

Uso de herramientas SIG en la determinación del modelo de distribución geográfica de Oncilla (*Leopardus tigrinus*) en Colombia, para el direccionamiento de medidas de conservación

Valentina Echeverry Soto¹
valentina.echeverry04@usc.edu.co

Laura Maritza Sánchez Cuellar¹
laura.sanchez18@usc.edu.co

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Especialización en Sistemas de Información Geográfica (1)

Resumen

Leopardus tigrinus es una de las especies de felinos menos conocida en Colombia, puesto que existen diversos vacíos de información en torno a ella, debido a sus patrones comportamentales e incertidumbre taxonómica. En este trabajo se realizó el modelamiento de la distribución geográfica de *Leopardus tigrinus* en Colombia identificando áreas prioritarias para su conservación a través de herramientas SIG. Se utilizaron diferentes plataformas virtuales disponibles para llevar a cabo la consolidación de la información sobre las ocurrencias de la especie hasta la fecha en el país. Adicionalmente, se analizó la influencia de variables ecológicas y ambientales en la distribución geográfica de la especie a escala nacional mediante el algoritmo MaxEnt, incorporando las variables más relevantes y menos correlacionadas, que incluyeron datos bioclimáticos de WorldClim, terreno (elevación y pendiente) y vegetación (EVI). Asimismo, se identificaron áreas potenciales prioritarias para la conservación de la especie mediante la categorización de áreas amenazadas dentro del hábitat idóneo calculado. Los resultados indican que el EVI y su factor cuadrático, junto con la temperatura media anual y la estacionalidad de la precipitación, tuvieron la influencia más significativa en la predicción de la distribución, subrayando la importancia de conservar hábitats de alta calidad y densidad para la conservación de la especie. Se identificaron áreas prioritarias en los Andes centrales y orientales, particularmente en la porción norte, como aquellas que requieren la atención más urgente.

Palabras Clave: Modelo de distribución, MaxEnt, Conservación, Oncilla, *Leopardus tigrinus*, EVI

Abstract

Leopardus tigrinus is one of the least known felid species in Colombia, with significant information gaps due to its elusive behavior and taxonomic uncertainty. This study developed a geographical distribution model for *Leopardus tigrinus* in Colombia, identifying priority areas for its conservation through GIS tools. Several virtual platforms were utilized to consolidate information on the species' occurrences within the country. Additionally, the influence of ecological and environmental variables on the species' geographical distribution was analyzed on a national scale using the MaxEnt algorithm, incorporating the most relevant and least correlated variables, including WorldClim bioclimatic data, terrain (elevation and slope), and vegetation (EVI) variables. Furthermore, potential priority areas for the species conservation were identified by categorizing threatened areas within the calculated suitable habitat. The results indicate that EVI and its quadratic factor, along with Mean Annual Temperature and Precipitation Seasonality, had the most significant influence on the prediction of the distribution, underscoring the importance of conserving high-quality and dense habitats for the species' conservation. Priority areas were identified in the central and eastern Andes, particularly in the northern portion, as those requiring the most urgent attention.

Keywords: Distribution models, MaxEnt, conservation, Oncilla, *Leopardus tigrinus*, EVI

1. INTRODUCCIÓN

En Colombia existen actualmente cuatro especies de felinos pertenecientes al género *Leopardus* según lo reportado por Ramírez-Chaves et al. (2024). Estas especies comprenden felinos de mediano y pequeño tamaño (15kg<) comúnmente denominados tigrillos (Payan & González-Maya, 2011), los cuales juegan un rol importante en los ecosistemas, puesto que

influyen en la función, estructura y dinámicas dentro de estos (Roemer et al., 2009), desempeñando un papel clave como controladores poblacionales de pequeños vertebrados, especies indicadoras del estado del hábitat, carismáticas y sombrillas (Castillo-Martínez et al., 2016, Cepeda-Duque et al., 2023). En general, el estado de conocimiento actual de los mamíferos en Colombia es incompleto (Díaz-Pulido et al. 2017; Solari et al. 2013), lo cual genera problemas en la determinación del estado de conservación de ciertas especies (Solari et al. 2013). Esta falta de conocimiento se refleja especialmente en los felinos para quienes la información científica es escasa y en algunos territorios casi nula, como es el caso de *Leopardus tigrinus* (Castillo-Martínez et al., 2016; Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2019; González-Maya et al., 2022; Payan & González-Maya, 2011; Pineda-Guerrero, 2018).

La Oncilla (*Leopardus tigrinus*) es la especie de felino más pequeña de Colombia y está asociada principalmente a elevaciones superiores a 1500 msnm, habitando los bosques nubosos de los Andes colombianos, los cuales son ecosistemas prioritarios con gran biodiversidad (Armenteras et al., 2007; Payan & González-Maya, 2011), pero que actualmente se encuentran en degradación progresiva, afectando la cantidad y calidad del hábitat, impactando a sus especies (Etter & Van Wyngaarden, 2000; González-Maya et al., 2022; Payan & González-Maya, 2011; Rodríguez Eraso et al., 2013), principalmente a felinos como la Oncilla que son sensibles a los cambios en el entorno (Cepeda-Duque, 2022). En la actualidad, *L. tigrinus* se encuentra catalogado como una especie vulnerable (VU) a nivel global según la UICN (Payan & de Oliveira, 2016) y vulnerable (VU) por el Libro Rojo de Mamíferos de Colombia (Rodríguez-Maecha et al. 2006) y la resolución 0126 de 06 de febrero de 2024 (MADS, 2024). No obstante, debido a los patrones comportamentales de la especie y la problemática asociada a las dificultades en la identificación taxonómica por las similitudes físicas entre las especies del género *Leopardus* (Payan & González-Maya, 2011), existe incertidumbre sobre las verdaderas densidades poblacionales de *L. tigrinus* en el país, y la especie podría estar potencialmente más amenazada de lo que actualmente se reconoce (González-Maya et al., 2022).

Leopardus tigrinus es una especie elusiva y de bajas densidades (González-Maya et al., 2022) y uno de los retos para la conservación de esta especie lo constituye la poca información acerca de su ecología y estado de conservación, siendo la mayoría registros concernientes a registros ocasionales y esporádicos (Payán & González-Maya, 2011; González-Maya et al. 2022), estudios multiespecie con cámaras trampa y caracterizaciones o registro de eventos de atropellamiento (Mejía-Correa & Díaz-Martínez, 2009; Marín, 2011; Urmendez-Medina et al. 2012; Liévano & López, 2015; Ramírez-Mejía & Sánchez, 2015; Arias-Alzate et al. 2014; Escobar-Lasso et al. 2014; Gómez-Hoyos, 2014; Pineda-Guerrero, 2018; Torres et al. 2020; Medina et al. 2021; Echavarría, 2021; Giraldo, 2023; Mopán-Chilito et al. 2023; ; Sánchez-Londoño et al. 2023). En Colombia, los pocos estudios destinados a la determinación de aspectos puntuales de la especie, han evaluado: 1) distribución geográfica (Payán & González-Maya, 2011); 2) distribución potencial, conectividad ecológica y superposición de estas con áreas protegidas (González-Maya et al. 2022); 3) probabilidad de ocurrencia en diferentes hábitats (Castillo-Martínez et al., 2016); 4) solapamiento de áreas de distribución e Índices de Huella espacial humana (Aguirre, 2021) y 5) distribución geográfica en diferentes escenarios de cambio climático (Torres-Guasca, 2023). Otros estudios constituyen solo reportes de presencia (Arias-Alzate et al. 2014; Pineda-Guerrero et al. 2018; Torres et al. 2020; Medina et al. 2021; Cáceres-Martínez et al., 2023) y publicaciones gubernamentales que recuperan información de las publicaciones ya existentes (Payán & Soto-Vargas, 2012; Payán et al., 2012, 2015) Tales estudios, a pesar de constituir esfuerzos importantes, evidencian que hay vacíos de información para muchas localidades.

