un ritmo acelerado (Espinosa, 2011), y de continuar esta tendencia de pérdida de las poblaciones del jaguar de la costa, podrían desencadenarse impactos ecológicos a gran escala para la región (Zapata-Ríos & Araguillin, 2013).

Este trabajo busca contribuir a la conservación de la biodiversidad en el occidente de Ecuador enfocándose en la propuesta de corredores ecológicos que beneficien tanto al jaguar como a otras especies. La información proporcionada en este estudio permitirá a los tomadores de decisiones y a los organismos encargados de la conservación tomar medidas informadas y basadas en evidencia para proteger y restaurar los ecosistemas forestales y las especies que en ellos habitan.

Objetivos

Objetivo general

Proponer un corredor ecológico en el occidente de Ecuador usando datos de cobertura arbórea y modelamiento de presas potenciales.

Objetivos específicos

- Modelar la distribución potencial de las principales presas del jaguar.
- Identificar un corredor ecológico que conecte las zonas potenciales de para la recolonización del jaguar.

Métodos

Área de estudio

El área de estudio abarca el occidente de Ecuador, entre los 0 y 2000 m de altitud (Figura 1).

- **Geografía:** La región se extiende desde la línea costera hasta altitudes de 2000 metros al oeste de la cordillera Occidental de los Andes (Varela y Ron, 2018). Geográficamente, esta área abarca llanuras bajas, cuencas sedimentarias, zonas de piedemonte y múltiples cordilleras costaneras de baja altitud, como se ha documentado en estudios previos (Barros y Troncoso, 2010; Lynch et al., 1980).
- **Clima:** En lo que respecta al clima, la región presenta una variabilidad notoria, al sudoeste, se caracteriza por un clima tropical árido, mientras que en dirección al centro-sur, se observa un cambio gradual de condiciones secas a húmedas (Varela y Ron, 2018). Hacia el norte, en la zona del Chocó, predomina un clima tropical muy húmedo, con transiciones hacia condiciones muy húmedas en áreas cercanas a la costa (Varela y Ron, 2018). Este patrón climático se refleja en una estación húmeda, marcada por altas temperaturas y precipitaciones abundantes, que se registra entre diciembre y abril-mayo. Este fenómeno climático se debe a la influencia de la corriente cálida de El Niño y la Zona de Convergencia Intertropical (Varela y Ron, 2018). Los niveles de precipitación anual varían considerablemente en la región, oscilando desde menos de 60 mm en la península de Santa Elena hasta más de 2000 mm (Chocó), estas diferencias están relacionadas con la posición geográfica con respecto a la zona de influencia de la corriente de Humboldt (Cedeño y Donoso, 2010; Pourrut, 1983).

Tipos de ecosistemas

Se realizó un corte con QGis sobre el *shape* de regiones naturales (Ron, 2020) para determinar cuántos ecosistemas estaban presentes en el occidente. En total están presentes 6 ecosistemas (Figura 3), son:

1. Matorral interandino o arbusto andino: Esta región natural varía entre 1400 y 3000 m de elevación y tiene un área de 11 266 km²; se encuentra en los valles interandinos entre las cordilleras Occidental y Oriental y como resultado del

efecto de sombra pluviométrica de ambas cordilleras, el Matorral Interandino tiene una precipitación relativamente baja.

2. Bosque Húmedo Tropical del Chocó o Choco selva tropical: abarca aproximadamente 31 732 km² y es la segunda más grande, esta área se caracteriza por su clima cálido y húmedo y su elevación que varía de 0 a 300 metros y su vegetación consiste principalmente en bosques de dosel denso con árboles que pueden crecer hasta 30 metros de altura, y un sotobosque poblado por helechos y plantas de la familia Araceae (Ron, 2020).
3. Bosque deciduo de la costa o bosque caducifolio: Esta región natural se extiende desde los 50 hasta los 300 metros de elevación, y de 100 a 400 metros en el sur de Ecuador, ocupando un total de 25 673 km², lo que representa el 10.3% del territorio ecuatoriano y las condiciones climáticas son más secas y la densidad de árboles es menor en comparación con los bosques perennifolios (Ron, 2020). Los árboles suelen tener una altura inferior a 20 metros, y el sotobosque puede ser denso, con una gran abundancia de plantas herbáceas (Ron, 2020).
4. Matorral seco de la costa o arbusto seco: Esta región se distingue por su clima cálido y extremadamente seco, donde la precipitación anual media puede no exceder los 60 mm, como se observa en la localidad más occidental, Salinas, en la Provincia del Guayas. El Matorral Seco de la Costa, que se extiende por un área de 8033 km², se encuentra limitado a la franja costera en la zona central de Ecuador (Ron, 2020).
5. Bosque piemontano occidental o estribaciones occidentales: abarca 15 305 km² en las laderas occidentales de los Andes, se sitúa a una altitud que varía entre 300 y 1300 m, aunque hacia el sur de Ecuador la altitud fluctúa entre 400 y 1000 m y el clima es húmedo y moderadamente cálido (Ron, 2020). El dosel del bosque puede llegar a 30 m o más y los árboles se hallan cubiertos de musgos, orquídeas, bromelias y helechos y el endemismo vegetal es elevado, especialmente entre 0 y 3 grados de latitud sur (Ron, 2020).

6. Bosque montano occidental o montañas occidentales: cubre una extensión de 21 576 km², y se encuentra a una altitud que oscila entre 1300 y 3400 m, aunque en el sur de Ecuador, esta varía de 1000 a 3000 m, el clima es templado, el dosel del bosque normalmente no supera los 25 m y hay una notable presencia de plantas epífitas como musgos, helechos, orquídeas y bromelias (Ron, 2020). En las altitudes intermedias, los bosques suelen cubrirse de niebla por las tardes, recibiendo precipitación horizontal de las nubes bajas (Ron, 2020).

Zonas con algún tipo de protección

Con el *shape* del occidente se cortó en QGis sobre los *shapes* de áreas protegidas, bosques-vegetación protectores y los bosques protegidos por el programa Socio-Bosque.

Análisis espacial

Delimitación de la distribución altitudinal del jaguar

Se descargó un ráster de elevación (DEM) para Ecuador del dataset GTOPO30 desde la página web <https://earthexplorer.usgs.gov/>, posteriormente, el ráster fue cargado en QGis 3.28.3 y se transformó en un *shape* de curvas de nivel; los intervalos de nivel fueron de 100 m. Luego, se creó un *shape* poligonal y se dibujó la línea de los 2000 m de altitud para delimitar el alcance del modelo (figura 1), que es la altitud máxima reportada para *Panthera onca* (Sunquist y Sunquist, 2009). El *shape* fue usado para cortar y crear las curvas de nivel, ráster y otros *shape* usados para los posteriores análisis espaciales y para el modelo.

Cobertura arbórea

Se procesó y mapeó en Google Earth Engine y QGis, respectivamente, la información contenida en el *dataset* Hansen Global Forest Watch (Hansen et al., 2013), actualizado en 2022, donde los autores analizaron y ensamblaron las imágenes satelitales con observaciones claras de la superficie terrestre para identificar la cobertura arbórea (CA) de 2000, y su pérdida y ganancia de cobertura arbórea desde 2001 a 2021, creando un ráster para cada análisis, con una resolución de 30 m cada pixel; el ráster de cobertura arbórea muestra por pixel el porcentaje de la calidad de la cobertura arbórea que va desde 1 al 100 %. Las bandas usadas del dataset en este estudio fueron: El "treecover2000" que

representa el porcentaje de cobertura de dosel arbóreo para el año 2000, definido como el cierre del dosel para toda la vegetación con una altura superior a 5 metros. "Loss" se refiere a la pérdida de bosques durante el período de estudio, definida como una perturbación que reemplaza un bosque por un estado no forestal. Y "Gain" se refiere al aumento de la cobertura forestal durante el período de 2000 a 2012, definido como el inverso de la pérdida (un cambio de no bosque a bosque que ocurre completamente dentro del período de estudio).

El análisis de la cobertura arbórea se definió como toda la vegetación de más de cinco metros de altura y puede tomar la forma de bosques naturales (Hansen et al., 2013); la pérdida de la cubierta arbórea se definió como la “perturbación por reemplazo de rodales”, o la eliminación completa del dosel de la cubierta arbórea en la escala de píxeles de Landsat (Hansen et al., 2013). Con QGis se cuantificó las hectáreas de bosque aún existentes para 2000 y 2022 y el porcentaje de cobertura arbórea por intervalo 10 puntos (ejemplo: 1 a 10 %, 11 a 20 %...). El algoritmo que se utilizó para calcular la pérdida de cobertura arbórea desde el primero de enero de 2001 al 31 de diciembre de 2021 se menciona en el anexo 1.

Presas seleccionadas

El jaguar (*Panthera onca*) es un superdepredador con una dieta diversa que varía en función del ecosistema y las especies disponibles (Cavalcanti & Gese, 2009). El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el pecarí de collar blanco (*Dicotyles tajacu*), la corzuela roja de Gualea (*Mazama goualea*) y la paca (*Cuniculus paca*) son componentes importantes de la dieta del jaguar (Núñez et al., 2000; Hoogesteijn et al., 2006; Rosas-Rosas et al., 2008), estas especies son presas comunes debido a su tamaño mediano y su abundancia en los hábitats de los jaguares (Emmons, 1987). La presencia y la abundancia de estas especies, pueden tener un impacto significativo en la distribución y los movimientos de los jaguares en el paisaje (Cavalcanti & Gese, 2009), las cuales fueron seleccionadas para el presente estudio (Tabla 1).

Modelamiento de las presas del jaguar

El modelado de la distribución de las presas del jaguar es una herramienta valiosa para comprender la ecología y los movimientos de este felino en el paisaje, así como para identificar áreas prioritarias para la conservación y la restauración de hábitats; para el efecto, se usó Wallace, sirve para modelar nichos ecológicos que permiten estimar la distribución potencial de especies basada en variables ambientales y datos de presencia (Kass et al., 2018). Wallace es una aplicación GUI (Interfaz gráfica de usuario) basada en R y que usa paquetes para Maxent. La aplicación GUI creó el *script* del modelo en R a medida que se trabajaba en la interfaz en la página web (anexo 2). Wallace, junto con el paquete de Maxent, emplea la técnica de presencia-fondo. Los puntos de fondo comparan los valores de las variables predictoras en los puntos seleccionados con los de los puntos de ocurrencia (a diferencia de las técnicas de presencia-absencia, que requieren datos de ausencia estricta).

Procesamiento

Usando Wallace se descargó y filtró los registros de ocurrencias que se encontraban en las bases de Global Biodiversity Information Facility (GBIF), VERNET y posterior se agregó los datos publicados en revistas indexadas y registros de la Fundación para la Conservación e Investigación JaPu, obteniendo más de 600 registros. Posteriormente, se eliminaron los siguientes puntos de presencia: a) los duplicados, b) registros que no fue posible validar su veracidad, tanto en la búsqueda de los artículos a los que hacía referencia o base de datos en plataformas con iNaturalist, c) los puntos que estaban fuera de la cobertura arbórea actual y d) registros que estuvieran a menos de 2 km entre sí, buscando evitar el sobre ajuste de los modelos; consiguiendo una base final de 82 ocurrencias para cuatro especies seleccionadas para el jaguar: venado de cola blanca (27 registros), pecarí de collar (23 registros), corzuela roja de Gualea (15 registros) y paca de tierras bajas (17 registros).

Obtención de datos ambientales

Se obtuvo un ráster de las variables ambientales procedentes de la base de WorldClim Bioclims, que es una base de datos climática global derivadas de datos de estaciones meteorológicas interpoladas (Fick et al., 2017). Se seleccionaron nueve variables ambientales (bio). La resolución del ráster escogida fue de 2.5 arcsec (5 km).