Leopardus tigrinus cuenta con un destacado potencial para ser una especie centinela de los ecosistemas y la evaluación sobre sus patrones de distribución y ecología permiten conocer los efectos de los progresivos cambios en el hábitat sobre las poblaciones presentes (Cepeda-Duque et al., 2023). De este modo y con base a las problemáticas en torno a *Leopardus tigrinus*, los aportes que se puedan generar para tener una aproximación sobre el verdadero estado poblacional de esta especie en Colombia son de gran valor para la conservación (Payan & González-Maya, 2011) puesto que permitirán diseñar medidas de conservación apropiadas para la especie (Arias-Alzate et al., 2014; González-Maya et al., 2022; Payan & González-Maya, 2011; Torres-Mejía et al., 2020).

Los modelos de distribución de especies en conjunto con los análisis estadísticos y las herramientas SIG han sido de gran importancia en las áreas de ecología y conservación, debido a que a partir de estos análisis es posible predecir las áreas más probables para la presencia de especies, puesto que evalúan la relación entre las especies y su entorno, teniendo en cuenta datos de ocurrencia y la combinación de variables ambientales (Fois et al., 2018; Guisan & Zimmermann, 2000). Los modelos de distribución han sido utilizados para el desarrollo de mapas probabilísticos y guiar estudios de campo para especies poco conocidas o crípticas, direccionando la identificación de áreas potenciales para la conservación y estudiando las posibles consecuencias de los entornos cambiantes en la distribución de las especies (Barbosa et al., 2010; Fois et al., 2018; Guisan & Zimmermann, 2000). Por consiguiente, la implementación de modelos de distribución de especies ha sido valorada de forma positiva por diferentes autores, resaltando la importancia de la inclusión de la interpretación de expertos y el constante refinamiento de dichos modelos mediante la incorporación de información actual sobre registros de las especies (Fois et al., 2018; Guisan & Zimmermann, 2000).

Conforme a lo anterior, se ha planteado la necesidad de desarrollar la constante actualización de modelos predictivos de distribución para especies poco conocidas como *L. tigrinus*, considerando las características particulares asociadas a la ecología de la especie, teniendo en cuenta el escenario actual de cambio climático y de transformación del paisaje, y validando en campo los resultados obtenidos (González-Maya et al., 2022). Por lo tanto, el presente trabajo tiene como objetivo principal modelar la distribución de *Leopardus tigrinus*, identificando áreas prioritarias para su conservación a través de herramientas SIG. Lo anterior, se llevará a cabo mediante la consolidación de la información sobre la ocurrencia de *Leopardus tigrinus* hasta la fecha en el país, realizando la revisión de los reportes disponibles de la especie en fuentes de información académica. Adicionalmente, se identificarán a escala nacional las variables ecológicas y ambientales que influyen en la distribución geográfica de *Leopardus tigrinus*, realizando un análisis de correlación de variables teniendo en cuenta predictores climáticos obtenidos de WorldClim y variables como el Índice de vegetación mejorado (EVI), el Modelo Digital de Elevación (DEM) con información de las altitudes sobre el nivel del mar (msnm) y el factor pendiente. Finalmente, se implementarán herramientas SIG para construir un modelo predictivo de la distribución potencial de *Leopardus tigrinus* en Colombia, identificando áreas prioritarias para su conservación haciendo uso del software especializado en modelamiento de nicho ecológico y predicción de modelos de distribución Wallace versión 2.0.

2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

El presente estudio se llevó a cabo aplicando una metodología cuantitativa para realizar la modelación de la distribución geográfica de *Leopardus tigrinus* (Cuervo et al., 2017). Este tipo de metodologías permiten estudiar la distribución de las especies teniendo en cuenta factores ambientales y ecológicos, relacionándolos con datos de presencia mediante el cálculo de una serie de parámetros multidimensionales, que son proyectados a nivel geográfico para generar una representación de la distribución potencial de las especies (Peterson et al. 2011; Cuervo et al., 2017). Para este proyecto se hizo uso del algoritmo de modelado estadístico MaxEnt (Maximum Entropy Modeling), el cual utiliza el método de máxima entropía para encontrar la probabilidad de distribución más uniforme de la idoneidad del hábitat de una especie, teniendo en cuenta las restricciones impuestas por las variables evaluadas y los datos de ocurrencia (Elith et al., 2011). Adicionalmente, se implementó un análisis de correlación de variables ecológicas y ambientales para evaluar su comportamiento y relación, seleccionando aquellas con mayor incidencia en nuestro modelo, y evitando valores artificialmente inflados dentro de las métricas de evaluación espacial (Phillips & Dudík, 2008; Cuervo et al., 2017).

2.1 Obtención de datos de ocurrencia

Se llevó a cabo la compilación de los datos de ocurrencia disponibles de *Leopardus tigrinus* en la plataforma de datos abiertos Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2024) filtrando la información para Colombia. Adicionalmente, con el fin de recuperar la mayor cantidad de datos, se revisó la información disponible en el Sistema de Información sobre

Biodiversidad de Colombia (SiB Colombia) (SiB, 2024), la plataforma en línea VerNet (VerNet, 2024) y se utilizó el motor de búsqueda Google Scholar para revisar la literatura académica publicada con registros completos (ie. registros con localidad y coordenadas específicas del evento). Se incluyeron igualmente datos correspondientes a investigaciones no publicadas, obtenidas a partir de solicitud a los autores de la información.

De este modo, se obtuvieron registros de *Leopardus tigrinus* provenientes de plataformas en línea, tesis de grado, informes de ejercicios de caracterización, reportes de individuos depositados en colecciones biológicas, investigaciones no publicadas y el material suplementario suministrado por González-Maya et al. 2022. De cada registro, se extrajo la información correspondiente a la localidad, el año y tipo del registro, las coordenadas y la fuente. Esta información posteriormente se revisó para eliminar duplicados y datos cuya localidad reportada no coincidiera con la indicada por las coordenadas. Adicionalmente, debido a la difícil diferenciación de la especie de otros tigrillos con rangos de distribución más amplios, se eliminaron las ocurrencias reportadas en altitudes menores a los 1.300 msnm, que corresponden a áreas por fuera de la distribución histórica de la especie. De igual manera, se verificaron las identificaciones que tenían disponibles buenas fotografías. Todo esto se llevó a cabo usando el software estadístico RStudio (R Core Team, 2023) y el software GIS ArGIS Pro (Esri, 2024).

2.2 Obtención y preparación de capas

Para la construcción del modelo de distribución geográfica, se obtuvieron 19 variables bioclimáticas (Tabla 1) y un Modelo Digital de Elevación (DEM) de la base de datos climática en línea WorldClim versión 2.1. Estos datos se descargaron con una resolución espacial de 30 segundos ($\sim 1 \text{ km}^2$) (Fick & Hijmans, 2017). Las pendientes del terreno fueron calculadas a partir del DEM. También se obtuvo una variable relacionada con la calidad del hábitat, correspondiente al Índice de Vegetación Mejorado (EVI), haciendo uso del producto MODIS: MOD13Q1.061 Terra Vegetation Indices, disponible en el catálogo de Google Earth Engine, con una resolución espacial de 250m y una resolución temporal de 16 días.