- 'bio01', 'bio02', 'bio03', 'bio04', 'bio05', 'bio07', 'bio12', 'bio13', 'bio14', 'bio15'

Se eligió utilizar todas las variables bioclimáticas de WorldClim por varias razones. Primero, estas variables representan una variedad de condiciones ambientales que podrían ser relevantes para el nicho ecológico de una especie. Incluyen factores como la temperatura, la precipitación y la variabilidad estacional, todos los cuales pueden influir en la distribución y la supervivencia de una especie (Elith et al., 2006). Además, el uso de un conjunto completo de variables permite una evaluación más completa del nicho ecológico de la especie. Algunas especies pueden ser influenciadas por un subconjunto de variables bioclimáticas, mientras que otras pueden ser afectadas por un conjunto diferente. Al incluir todas las variables, nos aseguramos de no excluir potencialmente variables importantes (Araújo & New, 2007).

La elección de utilizar las mismas nueve variables ambientales para modelar el hábitat de múltiples especies como el grupo de presas tope del jaguar, como el venado cola blanca, el saíno de collar, la guanta y la mazama, se basa en la búsqueda de zonas de alta idoneidad compartida para todas o la mayoría de estas especies. Al identificar áreas donde las condiciones ambientales son adecuadas para estas presas del jaguar, se trabaja hacia la conservación de la biodiversidad en su conjunto y la preservación de los hábitats críticos. Aunque se reconoce las variabilidades específicas de cada especie, este enfoque simplificado permite buscar un punto medio que sea beneficioso para todas o la mayoría de las especies seleccionadas que funcionan como la fuente nativa histórica de alimento para el jaguar, lo que a su vez contribuirá a la conservación integral del ecosistema.

Procesado de datos ambientales

El término "fondo" en el modelamiento de especies se refiere al área de estudio de la que se extraen datos ambientales, estos datos representan las posibles condiciones bajo las cuales una especie podría existir (Phillips et al., 2006; Barve et al., 2011). En este estudio, se definió la extensión del "fondo" utilizando un shapefile del occidente del Ecuador, es decir, un archivo de datos que contiene la geometría y los atributos geográficos del área de estudio. Dentro de este "fondo" o área de estudio, se generó puntos aleatorios, llamados "puntos de fondo", que representan una muestra del rango total de las condiciones ambientales disponibles en la región. Estos puntos se usaron para

contrastar las condiciones en los lugares donde sabemos que las presas del jaguar están presentes frente a las condiciones en lugares donde podrían estar, dadas las condiciones ambientales. Y seleccionamos un total de 1000 puntos de fondo.

Ocurrencias de partición

Se particionó el espacio usando el método validación cruzada k-fold (Stone, 1974), dividiendo el conjunto de datos en cuatro bloques, para construir iterativamente un modelo utilizando todos los bloques menos uno y probar el modelo en el grupo excluido, conduciendo a la creación de un modelo “completo” que incluye todos los datos.

Modelo

Se usó el paquete Maxent para crear los modelos por especie, ya que tiene un aprendizaje automático que le permite ajustar los datos. Donde se seleccionaron las siguientes clases de modelos: lineal (L), lineal-cuadrática (LQ), bisagra (H) y lineal-cuadrática-bisagra (LQH). Con multiplicadores de regularización de 0.5 a 10. Manteniendo la opción de sujeción en TRUE para fijar las predicciones de los modelos, para obtener un total de 80 modelos.

Visualización

De los modelos generados se escogió uno, que luego se descargó como archivo TIF y mapeó en QGis, para un posterior filtro con el ráster de cobertura arbórea del 2022, donde se eliminó las zonas de alta idoneidad que estuvieran fuera de un porcentaje de cobertura arbórea de menos del 70 %, buscando eliminar este sesgo donde pudiera haber zonas que el modelo prediga como buenas, pero donde ya no hay zonas de bosque en buen estado de conservación.

Propuesta del corredor ecológico

La selección de las ubicaciones para los corredores ecológicos se realizó sobreponiendo las áreas de mayor idoneidad según el modelo escogido, con aquellas zonas con algún tipo de protección. Este procedimiento permitió identificar las áreas más adecuadas para la creación de corredores ecológicos, optimizando los recursos y las oportunidades de éxito de la reforestación y conservación (Peters et al., 2021). De esta manera, se buscó minimizar el esfuerzo de identificación no solo de zonas idóneas para

crear corredores ecológicos, sino, de zonas potenciales para iniciar procesos de restauración ecológica.

Por lo tanto, los corredores ecológicos se propusieron en áreas donde el análisis demostró condiciones propicias, tanto para la presencia de poblaciones sanas de las presas del jaguar y la reforestación, como para la conservación de estos bosques. Esta estrategia se desarrolló con el objetivo de maximizar el uso eficiente de los recursos y garantizar el éxito a largo plazo de futuras iniciativas de reforestación y conectividad para el corredor del jaguar de la costa, el cual se nombró corredor ecológico JaPu. Pero cabe recordar, que es un modelo que propone, y servirá como guía para estudios de evaluación de viabilidad en campo.

Resultados

Cobertura arbórea

Se determinó que en 2000 existían 6 736 904 ha de cobertura arbórea en el occidente de Ecuador, superficie que en 21 años perdió 406 145 ha; aunque, ganó 60 907 hasta 2012, aumento que en buena medida se atribuye a especies comerciales sembradas (Tabla 2). Además, se determinó que existía hasta 2022, un aproximado de 2 876 906 ha de cobertura arbórea con un porcentaje de cobertura superior al 90 %, representando el 45 % de la cobertura arbórea total del occidente de Ecuador (Tabla 2), y los años que hubo mayor pérdida fueron 2007, 2009 y 2012 (Figura 5).

Los resultados presentados en la tabla 2 y figura 6, muestran una imagen clara de la magnitud y la velocidad de la deforestación en el occidente de Ecuador. En especial podemos ver en la tabla 2 cómo la pérdida de cobertura arbórea ha impactado de manera diferente a diferentes rangos de cobertura arbórea. Los rangos con mayor pérdida en términos absolutos fueron los que tenían una cobertura inicial del 91–100 %, con una pérdida de 215 963 ha. Este rango representó más del 53 % de la pérdida total, lo que indica que las áreas de mayor cobertura arbórea han sido las más afectadas.

Modelo de distribución de presas

De los 80 modelos generados en Wallace, el modelo Cuadrático 3.0 al tener un AUC de 0.64 y un OR de 0.14 fue el más idóneo (Figura 7). Este modelo posteriormente fue seleccionado en Wallace y se mapeó en QGis (Figura 8), y posteriormente se filtró las zonas con una cobertura arbórea menor del 70 %.

El modelado de la distribución de estas presas permitió identificar áreas donde podría haber alta concentración de recursos tróficos para el jaguar (Figura 9). Por ejemplo, el modelado mostró una concentración potencial de presas en áreas protegidas públicas, privadas y comunales, esto indicaría que estas áreas son importantes para la supervivencia y la conservación del jaguar en la región.

Propuesta del corredor ecológico

Al sobreponer el modelo de la distribución de las presas de jaguar y las áreas con algún tipo de protección legal, se obtuvo que las zonas con mayor idoneidad para la presencia de las presas del jaguar seleccionadas fueron la cordillera Chongón Colonche, el Chocó y las estribaciones occidentales (Figura 10); además, se observa que la zona centro-sur de Manabí tiene una alta prioridad para iniciar con la restauración y para la creación del corredor ecológico, y así empezar a reconectar Colonche con el Chocó, que es donde aún se reporta la presencia de poblaciones de jaguares.

Discusión

El presente estudio proporciona información para el occidente de Ecuador sobre el estado de su cobertura arbórea, un modelo con las zonas de mayor idoneidad para la presencia de las presas del jaguar seleccionadas, y finalmente propone el corredor ecológico para el jaguar. Adicional, se obtuvo que aún existen áreas extensas de bosque, especialmente en la región de Chocó-Colonche y las estribaciones occidentales, zona prioritaria para iniciar la creación del corredor, ya que según el modelo escogido presenta alta idoneidad para las presas del jaguar (Figura 8) y además en la región del occidente se encuentran seis de las 10 regiones naturales identificadas para Ecuador (Figura 3).

En cuanto a la cobertura arbórea del occidente de Ecuador, en el año 2000 existían 6 736 904 ha aproximadamente, superficie que en 21 años perdió 406 145 ha, ésta pérdida de cobertura arbórea evidencia la degradación y la fragmentación de los bosques en la región; aunque ganó 60 907 hasta 2012, pero pudiendo ser este aumento por especies comerciales sembradas. El presente estudio es el primer estudio del que se tiene conocimiento que haya realizado un análisis de cobertura arbórea tan detallado y a alta resolución (30 metros por pixel). Este patrón de pérdida de cobertura arbórea se asocia principalmente con actividades humanas, como la deforestación, la expansión agrícola y la construcción de infraestructura (Venter et al., 2017). Estas actividades contribuyen al declive de poblaciones de fauna silvestre, incluyendo el jaguar, el cual es una especie clave en los ecosistemas tropicales y representa un indicador de la salud de los bosques (Ceballos et al., 2018), y su presencia en el occidente de Ecuador, ha sido fuertemente mermada (Tirira, 2011).

Otro dato obtenido fue que los rangos con mayor pérdida son los que tenían una cobertura inicial del 91–100 %, con una pérdida de 215 963 ha en total. Este rango representa más del 53 % de la pérdida total, lo que indica que las áreas de mayor cobertura arbórea han sido las más afectadas en 21 años. Estos datos muestran la importancia de tomar acciones de conservación más eficaces en la zona, ya que estas áreas serán las de mayor valor ecológico y más importantes para la conservación la sostenibilidad de las áreas protegidas y el corredor propuesto. Conjuntamente, los datos de pérdida anual muestran que la deforestación no ha sido constante a lo largo del tiempo, sino que ha habido años con pérdidas particularmente altas, como 2007, 2009 y 2012. Como hipótesis, se cree que la mayor parte está representada por deforestación, que puede haber sido impulsada por eventos específicos, como aumento de pobreza o cambios en las políticas y economías locales; estos resultados subrayan la importancia de implementar medidas de conservación y restauración participativas y efectivas en el occidente de Ecuador. Para la creación del corredor ecológico, como se propone en este estudio, el proteger las áreas de mayor cobertura arbórea y restaurar las zonas aledañas, será esencial para la conectividad ecológica entre estas zonas y facilitar la recuperación de la población del jaguar en el occidente.

Asimismo, el hecho de que el 45 % de la cobertura arbórea total en el occidente de Ecuador en 2022 corresponda a áreas con un porcentaje de cobertura arbórea superior al 90 %, destaca la importancia de conservar y restaurar estas áreas de alta calidad ecológica. Debido a que estas zonas son cruciales para mantener la biodiversidad y la conectividad ecológica en la región, lo que a su vez favorecerá la recolonización del jaguar (Hilty, 2021). La propuesta del corredor ecológico en el occidente de Ecuador también deberá a la hora de su implementación considerar estrategias de restauración y conservación en áreas con menor porcentaje de cobertura arbórea, ya que se debe comenzar acciones de restauración ecológica para no solo conservar lo que aún hay, sino también recuperar lo perdido. Fomentando la recuperación de ecosistemas degradados y la creación de conexiones entre fragmentos de hábitat (Hilty, 2021). Además, es fundamental involucrar a actores locales, como comunidades, en el proceso de planificación y manejo del corredor ecológico, asegurando que sus necesidades socioeconómicas y culturales sean tomadas en cuenta y exista un empoderamiento ambiental en la cultura de esas comunidades.