Tabla 1. Variables climáticas

Identificador	Variable
BIO1	Temperatura Media Anual
BIO2	Rango de Temperatura Diaria Media
BIO3	Isotermalidad
BIO4	Estacionalidad de la Temperatura
BIO5	Temperatura Máxima del Mes Más Cálido
BIO6	Temperatura Mínima del Mes Más Frío
BIO7	Rango de Temperatura Anual
BIO8	Temperatura Media del Trimestre Más Húmedo
BIO9	Temperatura Media del Trimestre Más Seco
BIO10	Temperatura Media del Trimestre Más Cálido
BIO11	Temperatura Media del Trimestre Más Frío
BIO12	Precipitación Anual
BIO13	Precipitación del Mes Más Húmedo
BIO14	Precipitación del Mes Más Seco
BIO15	Estacionalidad de la Precipitación
BIO16	Precipitación del Trimestre Más Húmedo

BIO17	Precipitación del Trimestre Más Seco
BIO18	Precipitación del Trimestre Más Cálido
BIO19	Precipitación del Trimestre Más Frío

Fuente: Adaptado de WorldClim (Hijmans et al., 2020).

Por otro lado, para el análisis de la cobertura del SINAP en el área de distribución potencial de *L. tigrinus*, se extrajo la capa con los polígonos de las diferentes figuras de protección ambiental disponibles en el portal virtual del Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP). También se implementó el Índice de Integridad del Paisaje Forestal (FLII) disponible en el Global Forest Watch (Grantham et al., 2020), para crear indicador categórico de amenazas basado en la información que este provee sobre el estado de los bosques en función del grado de modificación causada por actividades humanas.

Esto se hizo transformando los valores continuos de este índice en categorías, usando como base los umbrales propuestos por Grantham et al. 2020 (Tabla 2). Más específicamente, se realizó una reclasificación, mediante la cual se reasignaron los rangos de alta, media y baja integridad a valores de baja, media y alta amenaza, respectivamente (Tabla 2). Esta nueva capa se generó con el objetivo de permitir la identificación rápida y simplificada de zonas que pueden requerir atención urgente para preservar a la especie, lo que es particularmente útil para la planificación de su conservación, teniendo en cuenta que la pérdida de hábitat constituye uno de los mayores retos para que las especies de pequeños felinos persistan.

Tabla 2. Clasificación de amenazas a partir de FLII

Clasificación Grantham et al. 2020	Criterio clasificación	Clasificación presente estudio	Valores de píxel reclasificados
Integridad alta	FLII $\geq 9,6$	Amenaza baja	3
Integridad media	$6,0 < \text{FLII} < 9,6$	Amenaza media	2
Integridad baja	FLII $\leq 6,0$	Amenaza alta	1

Todas las capas fueron cortadas a la extensión de un “oriented minimum bounding box”, que fue generado en QGIS 3.34.4 a partir de un shapefile de los límites nacionales, disponible en el portal de datos abiertos de Colombia (MinTIC, 2024). Así mismo, todos los ráster fueron remuestreados y reproyectados (siempre que fue necesario), para quedar con una misma resolución (1km²), alineamiento y el mismo sistema de referencia espacial (EPSG:4326 - WGS84). Esto con el propósito de garantizar la precisión del análisis y evitar errores en los cálculos. Posteriormente, para los cálculos de área de los análisis, se transformaron las capas generadas a MAGNA-SIRGAS Origen Nacional. Los programas implementados para esto fueron el Software estadístico RStudio (R Core Team, 2023) y los softwares GIS ArcGis Pro (Esri, 2024) y QGIS 3.34.4.

2.3 Selección de variables

Se llevó a cabo una matriz de correlación de Pearson entre las variables disponibles, con el fin de evitar incluir en el modelado aquellas con alta multicolinealidad (ie. correlaciones altas entre variables independientes). Se realizó un análisis por pares, usando ± 0.70 como umbral para la selección, considerando que los valores cercanos a ± 1 indican alta correlación, y los cercanos a 0, baja correlación. De aquellos pares de variables que resultaron altamente correlacionadas, se seleccionó la que podía tener el mayor impacto en la distribución de *L. tigrinus*. Excepcionalmente, se conservaron ambas, cuando se consideró que individualmente podrían aportar información relevante al análisis, y siempre que el rendimiento del modelo no se viera afectado de forma negativa. Para esto se hizo uso del software estadístico RStudio (R Core Team, 2023).

2.4 Diseño del modelo de distribución

Para generar el modelo de distribución potencial de *Leopardus tigrinus* en Colombia, se utilizó la interfaz gráfica de usuario basada en R: Wallace versión 2.0, la cual se especializa en el modelamiento de nicho ecológico y predicción de modelos de distribución de especies (Kass et al., 2023). Primero, para descartar posibles sesgos de muestreo por cercanía de los datos, se procesaron las ocurrencias previamente recopiladas, mediante un filtrado espacial (Spatial thin) que eliminó los registros que estuvieran a menos de 1 km de otros, conservando al menos uno de cada grupo de registros cercanos. Esto resultó en 252 entradas para el análisis.

Dado que se aplicó el algoritmo MaxEnt para realizar los cálculos, y este hace comparaciones de las variables predictoras entre puntos de fondo y puntos de ocurrencia (Kass et al., 2023, Johnson et al., 2023), como el área de calibración del modelo se implementaron las ecorregiones en las que se ha confirmado la presencia de la especie, para disminuir el ruido que puede incorporar el tener un exceso de puntos de fondo en áreas donde esta no se distribuye. La selección de las ecorregiones se hizo siguiendo a González- Maya et al (2022).

Posteriormente, se realizó la partición de los datos para la evaluación del modelo en datos de calibración y de prueba, usando el método Checkboard 1 con factor de agregación 2. Este paso se realizó buscando disminuir el impacto del sesgo de muestreo en la evaluación del modelo, debido a que los datos presentaban un patrón de agrupación espacial muy evidente.

Luego, se modeló la distribución a partir de las variables escogidas, seleccionando como clases de características las opciones L (Linear), LQ (Linear Quadratic), H (Hinge) y LQH (Linear Quadratic Hinge), con multiplicadores de regularización (RM) entre 0.5 y 1.5, un valor de incremento de 0.1 (RM=10) y 10000 puntos de fondo. Esta configuración resultó en 44 modelos candidatos, que fueron evaluados a partir de las estadísticas de rendimiento AUC (Área Bajo la Curva), OR (Tasa de Omisión) y AICc (Criterio de Información de Akaike corregido para tamaños de muestra pequeños). La OR evalúa cuántas de las ocurrencias observadas son omitidas por el modelo en sus predicciones; el AICc evalúa el sobreajuste penalizando explícitamente la complejidad del modelo; y el AUC mide qué tan bien distingue el modelo entre áreas de hábitat idóneo y no idóneo (Johnson et al. 2023). Teniendo en cuenta esto, se priorizó el modelo que tuviera la menor $or.p10.avg$ (tasa de omisión cuando se aplica un umbral del décimo percentil de las presencias de entrenamiento al conjunto de datos de validación), en combinación con el menor Delta AICc (diferencia entre AICc de un modelo específico y el del mejor modelo) y el mayor AUC.

Finalmente, el modelo escogido fue convertido en un mapa binario de idoneidad-no idoneidad, usando el umbral del percentil 10 de las presencias de entrenamiento, que permite visualizar el hábitat idóneo más probable, omitiendo el 10% de las presencias menos probables.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Obtención de registros y selección de variables

Se obtuvieron un total de 385 registros de *Leopardus tigrinus* luego de llevar a cabo el proceso de depuración de la información, eliminando datos duplicados, aquellos con una ubicación geográfica por fuera de los rangos altitudinales de su distribución y los datos que no presentaban un soporte robusto.; encontrando que existe una cantidad significativa de registros de *Oncilla* por debajo de los rangos altitudinales de su distribución. *Leopardus tigrinus* es una especie poco conocida en Colombia y a pesar del aumento en los estudios enfocados en la especie, siguen existiendo vacíos de información en torno a ella (González-Maya et al., 2022); por lo que el refinamiento de la información disponible sobre su presencia y sus patrones de distribución geográfica es de gran importancia para el desarrollo de estrategias de conservación (Payan & González-Maya, 2011; González-Maya et al., 2022). Además, es importante llevar a cabo la evaluación de los registros disponibles de la especie, ya que al existir la posibilidad de tener errores de identificación asociados a las similitudes entre las especies de tigrillos en Colombia (Payan & González-Maya, 2011), se podría estar generando un panorama poco acertado

sobre el verdadero estado poblacional de *L. tigrinus* y su distribución a nivel nacional, generando ruido a la hora de llevar a cabo análisis sobre la especie en el país.