Otro punto del estudio, fue analizar de idoneidad de hábitat de las presas del jaguar, debido a que son fundamentales para mantener la salud y la condición física de los jaguares, lo que a su vez influye en su éxito reproductivo, la viabilidad de sus poblaciones (Cavalcanti & Gese, 2010), selección de hábitat y la distribución de los jaguares, ya que estos felinos tienden a ocupar áreas con alta disponibilidad de recursos tróficos (Tirira, 2021). El modelado de la distribución de las presas del jaguar en Wallace 2.0 fue una herramienta valiosa para comprender su ecología y los movimientos en los bosques del occidente y posiblemente a futuro del jaguar, así como para identificar áreas prioritarias para la conservación y la restauración de hábitats, usando Wallace se modeló la distribución de cuatro especies de presas clave del jaguar: el venado cola blanca, el pecarí de collar blanco, la corzuela roja y la guanta, donde se eligió el modelo Cuadrático 3.0, al tener un AUC de 0.64 y un OR de 0.14 (Figura 8), obteniendo que las zonas con mayor idoneidad para la presencia de las presas del jaguar seleccionadas fueron el hotspot de diversidad Choco-Colonche y las estribaciones occidentales; además, se observa que la zona centro-sur de Manabí tiene una alta prioridad para iniciar con la restauración para la creación del corredor ecológico y reconectar Colonche con el Chocó y mostró una concentración potencial de presas en áreas protegidas públicas, privadas y comunales,

esto indicaría que estas áreas son importantes para la supervivencia y la conservación del jaguar. Y es en estas zonas, donde se propone la creación del corredor ecológico en el occidente de Ecuador del presente estudio para el jaguar, aunque difiere de lo propuesto por la WWF (2020) con el plan del jaguar 2030, donde plantea la creación de un corredor en el occidente de Ecuador que empieza en la frontera con Colombia, baja hasta la zona centro y de ahí a las estribaciones occidentales, dejando de lado la zona sur-occidental del país.

Conjuntamente de la validación cruzada ya implementada en el modelado de la distribución de especies en el presente estudio, existen otros procesos de validación que podrían disminuir el sesgo y así hacer que el modelo cumpla con los objetivos de identificar las mejores zonas para la creación de los corredores ecológicos para el jaguar en el occidente de Ecuador. Por ejemplo, la validación independiente, implica comparar las predicciones del modelo con un conjunto de datos de validación independiente, podría proporcionar una medida adicional de la precisión del modelo (Lee-Yaw et al., 2020). Este proceso puede ayudar a identificar cualquier sesgo en el modelo y proporcionar una estimación más realista de su rendimiento en nuevas ubicaciones o condiciones, en caso de que se considerara necesario a la hora de su implementación. Además, la evaluación de la robustez del modelo a través de pequeñas perturbaciones en los datos de entrada o las condiciones del modelo puede proporcionar una mayor confianza en la estabilidad y fiabilidad del modelo (Lim, 2002). Este proceso de validación adicional podría proporcionar una mayor confianza en la precisión y utilidad del modelo y ayudar a garantizar que el corredor sea afinado en un futuro.

Uno de los principales problemas que enfrentan las comunidades locales en relación con los jaguares es el conflicto entre estos y su ganado, los jaguares suelen atacar el ganado a falta de presas naturales, lo que lleva a una pérdida económica para los propietarios de los animales y puede generar actitudes negativas hacia la conservación del jaguar (Soto-Shoender & Main, 2013). En respuesta a estos ataques, los ganaderos recurren a la caza o envenenamiento de jaguares para proteger su ganado, lo que representa una amenaza para la supervivencia de estos felinos (Polisar et al., 2003).

Siendo crucial el abordar estos conflictos, mediante la promoción de prácticas de manejo sostenibles y la creación de incentivos para la conservación de los jaguares y sus presas (Cavalcanti et al., 2018). Esto puede incluir programas de compensación y mitigación de conflictos, el desarrollo de prácticas de manejo del ganado que reduzcan la vulnerabilidad a los ataques de jaguares, y la implementación de programas de educación ambiental sobre la importancia de la conservación de los jaguares y sus presas para la salud de los ecosistemas y las comunidades locales (Zimmermann et al., 2005).

La educación ambiental sobre la importancia de los jaguares y sus presas en la ecología local y la necesidad de su conservación son fundamentales para promover actitudes y comportamientos positivos en las comunidades locales (Zimmermann et al., 2005). Además, es importante involucrar a las comunidades locales en la toma de decisiones y la implementación de estrategias de conservación de jaguares, como la creación de corredores ecológicos, para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de estas iniciativas (Rabinowitz y Zeller, 2010). Los proyectos de conservación bien ejecutados que buscan proteger a los jaguares y sus presas proporcionan beneficios económicos y sociales a las comunidades locales a través del turismo de vida silvestre y la mejora del ecosistema, como la provisión de servicios ecosistémicos y la mejora de la calidad del agua (López-González & Miller, 2002). Estos beneficios pueden ayudar a fomentar la aceptación y el apoyo de las comunidades locales para la conservación de los jaguares y la creación de corredores ecológicos en el occidente de Ecuador.

Y, por último, el monitoreo y la conservación a largo plazo de los jaguares y sus presas en el occidente de Ecuador son fundamentales para garantizar la viabilidad de sus poblaciones y mantener los procesos ecológicos en los que participan estas especies (Rabinowitz & Zeller, 2010). Para lograr esto, es necesario implementar una serie de estrategias de investigación, monitoreo y manejo que aborden los principales factores de amenaza y desafíos para la conservación de los jaguares y sus presas, así como las interacciones entre estas especies y las comunidades humanas locales. Con la Fundación JaPu, junto con otros colaboradores, se ha realizado un monitoreo en la región, proporcionando datos valiosos para el presente estudio por medio de cámaras trampa; los

datos generados han demostrado ser de valor en este aspecto, identificando las áreas críticas para la conservación y proporcionando una base sólida para la propuesta de creación de corredores ecológicos, en especial la zona de *hotspot* Choco-Colonche. Además de monitorear las poblaciones de jaguares y sus presas. Esto puede incluir la creación y expansión de áreas protegidas, la implementación de corredores ecológicos que faciliten el movimiento de los jaguares y sus presas a través del paisaje, y la restauración y conservación de hábitats clave para estas especies (Rabinowitz & Zeller, 2010), como las zonas identificadas dentro del corredor propuesto en el presente estudio y las zonas con cobertura arbórea menor al 70 %.

Los resultados del presente estudio, permitieron identificar áreas que son cruciales para la supervivencia y el movimiento del jaguar y sus presas en el occidente de Ecuador. Estas áreas, por lo tanto, se convierten en posibles ubicaciones para los corredores ecológicos propuestos. El establecimiento del corredor permitirá la movilidad y la dispersión de los jaguares y sus presas, lo que es fundamental para su adaptación al cambio climático, en especial en el occidente de Ecuador. Finalmente, estos resultados también identifican las zonas con menor cobertura arbórea, permitiendo ayudar a mejorar las estrategias de restauración y conservación en estas áreas, fomentando la recuperación de ecosistemas degradados y la creación de conexiones entre fragmentos de hábitat. Lo que puede aumentar la resiliencia de los jaguares y sus presas al cambio climático (Hilty et al., 2021).

La implementación de estas estrategias de monitoreo y conservación a largo plazo son fundamentales para garantizar la supervivencia y la recuperación de las poblaciones de jaguares y sus presas en el occidente de Ecuador. Esta propuesta del corredor ecológico para el jaguar en el occidente de Ecuador, es solo el paso inicial, el corredor propuesto sirve como guía para los estudios en campo, que servirá para delimitar el corredor a la realidad de campo (social, económica y ecológica). Siguiendo esta premisa, se recomienda estudios sociales y económicos para sentar bases sólidas, donde se deberá empezar identificando actores clave para generar alianzas articuladas que permitan optimizar el trabajo de campo, como líderes locales, organizaciones no gubernamentales

(ONGs), al MAATE, empresas privadas, administradores de áreas protegidas, propietarios de reservas privadas, representantes del gobierno local (municipalidades) y universidades.

Conclusiones

1. La cobertura arbórea del occidente de Ecuador ha experimentado una reducción reveladora, con una pérdida del 6 % (406 145 ha) en los últimos 21 años. Para 2022, el 45 % de la cobertura arbórea remanente correspondía a áreas con cobertura superior al 90 %, lo que indica la necesidad de acciones de conservación y restauración en estas zonas de alta calidad ecológica para proteger la biodiversidad y la conectividad ecológica en la región.
2. El modelo seleccionado indicó que las zonas con mayor idoneidad para la presencia de las presas del jaguar corresponden al área que comprende la cordillera de la Costa, entre Chocó y Colonche y las estribaciones occidentales. Además, se identificó la zona centro-sur de Manabí como prioritaria para iniciar acciones de restauración y crear un corredor ecológico que permita conectar Colonche con el Chocó, región donde aún se reporta la presencia de poblaciones de jaguares.
3. El estudio propone un corredor ecológico en el occidente de Ecuador, enfocado en zonas con alta calidad de hábitat y conectividad ecológica, considerando los resultados obtenidos en la cobertura arbórea y el modelamiento de las presas del jaguar, pero es imperativo la identificación de las zonas más aptas para la conectividad, sirviendo como guía el presente estudio. Este corredor ecológico es necesario para facilitar el movimiento y la dispersión de las especies que pudieran beneficiarse de su existencia, tanto entre los distintos hábitats y las áreas protegidas, lo que a su vez se esperaría que, en el futuro, si las condiciones lo permiten, favorezca la recolonización del jaguar y contribuya al mantenimiento de la diversidad genética de las poblaciones.

4. La implementación de estrategias de restauración y conservación en áreas con menor porcentaje de cobertura arbórea es crucial para la recuperación de ecosistemas degradados y la creación de conexiones entre fragmentos de hábitat.
5. La participación de actores locales en la planificación y gestión del corredor ecológico es esencial para garantizar que se consideren sus necesidades socioeconómicas y culturales.
6. Este estudio es el primero para Ecuador utilizando el dataset de Hansen, lo que permite conocer la realidad sobre el estado de conservación de los bosques del occidente de Ecuador y usar esta información como base para la propuesta de corredores ecológicos.
7. La protección y restauración del hábitat son fundamentales para garantizar la supervivencia a largo plazo de los jaguares y sus presas en el occidente de Ecuador. La creación de áreas protegidas y corredores ecológicos puede mejorar la conectividad del hábitat y facilitar la recolonización y dispersión de los jaguares y sus presas.

Recomendaciones

- Desarrollar e implementar estrategias de manejo adaptativo basadas en la investigación científica y el monitoreo continuo de las poblaciones de jaguares y sus presas en el occidente de Ecuador. Esto permitirá ajustar las acciones de conservación y manejo según las necesidades cambiantes y los desafíos emergentes.
- Fomentar la colaboración y la comunicación entre las partes interesadas involucradas en la conservación del jaguar y sus presas, incluidos los gobiernos, las ONG, los investigadores, las comunidades locales y el sector privado. Esto permitirá una mayor coordinación y eficacia en la implementación de estrategias de conservación y manejo.

- Promover la educación y la concienciación sobre la importancia de la conservación del jaguar y sus presas entre las comunidades locales y el público en general. Esto puede incluir actividades de divulgación, talleres y programas educativos que destaquen la importancia ecológica y cultural de los jaguares y sus presas, así como los beneficios económicos y sociales derivados de su conservación.
- Implementar medidas para reducir y mitigar los conflictos entre jaguares, sus presas y las actividades humanas, como la ganadería y la agricultura. Esto puede incluir el uso de cercas eléctricas, la protección de los animales domésticos, el apoyo a prácticas agrícolas y ganaderas sostenibles y la compensación a los propietarios de tierras por la pérdida de ganado.
- Integrar la conservación del jaguar y sus presas en las políticas y estrategias de desarrollo sostenible a nivel local, regional y nacional. Esto ayudará a garantizar que las acciones de conservación sean compatibles con las necesidades y prioridades socioeconómicas de las comunidades locales y contribuyan a la mejora de las condiciones de vida y el bienestar de la población.
- Fortalecer y expandir la red de áreas protegidas y corredores ecológicos en el occidente de Ecuador para garantizar la conectividad ecológica y la viabilidad a largo plazo de las poblaciones de jaguares y sus presas. Esto puede incluir la designación de nuevas áreas protegidas, la mejora del manejo de las áreas protegidas existentes y la implementación de estrategias de conservación en paisajes productivos y áreas de uso mixto.
- Incentivar y apoyar la investigación científica sobre el jaguar y sus presas en el occidente de Ecuador, con énfasis en el estudio de su ecología, comportamiento, distribución y tendencias poblacionales, así como en la evaluación de las amenazas y los factores que influyen en su supervivencia. Esta información será crucial para el diseño e implementación de estrategias de conservación y manejo efectivas.