Por otro lado, a partir del análisis de correlación de variables realizado se seleccionaron aquellas que tuvieran incidencia significativa para la ejecución de nuestro modelo (Figura 1). Adicionalmente, algunas de las variables seleccionadas fueron tomadas en consideración teniendo en cuenta lo reportado por otros autores en estudios previos y las características ecológicas de la especie (Payan & González-Maya, 2011; González-Maya et al., 2022; Cepeda-Duque, 2022 Torres-Guasca, 2023). De este modo, a partir de las evaluaciones realizadas, para los análisis posteriormente realizados sobre el modelo de distribución de la *Oncilla*, fueron seleccionadas las variables: Temperatura media anual, la estacionalidad de la temperatura, el rango de temperatura anual, la precipitación anual, precipitación del mes más húmedo y del mes más seco, estacionalidad de precipitación, la elevación (msnm) y la pendiente del terreno son las variables (Tabla 2).

Figura 1. Análisis de correlación de variables bioclimáticas, Índice de vegetación mejorado (EVI), el Modelo Digital de Elevación (DEM) con información de las altitudes sobre el nivel del mar (msnm) y el factor pendiente. La escala va de 0 a 1.0 con una tendencia al color rojo indicando una correlación positiva y de 0 a -1.0 con tendencia al color azul exhibiendo una correlación negativa.

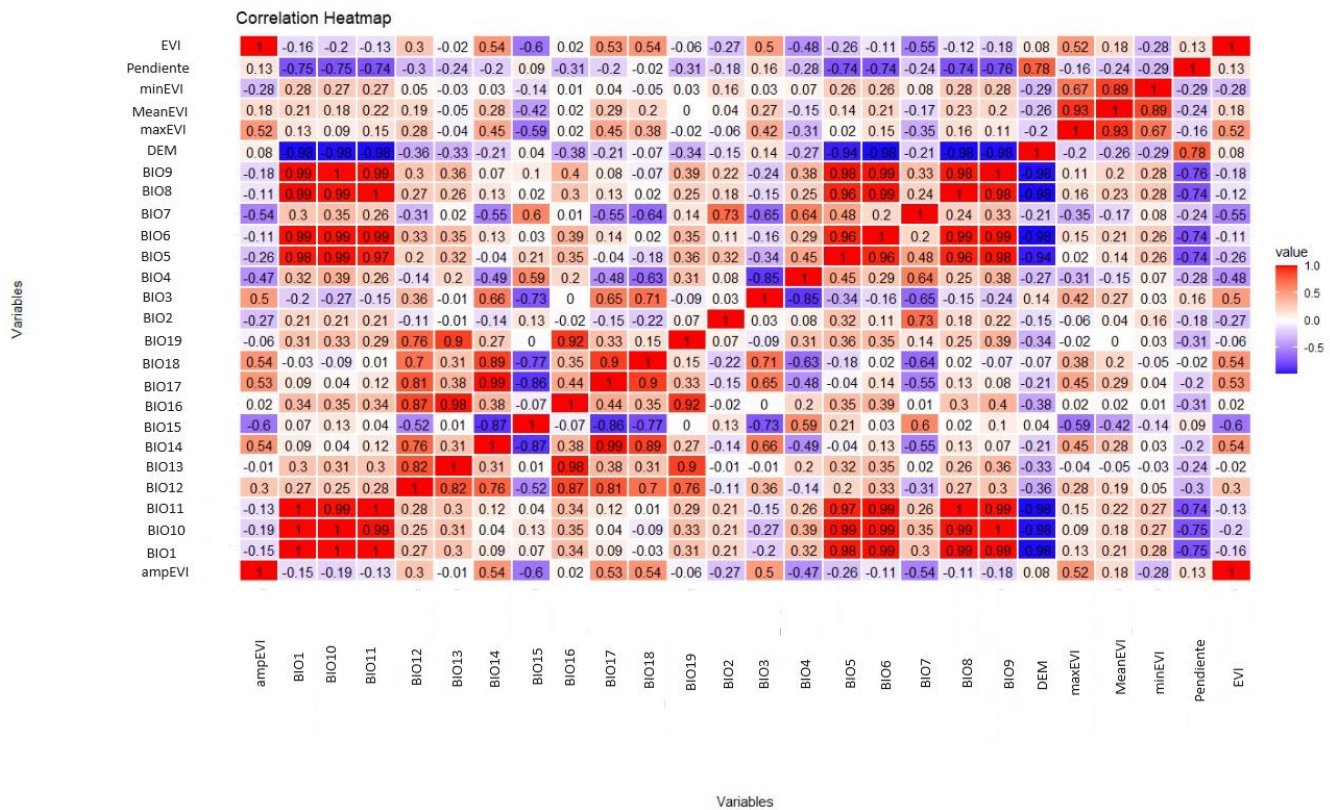


Tabla 2. Selección de variables para la construcción del modelo de distribución.

Identificador	Variable
BIO1	Temperatura Media Anual
BIO4	Estacionalidad de la Temperatura
BIO7	Rango de Temperatura Anual
BIO12	Precipitación Anual
BIO13	Precipitación del Mes Más Húmedo
BIO14	Precipitación del Mes Más Seco
BIO15	Estacionalidad de la Precipitación
DEM	Modelo Digital de Elevación (msnm)

EVI	Índice de Vegetación Mejorado
Pendiente	Pendiente del terreno

A pesar de que las variables seleccionadas a partir de los análisis ejecutados son de relevancia a la hora de predecir la probabilidad de distribución de la oncilla con nuestro conjunto de datos, Cepeda-Duque (2022) sugiere que es necesario llevar a cabo estudios evaluando la detectabilidad de *L. tigrinus* teniendo en cuenta variables relacionadas con la estructura del hábitat y variables ambientales, debido a la posible incidencia de estas en la ocupación de la especie. Por lo tanto, el incremento en los análisis exploratorios de la relación entre los diferentes factores tanto ambientales como del hábitat ayudarán a refinar la predicción de la distribución de *L. tigrinus* en Colombia y proporcionarán información sobre los efectos de los entornos cambiantes progresivos sobre la distribución de la especie (Barbosa et al., 2010; Fois et al., 2018; Guisan & Zimmermann, 2000; Torres-Guasca, 2023), ya que a pesar de que la oncilla es un felino que se distribuye ampliamente desde Colombia hasta Argentina en los bosques de niebla (Payán & de Oliveira, 2016), habitando principalmente zonas con remanentes de bosque grandes y conservados (Bonilla-Sánchez et al. 2020; Cepeda-Duque, 2022), se han observado cambios en sus patrones de ocupación y distribución, encontrando que *L. tigrinus* también puede ocupar sitios con diferentes grados de fragmentación y heterogeneidad de hábitat (Liévano-Latorre & López-Arévalo, 2015; Fleschultz et al. 2016; Paolino et al. 2018; Cruz et al. 2018; Bedoya-Durán et al. 2021; Cepeda-Duque, 2022), generando interrogantes en torno a la presencia de la especie en hábitats con características con diferentes niveles de complejidad y ampliando el panorama sobre su verdadera distribución a nivel nacional.

3.2 Modelación de la distribución y representatividad en áreas protegidas

Para la modelación de la distribución potencial de *Leopardus tigrinus* en Colombia, se seleccionó el modelo con la mejor combinación de estadísticas de rendimiento (AUC.avg = 0.814, or.10p.avg = 0.108 y Delta AICc=41.112), siendo este un modelo cuadrático con factor de multiplicador = 1 (fc.LQ_rm.1). Las variables con más peso en la predicción según el lambda fueron la Temperatura media anual (41.44%) y el Índice de Vegetación Mejorado con su factor cuadrático (29.66% y 16.83% respectivamente, juntas un 46.49%). Otras variables, aunque con contribuciones más bajas, también tuvieron influencia en la predicción, tales como la Estacionalidad de la precipitación (6.66%), la pendiente (1.98), el factor cuadrático del Rango diurno diario (1.27), la Precipitación del mes más húmedo (0.86%), el factor cuadrático de la Temperatura media anual (0.56%), la altitud (0.31%) y la Precipitación del mes más seco (0.25%). Los factores cuadráticos de la Estacionalidad de la precipitación, la Estacionalidad de la temperatura, la Precipitación del mes más húmedo, la altitud y la pendiente tuvieron contribuciones insignificantes en las predicciones del modelo (Tabla 3).

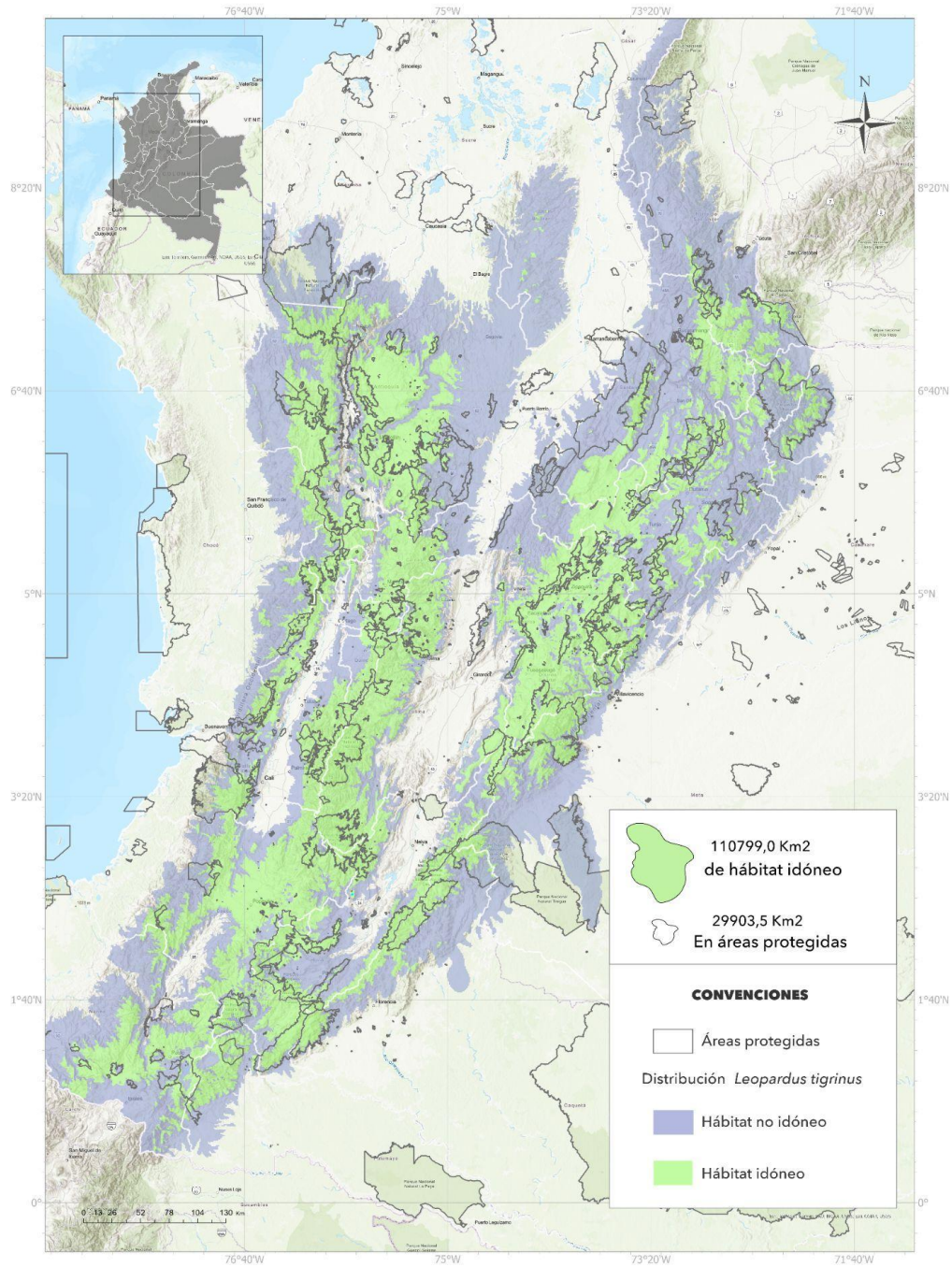
Tabla 3. Porcentaje de contribución de las variables seleccionadas al modelo escogido, calculados a partir de lambda.

Identificador	Lambda	Contribución relativa (%)
BIO1	0.5888433	41.44
EVI ²	0.4214751	29.66
EVI	0.2391604	16.83
BIO15	0.0946883	6.66
Pendiente	-0.0281586	1.98
BIO2 ²	-0.0179944	1.27
BIO13	0.0122729	0.86
BIO1 ²	-0.0079940	0.56
DEM	0.0045177	0.31
BIO14	0.0036024	0.25
BIO15 ²	-0.0010630	0.07
BIO4 ²	-0.0005454	0.04
Pendiente ²	-0.0004630	0.03
BIO13 ²	0.0000133	0.00
DEM ²	0.0000003	0.00

Este es el primer modelo de distribución de la especie que incorpora una variable relacionada con la densidad y calidad de la vegetación (EVI). Esto proporciona una nueva perspectiva sobre cómo esta variable puede influir en la determinación del hábitat idóneo para la especie y permite entender mejor cómo los cambios en la vegetación pueden afectar su distribución. Como se esperaba, en este caso particular, la vegetación resultó ser una variable importante a la hora de predecir la presencia de la especie, indicando que áreas con vegetación densa y mejor calidad son más favorables. Esto ha sido ya previamente encontrado por otros autores (Fox-Rosales&de Oliveira, 2022; Marinho et al. 2018; de Oliveira et al. 2020), lo que les da mayor relevancia a los hallazgos, y subraya la necesidad de conservar hábitats con estas características.