- Establecer un sistema de monitoreo y evaluación para medir y evaluar el progreso y la efectividad de las acciones de conservación del jaguar y sus presas en el occidente de Ecuador. Esto permitirá identificar áreas de éxito y áreas donde se requieren ajustes o mejoras en las estrategias y acciones de conservación.
- Promover el ecoturismo responsable y sostenible como una herramienta para la conservación del jaguar y sus presas Fomentar la cooperación regional e internacional en la conservación del jaguar y sus presas, dada la importancia de estos animales como indicadores de la salud y la integridad ecológica de los ecosistemas neotropicales. Esto puede incluir la participación en iniciativas y programas de conservación a nivel regional, como el Corredor del Jaguar en América Central y la Iniciativa Jaguar 2030 en América Latina.
- Apoyar el desarrollo y la implementación de tecnologías y herramientas innovadoras para la conservación del jaguar y sus presas, como el uso de cámaras trampa, teledetección, modelado espacial y aplicaciones móviles para el monitoreo y la gestión de la fauna silvestre y los ecosistemas.
- Implementar programas de restauración y reforestación en áreas degradadas y fragmentadas del hábitat del jaguar y sus presas, con el fin de mejorar la conectividad ecológica, aumentar la resiliencia frente al cambio climático y promover la recuperación de las poblaciones de fauna silvestre.
- Establecer alianzas estratégicas con el sector privado, especialmente con empresas y organizaciones que operan en áreas clave para la conservación del jaguar y sus presas, como la industria forestal, la minería y la agroindustria. Estas alianzas pueden contribuir a la promoción de prácticas sostenibles y responsables que minimicen el impacto sobre el hábitat y las poblaciones de jaguares y sus presas.
- Promover la participación activa y significativa de las comunidades locales e indígenas en la conservación del jaguar y sus presas, reconociendo y valorando sus conocimientos y prácticas tradicionales y asegurando que los beneficios de la conservación sean compartidos de manera justa y equitativa.

- Desarrollar estrategias de financiamiento sostenible para la conservación del jaguar y sus presas en el occidente de Ecuador, incluyendo la movilización de recursos públicos y privados, la creación de fondos de conservación y el desarrollo de mecanismos de compensación y pago por servicios ecosistémicos.

Literatura citada

- Araújo M., B., & New, M. (2007) Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology & Evolution* 22: 42-47.
- Barros, J. G., & Troncoso, A. Y. (2010). Atlas climatológico del Ecuador. Tesis de Grado, Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Barve, N., Barve, V., Jiménez-Valverde, A., Lira-Noriega, A., Maher, S. P., Peterson, A. T., ... & Villalobos, F. (2011). The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. *Ecological Modelling*, 222(11), 1810-1819.
- Caro, T. (2003). Umbrella species: critique and lessons from East Africa. *Animal Conservation*, 6(2), 171-181.
- Cavalcanti, S. M. C., & Gese, E. M. (2009). Spatial Ecology and Social Interactions of Jaguars (*Panthera Onca*) in the Southern Pantanal, Brazil. *Journal of Mammalogy*, 90(4), 935–945. doi:10.1644/08-mamm-a-188.1
- Cavalcanti, S. M., Marchini, S., Zimmermann, A., Gese, E. M., & Macdonald, D. W. (2018). Jaguars, livestock, and people in Brazil: realities and perceptions behind the conflict. Pages 383-402 in *The biology and conservation of wild felids*. Edited by D. Macdonald and A. Loveridge. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom.
- Ceballos, F. C., Joshi, P. K., Clark, D. W., Ramsay, M., & Wilson, J. F. (2018). Runs of homozygosity: windows into population history and trait architecture. *Nature Reviews Genetics*, 19(4), 220–234. doi:10.1038/nrg.2017.109

- De la Torre, J. A., González-Maya, J. F., Zarza, H., Ceballos, G., & Medellín, R. A. (2017). The jaguar's spots are darker than they appear: assessing the global conservation status of the jaguar *Panthera onca*. *Oryx*, 51(1).
- Elith, J., H. Graham, C., P. Anderson, R., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., ... E. Zimmermann, N. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29(2), 129–151. doi:10.1111/j.2006.0906-7590.04596.x
- Ersoy, E., Jorgensen, A., & Warren, P. H. (2018). Identifying multispecies connectivity corridors and the spatial pattern of the landscape. *Urban Forestry & Urban Greening*. doi:10.1016/j.ufug.2018.08.001
- FAO y PNUMA. (2020). El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca8642es>
- Fick, S.E. & Hijmans, R.J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*.
- Foley, J. A. (2005). Global Consequences of Land Use. *Science*, 309(5734), 570–574. doi:10.1126/science.1111772
- Foster, G., J.D. Annan, P.D. Jones, M.E. Mann, B. Mullan, J. Renwick, J. Salinger, G.A. Schmidt, and K.E. Trenberth, 2010. Comment on "Influence of the Southern Oscillation on tropospheric temperature" by J.D. McLean, C.R. de Freitas, and R.M. Carter. *J. Geophys. Res.*, 115, D09110, doi:10.1029/2009JD012960.
- Freile, J. F., Ron, K., Paredes, T., Onofa, A., Pardo-González, A., Ordóñez-Delgado, L. (2022). Guía para conocer e implementar corredores de conectividad en Ecuador. ProAmazonía, Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador.
- Gilg, O. (2003). Cyclic Dynamics in a Simple Vertebrate Predator-Prey Community. *Science*, 302(5646), 866–868. doi:10.1126/science.1087509
- Gilbert-Norton, L., Wilson, R., Stevens, J. R., & Beard, K. H. (2010). A Meta-Analytic Review of Corridor Effectiveness. *Conservation Biology*, 24(3), 660-668.
- González-Christen, A. (2010). Los mamíferos de Veracruz: distribución, endemismo y estado de conservación. In *Biodiversidad de Veracruz: ecosistemas terrestres*, A.

CruzAngón (coord.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A. C. México, D. F. p. 579-592.

González-Maya, J. F., Cepeda, A., Belant, J. L., Zárrate-Charry, D., Balaguera-Reina, S. A., & Rodríguez-Bolaños, A. (2011). Research priorities for the small carnivores of Colombia. *Small Carnivore Conservation*, 44, 7-13.

Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., ... & Kommareddy, A. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, 342(6160), 850-853.

Hilty, J., Muller, B., Pantin, F., & Leuzinger, S. (2021). Plant growth: the What, the How, and the Why. *New Phytologist*, 232(1), 25–41. doi:10.1111/nph.17610

Hoogesteijn, R., E. Boede y E. Mondolfi. 2006. Observaciones de la depredación de bovinos por jaguares en Venezuela y los programas gubernamentales de control. In *El jaguar en el nuevo milenio*, R. Medellín, A. Equihua, C. Chetkiewics, A. Rabinowitz, P. Crawshaw, A. Rabinowitz, K. Redford, J. Robinson, E. Sanderson y A. Taber (eds.). Fondo de Cultura Económica/ Universidad Nacional Autónoma de México/ Wildlife Conservation Society, México, D. F. p. 183-197.

Karanth, K. K., Nichols, J. D., Karanth, K. U., Hines, J. E., & Christensen, N. L. (2010). The shrinking ark: patterns of large mammal extinctions in India. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277(1690), 1971–1979. doi:10.1098/rspb.2010.0171

Kass, J. M., B. Vilela, M. E. Aiello-Lammens, R. Muscarella, C. Merow, and R. P. Anderson. (2018). Wallace: A flexible platform for reproducible modeling of species niches and distributions built for community expansion. *Methods in Ecology and Evolution* 9: 1151–1156.

Kleemann, J., Zamora, C., Villacis-Chiluisa, A., Cuenca, P., Koo, H., Noh, J., Fürst, C., y Thiel, M. (2022). “Deforestación en el Ecuador Continental con Enfoque de Áreas Protegidas” *Land* 11, no. 2: 268. <https://doi.org/10.3390/land11020268>

Lacher, T. E., Davidson, A. D., Fleming, T. H., Gómez-Ruiz, E. P., McCracken, G. F., Owen-Smith, N., Peres, C. A., & Vander Wall, S. B. (2019). The functional roles

of mammals in ecosystems. *Journal of Mammalogy*, 100(3), 942–964.
<https://www.jstor.org/stable/27018171>

Lee-Yaw, J. A., Kharouba, H. M., Bontrager, M., Mahony, C., Csergő, A. M., Noreen, A. M., ... & Angert, A. L. (2020). A synthesis of transplant experiments and ecological niche models suggests that range limits are often niche limits. *Ecology Letters*, 23(6), 1043-1054.

Leija, E. G., & Mendoza, M. E. (2021). Estudios de conectividad del paisaje en América Latina: retos de investigación. *Madera y bosques*, 27(1), e2712032. Epub 06 de mayo de 2021.<https://doi.org/10.21829/myb.2021.2712032>

Lim, B. K., Peterson, A. T., & Engstrom, M. D. (2002). Robustness of ecological niche modeling algorithms for mammals in Guyana. *Biodiversity and Conservation*, 11, 1237-1246. <https://doi.org/10.1023/A:1016038501986>

López-González, C. A., & Miller, B. J. (2002) "Do jaguars (*Panthera onca*) depend on large prey?" *Western North American Naturalist*: Vol. 62: No. 2, Article 10.

Available at: <https://scholarsarchive.byu.edu/wnan/vol62/iss2/10>

Lynch, J. D., & Duellman, W. E. (1980). The *Eleutherodactylus* of the Amazonian slopes of the ecuadorian Andes (Anura: Leptodactylidae). *The University of Kansas* 69: 1–86. Lawrence, Kansas, USA.

Núñez, R., B. Miller y F. Lindzey. (2000). Food habits of jaguar and pumas in Jalisco, México. *Journal of Zoology* 252:373-379

Peters, M.D.J., Marnie, C., Colquhoun, H. Chantelle M. Garritty, Susanne Hempel, Tanya Horsley, Etienne V. Langlois, Erin Lillie, Kelly K. O'Brien, Özge Tunçalp, Michael G. Wilson, Wasifa Zarin & Andrea C. Tricco. (2021). Scoping reviews: reinforcing and advancing the methodology and application. *Syst Rev* 10, 263. <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01821-3>

Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3-4), 231-259.

Polisar, J., Maxit, I., Scognamillo, D., Farrell, L., Sunquist, M. E., & Eisenberg, J. F. (2003). Jaguars, pumas, their prey base, and cattle ranching: ecological

interpretations of a management problem. *Biological Conservation*, 109(2), 297–310. doi:10.1016/s0006-3207(02)00157-x

Pourrut, P. (1983). *Los Climas del Ecuador – Fundamentos explicativos*. Orstom. Quito, Ecuador.

Rabinowitz, A., & Zeller, K. A. (2010). A range-wide model of landscape connectivity and conservation for the jaguar, *Panthera onca*. *Biological Conservation*, 143(4), 939–945. doi:10.1016/j.biocon.2010.01.002

Ron, S. R. (2020). *Regiones naturales del Ecuador*. BIOWEB. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Disponible en <<https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/RegionesNaturales>> Consulta: 20 de julio 2023.

Rosas-Rosas, O., L. Bender y R. Valdez. 2008. Jaguar and puma predation on cattle calves in northeastern Sonora, Mexico. *Rangeland Ecology and Management* 61:554-560.

Santiago Espinosa, Galo Zapata Ríos, Miguel Ángel Saavedra, Juan José Alava y Diego G. Tirira. 2011. JAGUAR DE LA COSTA (*Panthera onca centralis*). Pp. 94–95, en: *Libro Rojo de los mamíferos del Ecuador* (D. G. Tirira, ed.), 2a. edición. Fundación Mamíferos y Conservación, Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Ministerio del Ambiente del Ecuador. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 8. Quito.

Stone, M. (1974). Cross-Validatory Choice and Assessment of Statistical Predictions. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 36(2), 111–147. <http://www.jstor.org/stable/2984809>

Soto-Shoender, J. R., & Main, M. B. (2013). Differences in stakeholder perceptions of the jaguar *Panthera onca* and puma *Puma concolor* in the tropical lowlands of Guatemala—ERRATUM. *Oryx*, 47(02), 309. doi:10.1017/s0030605313000318

Tirira, D. G. (ed.). 2011. *Libro Rojo de los mamíferos del Ecuador*. 2a. edición. Fundación Mamíferos y Conservación, Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Ministerio del Ambiente del Ecuador. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 8.