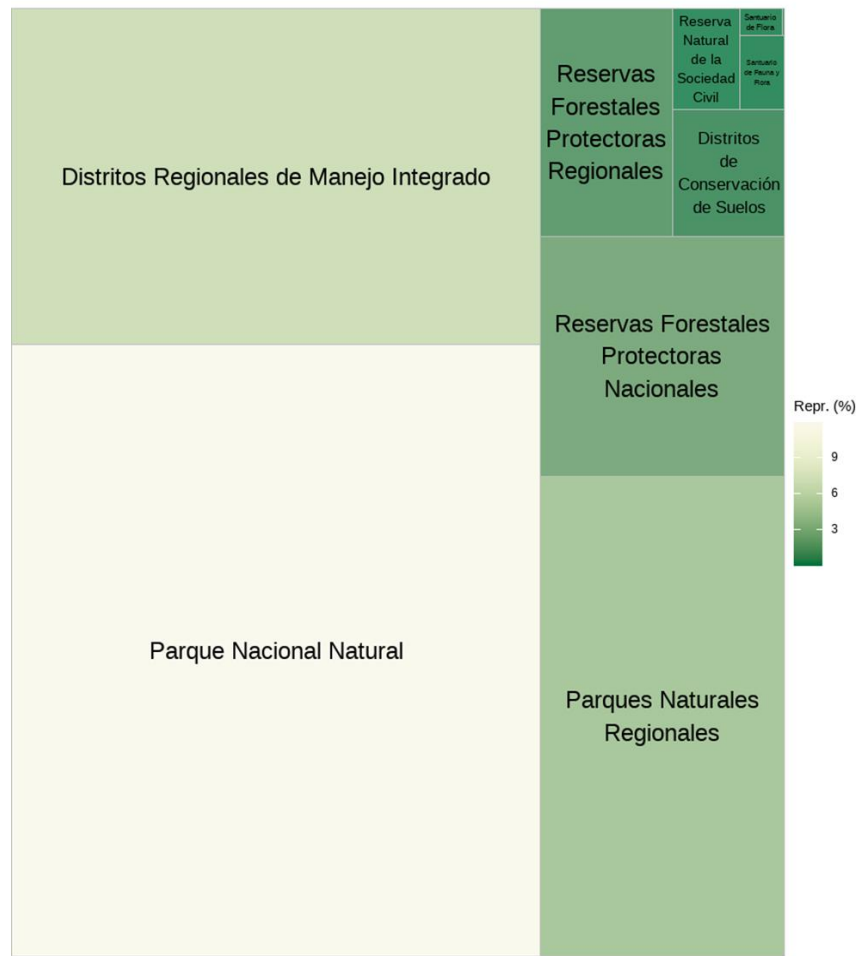
De igual manera, a partir del modelo de distribución potencial calculado, se estima que aproximadamente 110.799,0 km² corresponden a hábitat idóneo para la especie dentro del territorio colombiano, de los cuales tan solo 29.903,5 km² (26.98%) se encuentran dentro de áreas protegidas del SINAP (Sistema Nacional de Áreas Protegidas) (Figura 2) .De estas figuras de protección, los Parques Nacionales Naturales cubren la mayor cantidad de área (13.193,854 km²), correspondiente al 11,9% de hábitat idóneo dentro de sus límites, seguidos por los Distritos Regionales de Manejo Integrado con un 6,5% (7247.22 km²), y los Parques Naturales Regionales con 4.328% (4795.69 km²) (Figura 3, 4). Lo anteriormente mencionado destaca la importancia de las diferentes figuras de protección ambiental para la conservación de especies poco conocidas como la oncilla. Las normativas que rigen cada una de estas categorías permiten tener zonas de amplia extensión, como los Parques Nacionales Naturales, que contribuyen al mantenimiento de estas especies con requerimientos ecológicos complejos, pero con densidades poblacionales bajas, que oscilan entre 0.02 y 0.05 individuos por km². (Oliveira 2004, Tortato & Oliveira 2005; Payan & González-Maya, 2011).

Figura 2. Distribución geográfica de *Leopardus tigrinus* en Colombia obtenido. En color verde se observa el hábitat idóneo para la presencia de la especie.



Escala: 1:1.500.000

Figura 3. Representatividad en relación al área de las diferentes figuras de protección ambiental del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) de Colombia, dentro de la distribución potencial de *Leopardus tigrinus*.

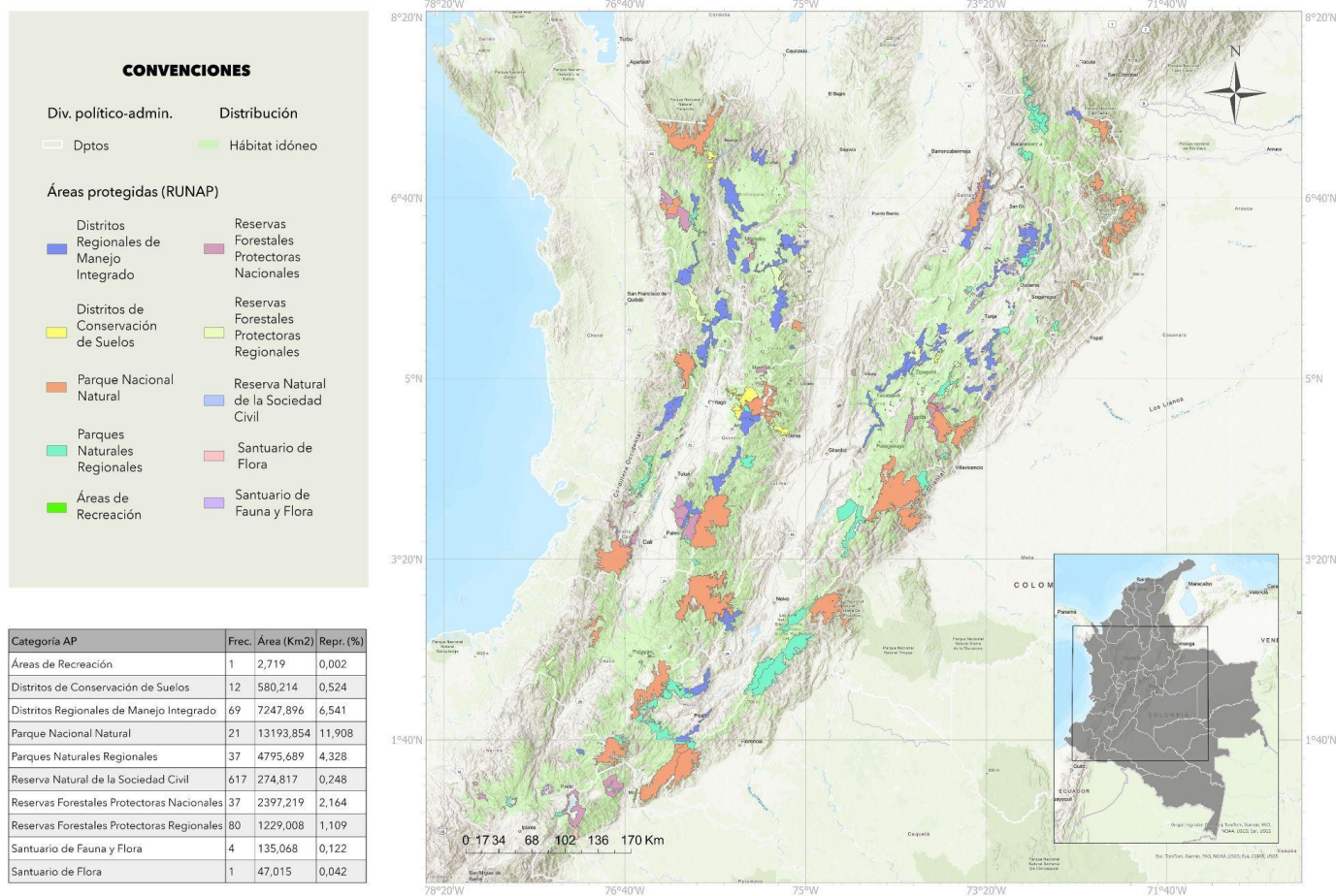


Por otro lado, a pesar de que los Parques Nacionales Naturales poseen la mayor cobertura en términos de área, son una de las figuras con menor número de unidades registradas dentro de la distribución potencial de la oncilla, con solo 21 de las 879 unidades totales. En contraste, las Reservas Naturales de la Sociedad Civil (RNSC), aunque cubren un área significativamente menor (274, 817 km²), tienen el mayor número de unidades, con 617 del total. Este patrón se repite con la mayoría de las figuras de protección, que son superadas en número por las RNSCs aunque no en cobertura, exceptuando a los Santuarios de Flora, Santuarios de Fauna y Flora, y las Áreas de recreación, que presentan un cubrimiento de área menor (Figura 4).

Este análisis refleja los diferentes roles que pueden desempeñar cada una de las categorías del SINAP en la conservación de la especie. Específicamente, los Parques Nacionales Naturales, junto con otras figuras de protección de carácter público, logran tener un papel muy importante en el mantenimiento de poblaciones saludables de especies con grandes requerimientos de hábitat como la oncilla, al conservar áreas más extensas. Por su parte, las Reservas de la Sociedad Civil, a pesar de abarcar una menor área, al ser más numerosas pueden proporcionar una red más extensa de hábitats protegidos, mejorando la conectividad y ofreciendo alternativas de refugio en zonas no cubiertas por otras figuras de protección.

Se ha reportado que las RNSC han convertido al SINAP en un sistema mejor conectado y con mayor representatividad de ecosistemas estratégicos (Areiza et al. 2018), lo que resalta el papel potencial que pueden llegar a tener en la conservación de *L. tigrinus*. Así mismo, otras figuras subnacionales - sobre todo aquellas con buena representación-, realizan un aporte importante al mantenimiento de esta conectividad, lo cual es primordial para garantizar dinámicas que permitan la supervivencia de las especies.

Figura 4. Figuras de protección ambiental del SINAP comprendidas dentro de la distribución potencial de *L. tigrinus*.

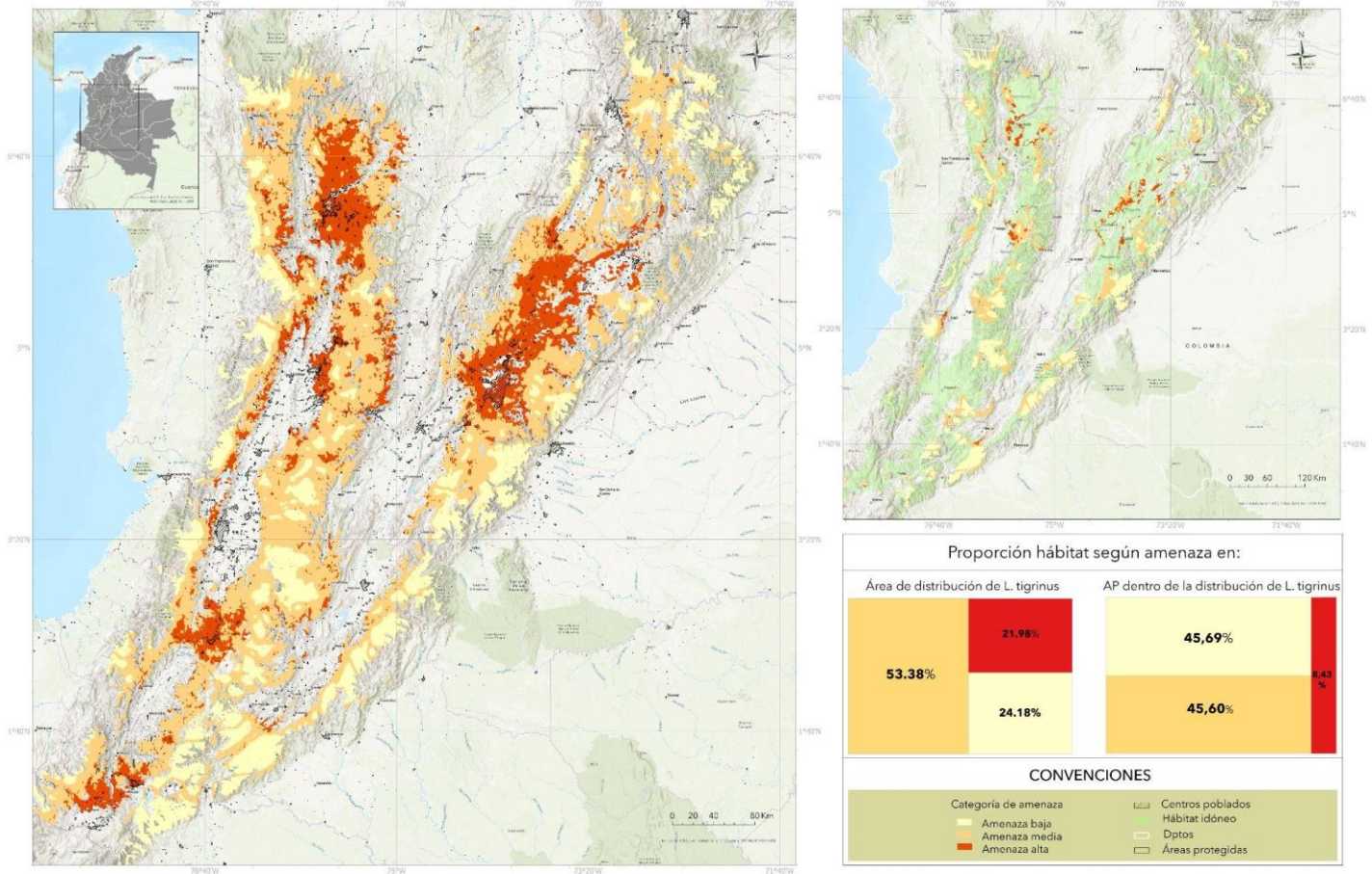


Escala: 1:1.550.000

En relación a las áreas con diferentes niveles de amenaza dentro de la distribución potencial de *L. tigrinus*, se encontró que el 53.38% del hábitat idóneo para la especie se encuentra bajo la categoría de amenaza media, 24.18% bajo categoría de amenaza baja, y 21.98% bajo categoría de amenaza alta. Sin embargo, esta proporción cambia dentro de las áreas protegidas, en dónde el 45.69% y el 45.60 % corresponden a hábitat en baja y media amenaza, respectivamente, y solo el 8,43% corresponde a amenaza alta (Figura 6).

También se puede observar que, aparentemente, la mayor concentración de hábitat en amenaza alta se encuentra en áreas en donde hay mayor presencia de centros poblados, en particular, hacia la región norte de Colombia, en las cordilleras central y oriental, en donde coincidentalmente se encuentran grandes ciudades como Medellín y Bogotá (Figura 6). Esto resalta la necesidad de enfocar esfuerzos de conservación y/o restauración en estas áreas críticas, que se caracterizan por niveles de transformación elevados. Sin embargo, es importante destacar que para entender realmente qué sucede en estas zonas, es necesario realizar un análisis adicional a un nivel más local para evaluar qué factores específicos podrían estar explicando estos niveles de amenaza y en qué medida los centros poblados contribuyen a ellos.

Figura 6. Distribución geográfica de *Leopardus tigrinus* en Colombia, teniendo en cuenta los diferentes niveles de amenaza que enfrenta la especie a lo largo de su hábitat idóneo de distribución. En color rojo se representa la amenaza alta, en color naranja la amenaza media y en beige la amenaza baja.



Escalas: Mapa izq. 1:1.150.000, Mapa der. 1:1.900.000

Por otra parte, el análisis dentro de las áreas protegidas más representativas que se encuentran a lo largo de la distribución potencial de tigrillo reveló que los Parques Nacionales Naturales presentan la mayor extensión de hábitat de la especie en baja amenaza, con aproximadamente 8812 km² del total en esta categoría, 4259,27 km² en amenaza media y 80.66 km² en amenaza alta. Le siguen los Parques Naturales Regionales, con 2828,95 km² de su extensión en amenaza baja, 1863,48 km² en amenaza media y 92.03 km² en amenaza alta. Finalmente, aparecen los Distritos Regionales de Manejo Integrado con 853.65 km² de su extensión en amenaza baja, 4795.53km² en amenaza media y 1577, 19 en amenaza alta (Figura 7).