- Tirira, D. G. 2017. Guía de campo de los mamíferos del Ecuador. 2a. edición. Asociación Ecuatoriana de Mastozoología y Editorial Murciélago Blanco. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 11.
- Tirira, D. G. (ed.). (2021). Lista Roja de los mamíferos del Ecuador. In Libro Rojo de los mamíferos del Ecuador (3rd Ed.). Asociación Ecuatoriana de Mastozoología, Fundación Mamíferos y Conservación, Pontificia Universidad Católica del Ecuador and Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador. Publicación Especial sobre los mamíferos del Ecuador 13.
- Tobler M.W., S.E. Carrillo-Percestequi, R. Leite Pitman, et al. 2008. An evaluation of camera traps for inventorying large and medium sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation* 11: 169-178.
- Tyukavina, A., Hansen, M. C., Potapov, P. V., Stehman, S. V., Smith-Rodriguez, K., Okpa, C., & Aguilar, R. (2017). Types and rates of forest disturbance in Brazilian Legal Amazon, 2000–2013. *Science Advances*, 3(4), e1601047. doi:10.1126/sciadv.1601047
- Varela, L. A., & Ron, S. R. (2018). Geografía y clima del Ecuador. BIOWEB. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Disponible en <<https://bioweb.bio/geografiaClima.html/>> Consulta: 31 de enero 2019.
- Vásquez-Grandón, A., Donoso, P., & Gerding, V. (2018). Forest Degradation: When Is a Forest Degraded? *Forests*, 9(11), 726. doi:10.3390/f9110726
- Venter, C., Brown, T., Meyer, R., Walsh, J., Shah, N., Nowak-Węgrzyn, A., ... Fox, A. T. (2017). Better recognition, diagnosis and management of non-IgE-mediated cow's milk allergy in infancy: iMAP—an international interpretation of the MAP (Milk Allergy in Primary Care) guideline. *Clinical and Translational Allergy*, 7(1). doi:10.1186/s13601-017-0162-y
- WWF. (2020). WWF Jaguar Strategy 2020-2030.
- Zapata-Ríos, G. & Araguillin, E. (2013). Estado de conservación del jaguar y el pecarí de labio blanco en el Ecuador occidental. *Biodiversidad Neotropical*. 3. 21-29. 10.18636/bioneotropical.v3i1.117.

Zimmerman, B. L., & Kormos, C. F. (2005). Prospects for sustainable logging in tropical forests. *BioScience*, 62(5), 479-487.

Figuras

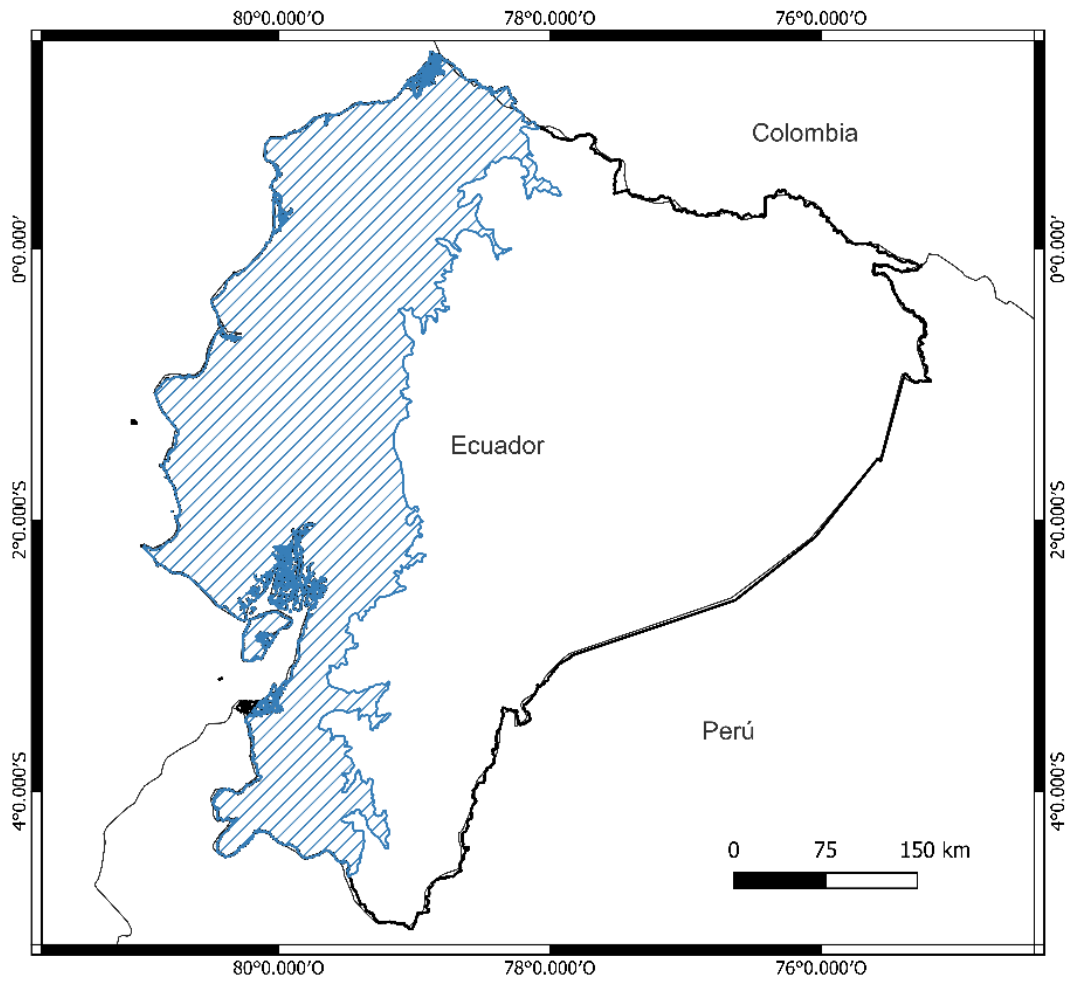


Figura 1. Área de estudio: Occidente de Ecuador, entre los 0 y 2 000 m de altitud.



Figura 2. Presas del jaguar: Venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el pecarí de collar (*Dicotyles tajacu*), la corzuela roja de Gualea (*Mazama gualea*) y la paca (*Cuniculus paca*). Fotos por Fundación para la Conservación e Investigación JaPu.

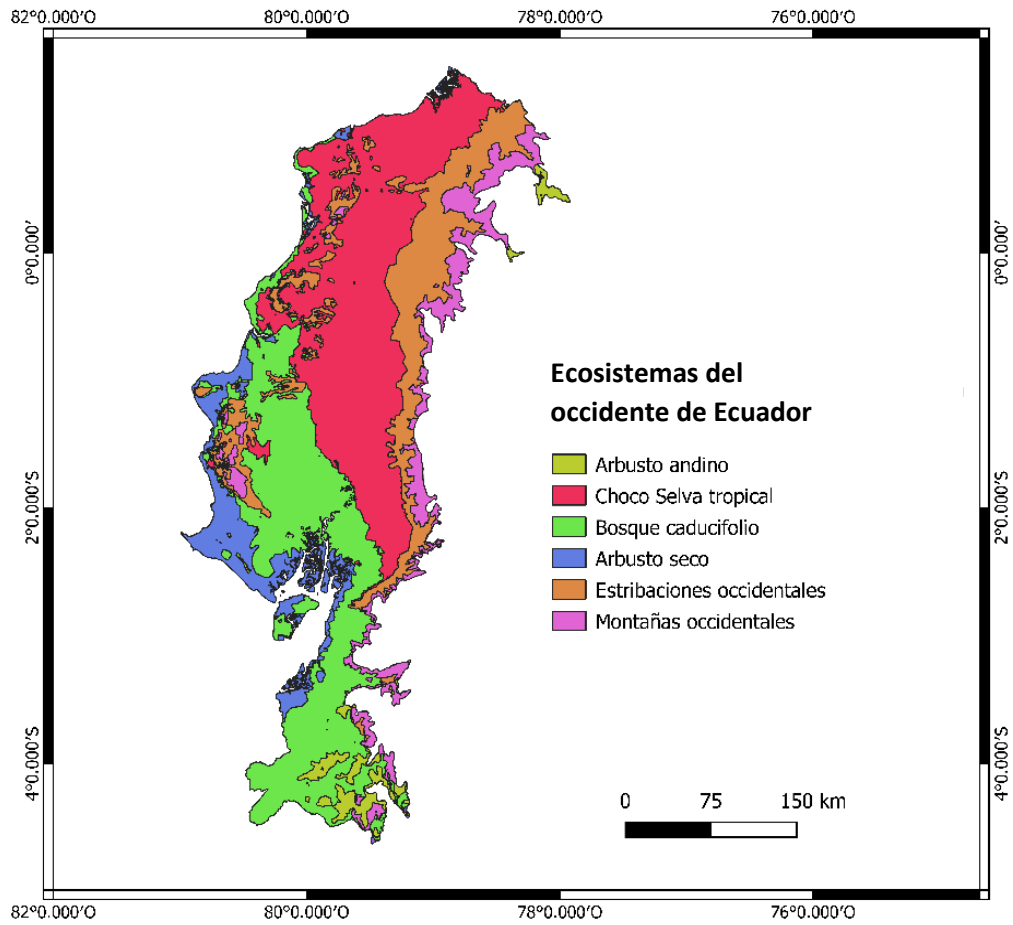


Figura 3. Ecosistemas del occidente de Ecuador.

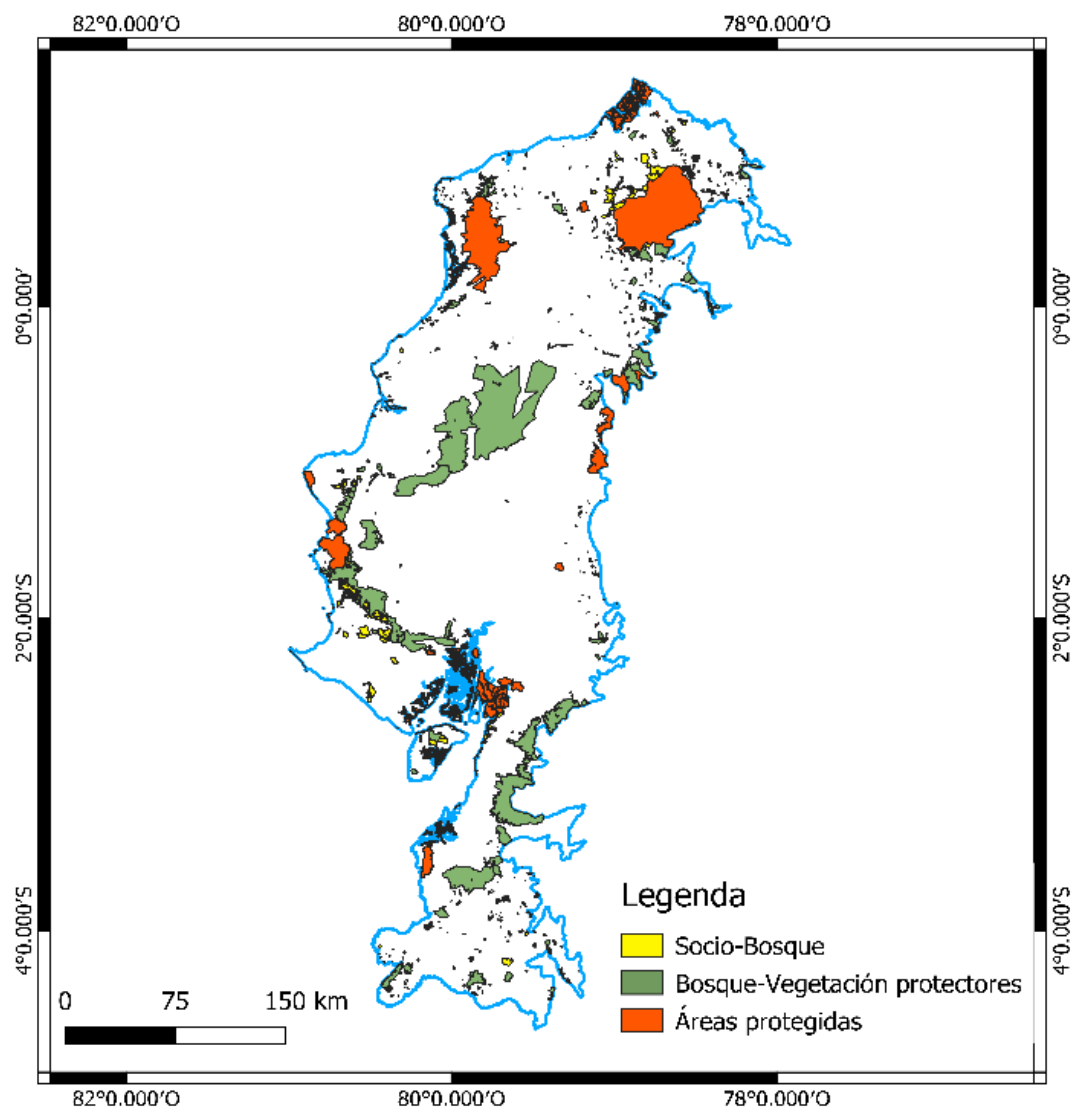


Figura 4. Zonas protegidas del occidente de Ecuador.

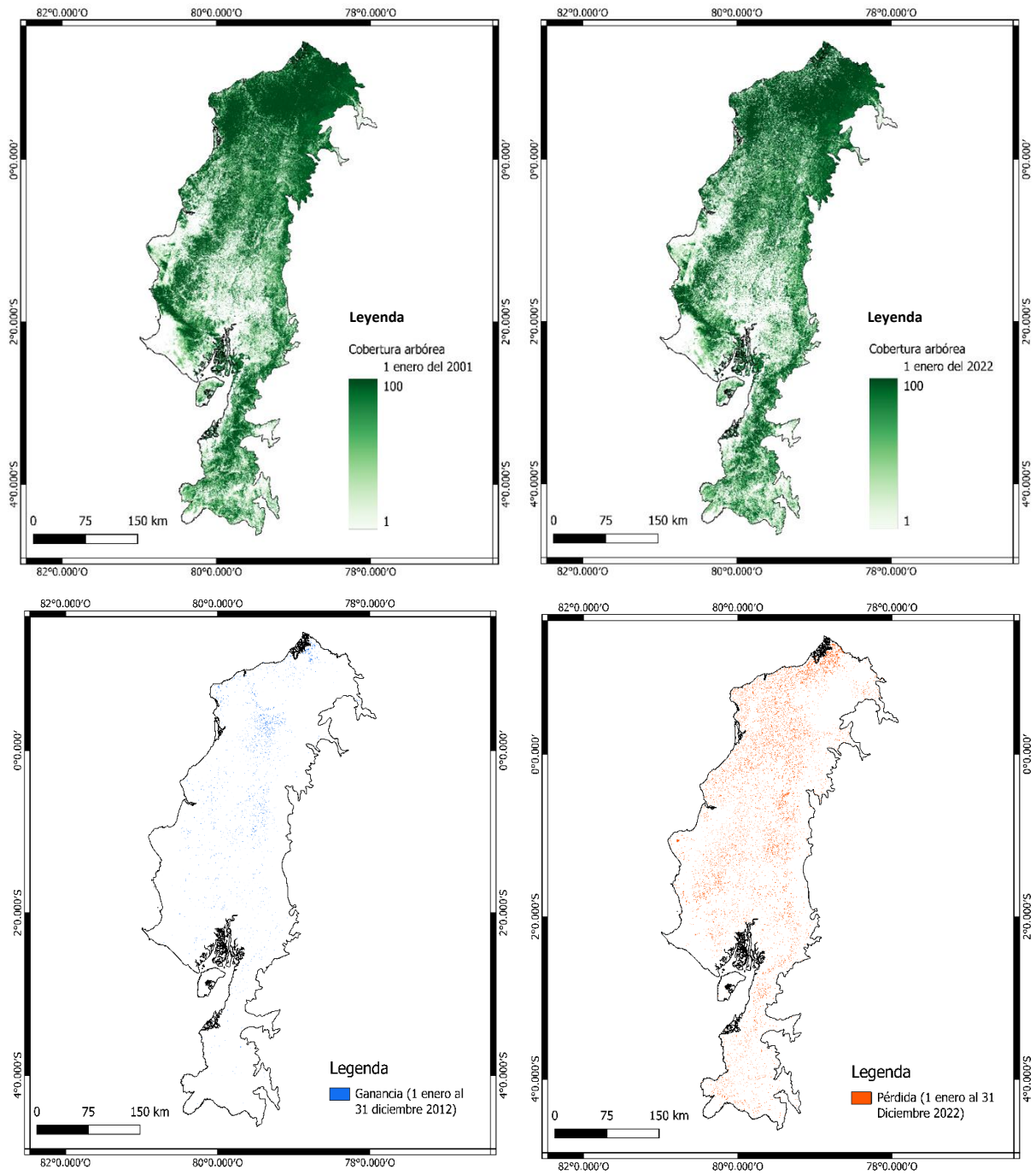


Figura 5. Cobertura arbórea del occidente de Ecuador, Arriba izquierda) Cobertura para 2000 y derecha) Cobertura para inicios de 2022. Abajo izquierda) Ganancia y derecha) Pérdida de cobertura.

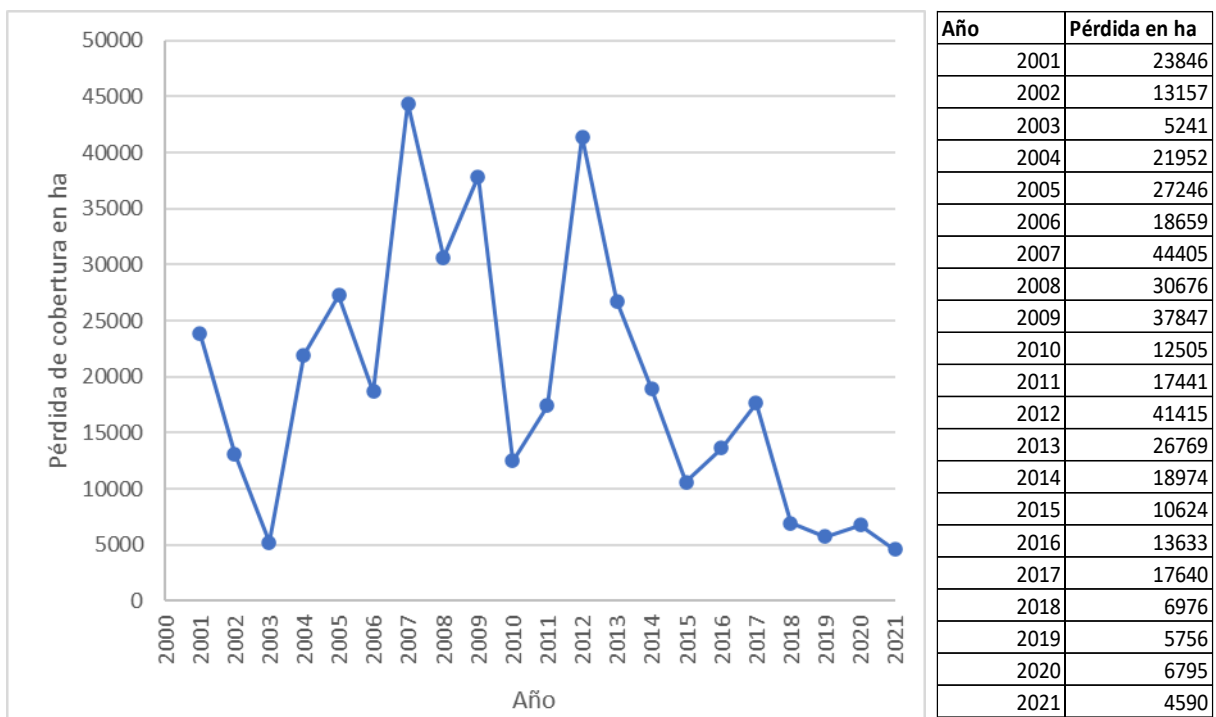


Figura 6. Pérdida de cobertura arbórea por año en el occidente de Ecuador (según fuente u origen de los datos).

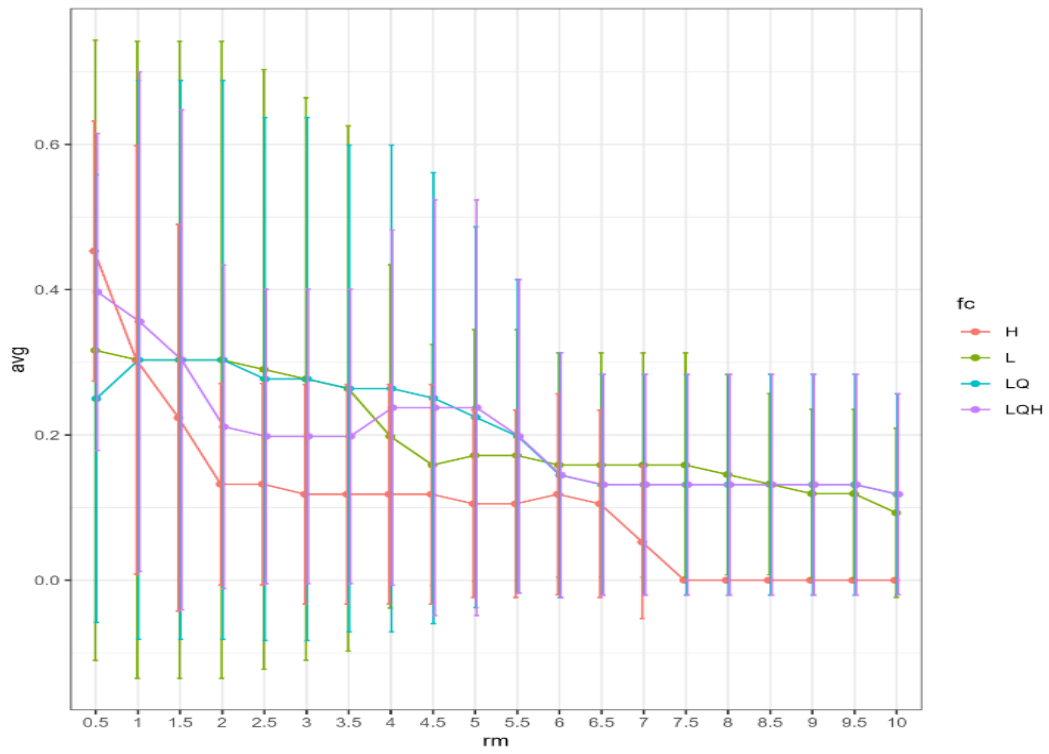
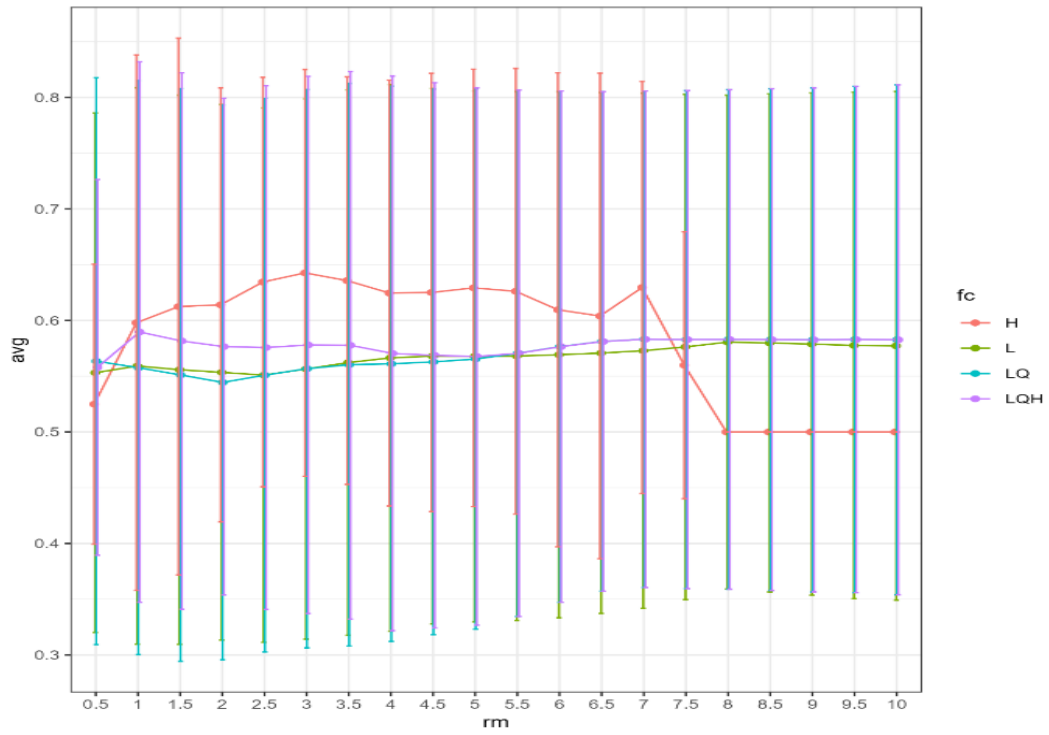


Figura 7. Evaluación de modelos. Arriba AUC y abajo el OR al 10 %.

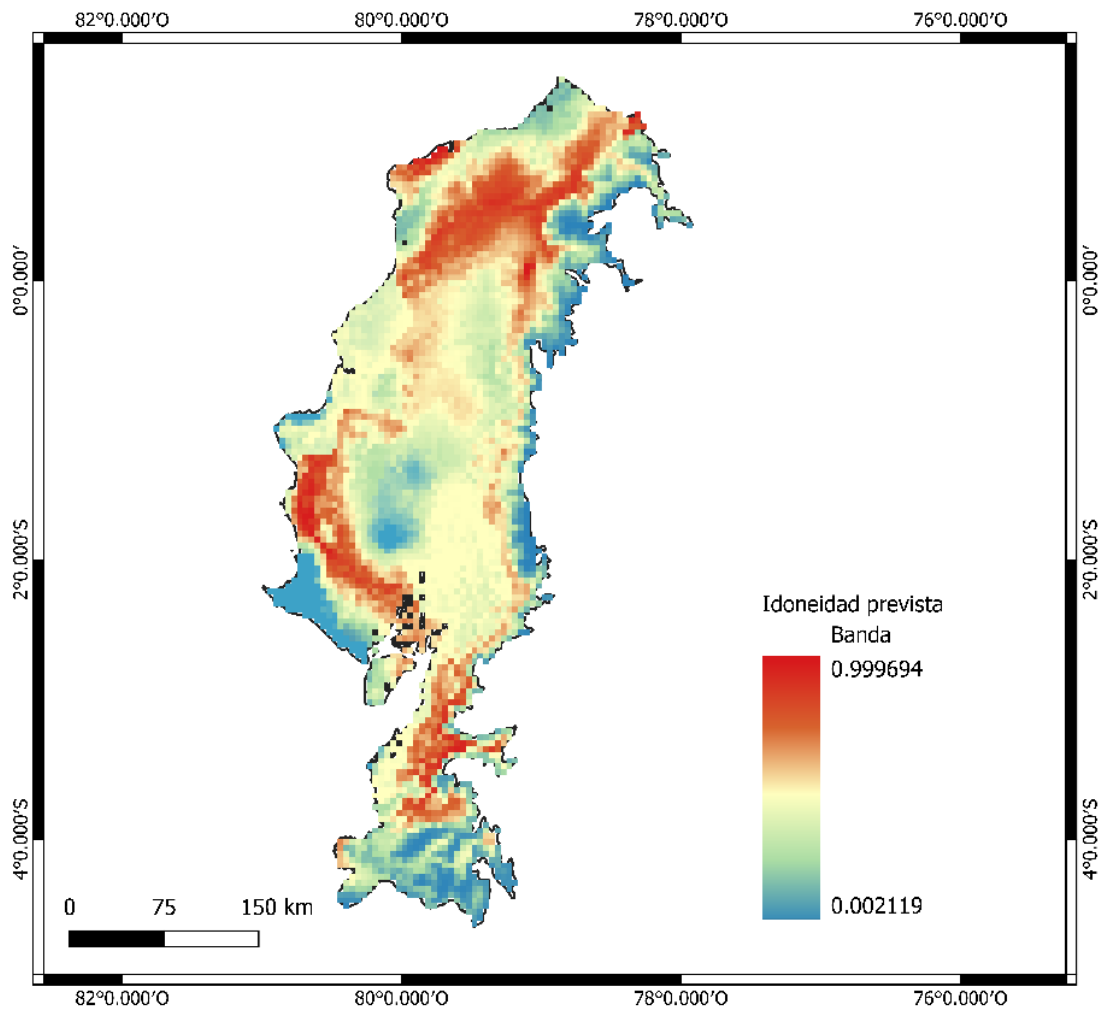


Figura 8. Modelamiento de la distribución potencial de las presas del jaguar seleccionadas. Rojo: alta idoneidad, amarillo: idoneidad media y Azul: baja idoneidad.

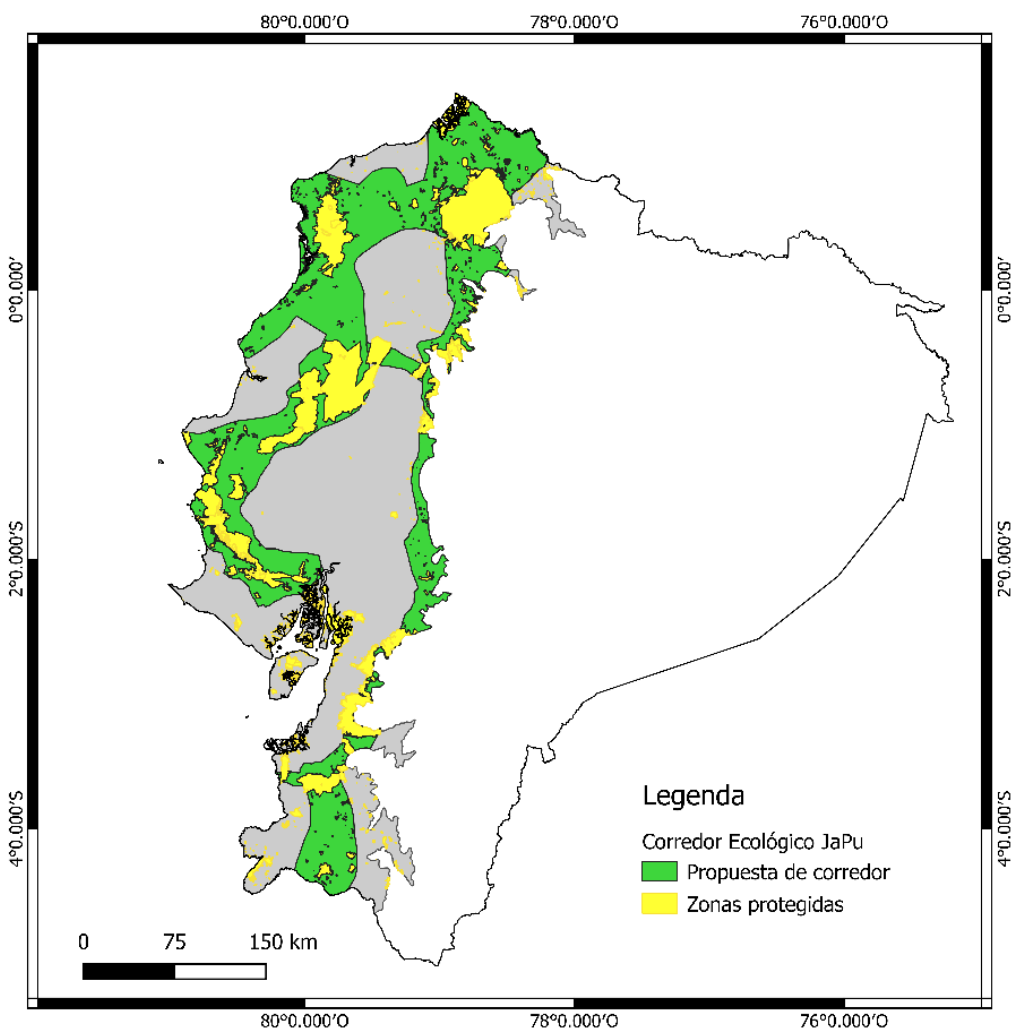


Figura 9. Propuesta de corredor ecológico para el occidente de Ecuador.

Tablas

Tabla 1. Aspectos ecológicos de las presas del jaguar seleccionadas para el presente estudio y del jaguar.

	Nicho trófico	Sociabilidad	Patrón de Actividad	IUCN	Ecuador	Cita bibliográfica
Artiodactyla						
<i>Dicotyles tajacu</i>	Herbívoro	Gregario	Diurno	LC	VU ¹	Tirira, 2017; 2021
<i>Odocoileus virginianus</i>	Herbívoro	Solitario	Diurno	LC	EN ¹	Tirira, 2017; 2021
<i>Mazama gualea</i>	Herbívoro	Solitario	Diurno	NE	EN	Tirira, 2017; 2021
Rodentia						
<i>Cuniculus paca</i>	Herbívoro	Solitario	Nocturno	LC	NT	Tirira, 2017; 2021
Carnivora						

<i>Panthera onca</i>	Carnívoro	Solitario	Nocturno	NT	CR ¹	Tirira, 2017; 2021
<p>Categorías de la UICN y Ecuador: CR = En Peligro Crítico; EN = En Peligro; DD = Datos Insuficientes; LC = Preocupación Menor; NA = No Aplicable; NE = No Evaluada; NT = Casi Amenazada; VU = Vulnerable.</p> <p>¹ Categoría correspondiente a la Costa de Ecuador (subespecie) (Tirira, 2021).</p>						

Tabla 2. Porcentaje de la cobertura arbórea entre 2000 y 2022.

Porcentaje de cobertura arbórea (%)	Año 2000	Pérdida en 21 años	Porcentaje de pérdida	Año 2022	Porcentaje de cobertura arbórea 2022
1 - 10	243 531	602	0.15	242 929	3.84
11 - 20	243 040	523	0.13	242 517	3.83
21 - 30	206 744	416	0.10	206 328	3.26

31 - 40	232 382	454	0.11	231 928	3.66
41 - 50	442 913	1 068	0.26	441 845	6.98
51 - 60	538 114	12 128	2.99	525 986	8.31
61 - 70	349 088	3 986	0.98	345 102	5.45
71 - 80	535 872	68 459	16.86	467 413	7.38
81 - 90	852 351	102 546	25.25	749 805	11.84
91 - 100	3 092 869	215,963	53.17	2 876 906	45.44
	6 736 904	406 145	100.00	6 330 759	

Anexos

Anexo 1. Script de cálculo de cobertura arbórea.

```
// Get the forest loss image.

var gfc2014 = ee.Image('UMD/hansen/global_forest_change_2021_v1_9');

var lossImage = gfc2014.select(['loss']);

var areaImage = lossImage.multiply(ee.Image.pixelArea());

// Sum the values of forest loss pixels.

var stats = areaImage.reduceRegion({

  reducer: ee.Reducer.sum(),

  geometry: table,

  scale: 30,

  maxPixels: 1e9

});

print('pixels representing loss: ', stats.get('loss'), 'square meters');

// Get the loss image.

// This dataset is updated yearly, so we get the latest version.

var gfc2021g = ee.Image('UMD/hansen/global_forest_change_2021_v1_9');

var lossImage = gfc2021g.select(['loss']);
```

```
var lossAreaImage = lossImage.multiply(ee.Image.pixelArea());

var lossYear = gfc2021g.select(['lossyear']);

var lossByYear = lossAreaImage.addBands(lossYear).reduceRegion({

  reducer: ee.Reducer.sum().group({

    groupField: 1

  }),

  geometry: table,

  scale: 30,

  maxPixels: 1e9

});

print(lossByYear);

var statsFormatted = ee.List(lossByYear.get('groups'))

  .map(function(el) {

    var d = ee.Dictionary(el);

    return [ee.Number(d.get('group')).format("20 %02d"), d.get('sum')];

  });

var statsDictionary = ee.Dictionary(statsFormatted.flatten());

print(statsDictionary);
```

```
var chart = ui.Chart.array.values({  
  
    array: statsDictionary.values(),  
  
    axis: 0,  
  
    xLabels: statsDictionary.keys()  
}).setChartType('ColumnChart')  
  
    .setOptions({  
  
        title: 'Yearly Forest Loss',  
  
        hAxis: {title: 'Year', format: '####'},  
  
        vAxis: {title: 'Area (square meters)'},  
  
        legend: { position: "none" },  
  
        lineWidth: 1,  
  
        pointSize: 3  
  
    });  
  
print(chart);
```

Anexo 2. Script del modelo empleado en Wallace 2.0

```
library(spocc)  
library(spThin)
```

```
library(dismo)
```

```
library(rgeos)
```

```
library(ENMeval)
```

```
library(wallace)
```

```
# just type the function name and press Return to see its source code
```

```
# paste this code into a new script to edit it
```

```
occs_queryDb
```

```
Your analyses are below.
```

```
# NOTE: provide the folder path of the .csv file
```

```
occs_path <- ""
```

```
occs_path <- file.path(occs_path, "Presas_japu_processed_occs.csv")
```

```
# get a list of species occurrence data
```

```
userOccs_Pj <- occs_userOccs(
```

```
  txtPath = occs_path,
```

```
  txtName = "Presas_japu_processed_occs.csv",
```

```
  txtSep = ",",
```

```
  txtDec = ".")
```

```
occs_Pj <- userOccs_Pj$Presas_japu$cleaned
```

```
# Download environmental data
```

```
envs_Pj <- envs_worldclim(
```

```
  bcRes = 2.5,
```

```
  bcSel = c('bio01', 'bio02', 'bio03', 'bio04', 'bio05', 'bio07', 'bio12', 'bio13', 'bio14',  
'bio15'),
```

```
  mapCntr = c(-79.74, -1.047), # Mandatory for 30 arcsec resolution
```

```
  doBrick = TRUE)
```

```
occs_xy_Pj <- occs_Pj[c('longitude', 'latitude')]
```

```
occs_vals_Pj <- as.data.frame(raster::extract(envs_Pj, occs_xy_Pj, cellnumbers =  
TRUE))
```

```

# Remove duplicated same cell values
occs_Pj <- occs_Pj[!duplicated(occs_vals_Pj[, 1]), ]
occs_vals_Pj <- occs_vals_Pj[!duplicated(occs_vals_Pj[, 1]), -1]
# remove occurrence records with NA environmental values
occs_Pj <- occs_Pj[!(rowSums(is.na(occs_vals_Pj)) >= 1), ]
# also remove variable value rows with NA environmental values
occs_vals_Pj <- na.omit(occs_vals_Pj)
# add columns for env variable values for each occurrence record
occs_Pj <- cbind(occs_Pj, occs_vals_Pj)

# Load the user provided shapefile or csv file with the desired extent.
##User must input the path to shapefile or csv file and the file name
# Define path
bgPath_Pj <- ""
bgExt_Pj <- penvs_userBgExtent(
  bgShp_path = paste0(bgPath_Pj, "Occidente", ".shp"),
  bgShp_name = paste0("Occidente", c(".shp", ".shx", ".dbf")),
  userBgBuf = 0,
  occs = occs_Pj)
# Mask environmental data to provided extent
bgMask_Pj <- penvs_bgMask(
  occs = occs_Pj,
  envs = envs_Pj,
  bgExt = bgExt_Pj)
# Sample background points from the provided area
bgSample_Pj <- penvs_bgSample(
  occs = occs_Pj,
  bgMask = bgMask_Pj,
  bgPtsNum = 1000)
# Extract values of environmental layers for each background point
bgEnvVals_Pj <- as.data.frame(raster::extract(bgMask_Pj, bgSample_Pj))
##Add extracted values to background points table
bgEnvVals_Pj <- cbind(scientific_name = paste0("bg_", "Presas japu"),
  bgSample_Pj,

```

```

        occID = NA, year = NA, institution_code = NA, country = NA,
        state_province = NA, locality = NA, elevation = NA,
        record_type = NA, bgEnvsVals_Pj)

# R code to get partitioned data
groups_Pj <- part_partitionOccs(
  occs = occs_Pj ,
  bg = bgSample_Pj,
  method = "block",
  bgMask = bgMask_Pj,
  aggFact = 2)

# Run maxent model for the selected species
model_Pj <- model_maxent(
  occs = occs_Pj,
  bg = bgEnvsVals_Pj,
  user.grp = groups_Pj,
  bgMsk = bgMask_Pj,
  rms = c(0.5, 5),
  rmsStep = 0.5,
  fcs = c('L', 'LQ', 'H', 'LQH'),
  clampSel = TRUE,
  algMaxent = "maxnet",
  parallel = FALSE,
  numCores = 7)

# Select current model and obtain raster prediction
m_Pj <- model_Pj@models[["fc.H_rm.0.5"]]
predSel_Pj <- predictMaxnet(m_Pj, bgMask_Pj,
                           type = "cloglog",
                           clamp = TRUE)

#Get values of prediction
mapPredVals_Pj <- getRasterVals(predSel_Pj, "cloglog")

#Define colors and legend
rasCols <- c("#2c7bb6", "#abd9e9", "#ffffbf", "#fdae61", "#d7191c")

```

```

legendPal <- colorNumeric(rev(rasCols), mapPredVals_Pj, na.color = 'transparent')
rasPal <- colorNumeric(rasCols, mapPredVals_Pj, na.color = 'transparent')
#Generate map
m <- leaflet() %> % addProviderTiles(providers$Esri.WorldTopoMap)
m %> %
  leaflet::addLegend("bottomright", pal = legendPal,
    title = "Predicted Suitability<br>(Training)",
    values = mapPredVals_Pj, layerId = "train",
    labFormat = reverseLabel(2, reverse_order = TRUE)) %> %
#add occurrence data
addCircleMarkers(data = occs_Pj, lat = ~latitude, lng = ~longitude,
  radius = 5, color = 'red', fill = TRUE, fillColor = "red",
  fillOpacity = 0.2, weight = 2, popup = ~pop) %> %
##Add model prediction
addRasterImage(predSel_Pj, colors = rasPal, opacity = 0.7,
  group = 'vis', layerId = 'mapPred', method = "ngb") %> %
##add background polygons
addPolygons(data = bgExt_Pj, fill = FALSE,
  weight = 4, color = "blue", group = 'proj')

#Download variables for transferring
xferTimeEnvs_Pj <- raster::getData(
  'CMIP5',
  var = "bio",
  res = round((raster::res(bgMask_Pj) * 60)[1],1),
  rcp = 85,
  model = "CC",
  year = 50)

names(xferTimeEnvs_Pj) <- paste0('bio', c(paste0('0',1:9), 10:19))
# Select variables for transferring to match variables used for modelling
xferTimeEnvs_Pj <- xferTimeEnvs_Pj[[names(bgMask_Pj)]]

# Generate a transfer of the model to the desired area and time

```

```

xfer_time_Pj <-xfer_time(
  evalOut = model_Pj,
  curModel = "fc.H_rm.0.5",
  envs = xferTimeEnvs_Pj,
  xfExt = bgExt_Pj,
  alg = "maxnet",
  outputType = "cloglog",
  clamp = TRUE
)
# store the cropped variables of transfer
xferExt_Pj <- xfer_time_Pj$xferExt

####Make map of transfer
bb_Pj <- bgExt_Pj@bbox
bbZoom <- polyZoom(bb_Pj[1, 1], bb_Pj[2, 1], bb_Pj[1, 2],
  bb_Pj[2, 2], fraction = 0.05)
mapXferVals_Pj <- getRasterVals(xfer_time_Pj$xferTime,"cloglog")
rasCols_Pj <- c("#2c7bb6", "#abd9e9", "#ffffbf", "#fdae61", "#d7191c")
# if no threshold specified
legendPal <- colorNumeric(rev(rasCols_Pj), mapXferVals_Pj, na.color =
'transparent')
rasPal_Pj <- colorNumeric(rasCols_Pj, mapXferVals_Pj, na.color = 'transparent')
m <- leaflet() %> % addProviderTiles(providers$Esri.WorldTopoMap)
m %> %
  fitBounds(bbZoom[1], bbZoom[2], bbZoom[3], bbZoom[4]) %> %
  leaflet::addLegend("bottomright", pal = legendPal,
    title = "Predicted Suitability<br>(Transferred)",
    values = mapXferVals_Pj, layerId = 'xfer',
    labFormat = reverseLabel(2, reverse_order = TRUE)) %> %
# map model prediction raster and polygon of transfer
clearMarkers() %> % clearShapes() %> % removeImage('xferRas') %> %
addRasterImage(xfer_time_Pj$xferTime, colors = rasPal_Pj, opacity = 0.7,

```

```

        layerId = 'xferRas', group = 'xfer', method = "ngb") %> %
##add polygon of transfer (same modeling area)
addPolygons(data = bgExt_Pj, fill = FALSE,
            weight = 4, color = "blue", group = 'xfer')

# R code to generate MESS raster
xferMess_Pj <- xfer_mess(
  occs = occs_Pj,
  bg = bgEnvsVals_Pj ,
  bgMsk = bgMask_Pj,
  xferExtRas = xferExt_Pj)

# Generate MESS map
rasVals_Pj <- getRasterVals(xferMess_Pj)

# define colorRamp for mess
if (max(rasVals_Pj) > 0 & min(rasVals_Pj) < 0) {
  rc1 <- colorRampPalette(colors = rev(RColorBrewer::brewer.pal(n = 3, name =
'Reds')),
                        space = "Lab")(abs(min(rasVals_Pj)))
  rc2 <- colorRampPalette(colors = RColorBrewer::brewer.pal(n = 3, name =
'Blues'),
                        space = "Lab")(max(rasVals_Pj))
  rasCols_Pj <- c(rc1, rc2)
} else if (max(rasVals_Pj) < 0 & min(rasVals_Pj) < 0) {
  rasCols_Pj <- colorRampPalette(colors = rev(RColorBrewer::brewer.pal(n = 3,
name = 'Reds')),
                        space = "Lab")(abs(min(rasVals_Pj)))
} else if (max(rasVals_Pj) > 0 & min(rasVals_Pj) > 0) {
  rasCols_Pj <- colorRampPalette(colors = RColorBrewer::brewer.pal(n = 3, name =
'Blues'),
                        space = "Lab")(max(rasVals_Pj))
}
legendPal_Pj <- colorNumeric(rev(rasCols_Pj), rasVals_Pj, na.color='transparent')

```

```
rasPal_Pj <- colorNumeric(rasCols_Pj, rasVals_Pj, na.color='transparent')
#Create map
m <- leaflet() %>% addProviderTiles(providers$Esri.WorldTopoMap)
m %>%
  leaflet::addLegend("bottomright", pal = legendPal_Pj, title = "MESS Values",
    values = rasVals_Pj, layerId = 'xfer',
    labFormat = reverseLabel(2, reverse_order=TRUE)) %>%
  # map model prediction raster and transferring polygon
clearMarkers() %>% clearShapes() %>% removeImage('xferRas') %>%
  addRasterImage(xferMess_Pj, colors = rasPal_Pj , opacity = 0.9,
    layerId = 'xferRas', group = 'xfer', method = "ngb") %>%
  ##add transferring polygon: this we need to fix for now please replace bgExt_Pj for
the name of your transferring polygon.
  addPolygons(data = bgExt_Pj, fill = FALSE,
    weight = 4, color = "blue", group = 'xfer')
```

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Cristian Barros Diaz, C. I 0958889990, autor del trabajo de graduación intitulado: Corredores ecológicos como una oportunidad para la recolonización del jaguar en el occidente de Ecuador, previa a la obtención del grado académico de MÁSTER DE SOSTENIBILIDAD Y PLANIFICACIÓN DE LA CONSERVACIÓN en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales:

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar al SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión respetando los derechos de autor.

2. Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCE el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Cristian Barros Diaz

C.I.: 0958889990