Cuando se evalúa la amenaza en términos de proporción, es decir, el porcentaje de cada categoría de amenaza en relación al área total que cubre cada área protegida, se evidencia un patrón similar, en donde los Santuarios de Flora, los Parques Nacionales Naturales y los Parques Naturales Regionales presentan la mayor proporción de hábitat en baja amenaza, con el 100%, 67% y 59% de su área total en esta categoría, y el 0%, 0.6% y 1.92% en alta amenaza, respectivamente (Figura 8). Esto refleja que las figuras de carácter público, bajo lineamientos de manejo más estrictos, son las que mayor efectividad tienen a la hora de conservar la integridad de los hábitats. De igual manera, esta tendencia va en línea con la observación global de que la transformación de coberturas es mayor en el exterior de las áreas protegidas y menor en su interior, sobre todo en aquellas que son de carácter más restrictivo (MinAmbiente, 2021; Leberger et al. 2020). Esto resalta la importancia de mantener y aumentar la representación de estas figuras en la conservación de especies como *Leopardus tigrinus*, cuya distribución y uso de hábitat están fuertemente influenciados por la densidad y calidad de la vegetación. Además, subraya la necesidad de realizar una planificación que no se restrinja al interior de las mismas, sino que tenga un enfoque paisajístico que garantice la conectividad entre ellas.

Figura 7. Distribución de área en diferente categoría de amenaza dentro de cada figura de protección del SINAP presente dentro de la distribución potencial de *Leopardus tigrinus*.

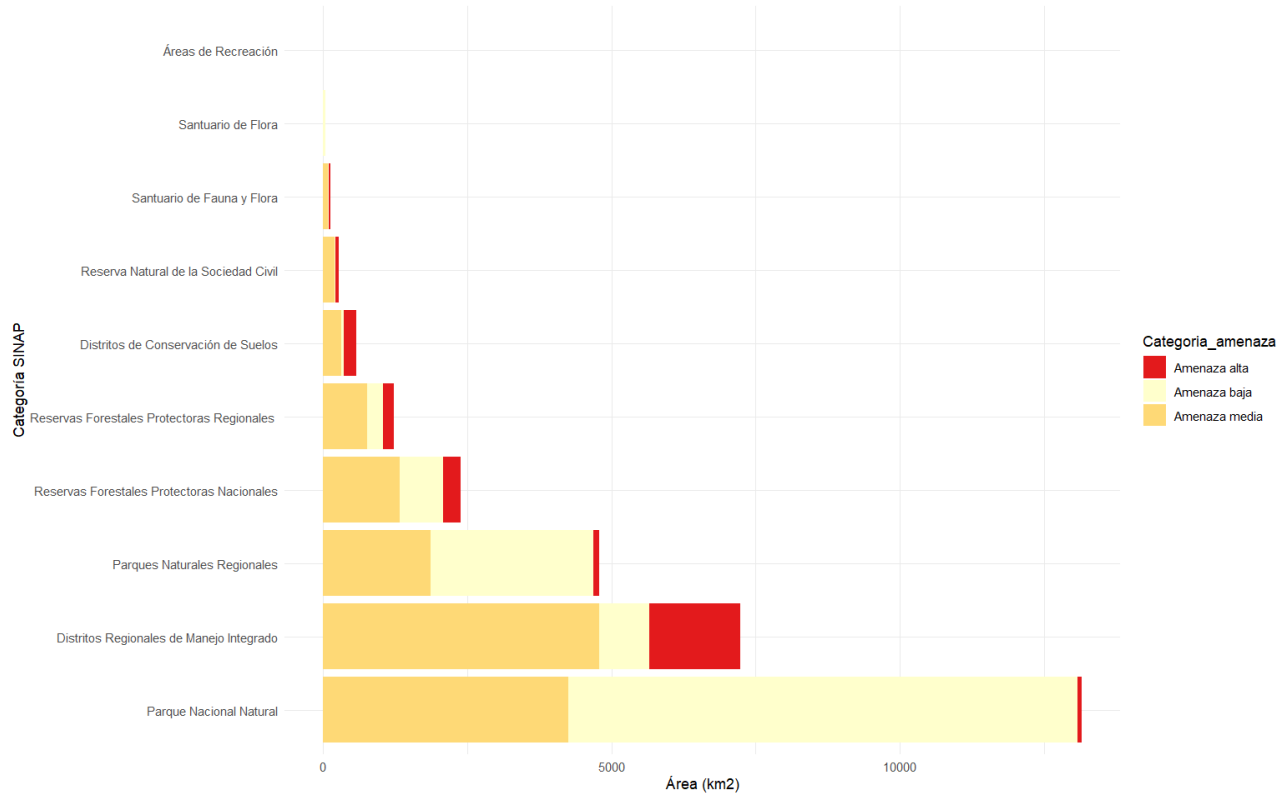
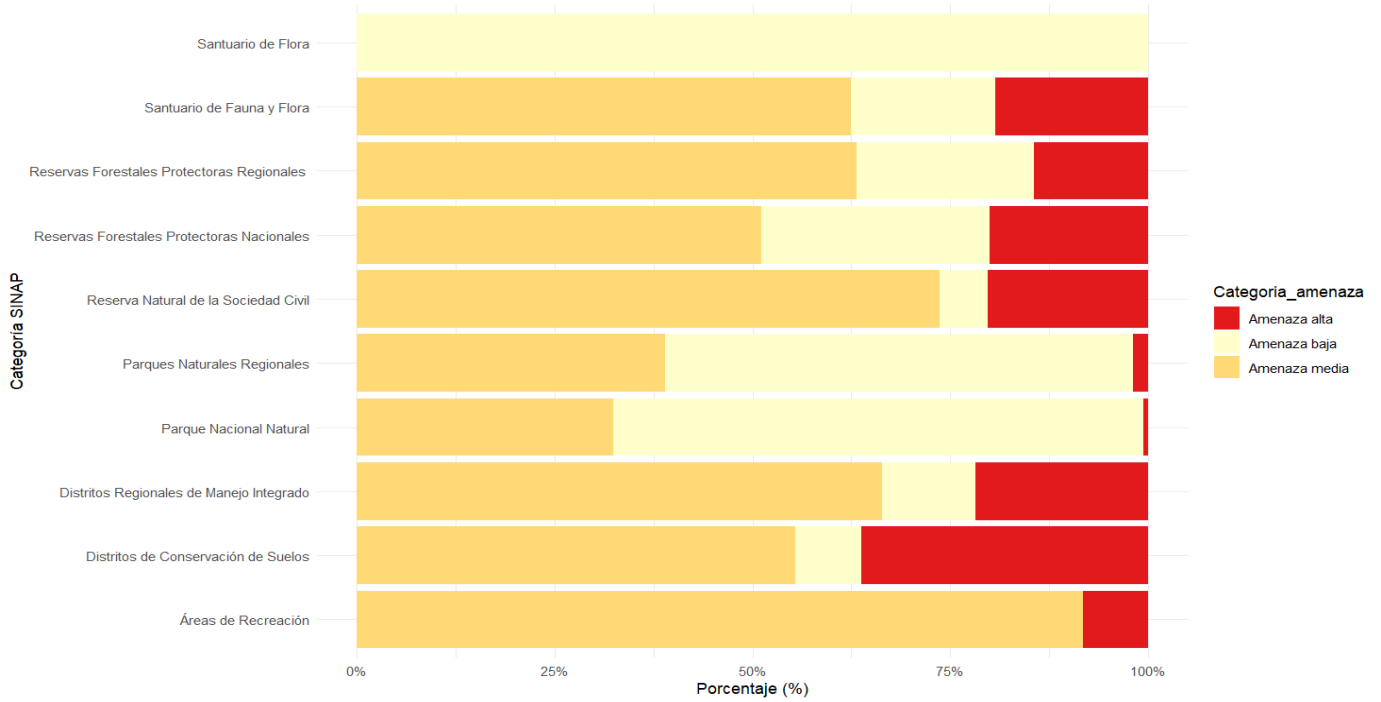


Figura 8. Proporción de áreas en diferente categoría de amenaza dentro de cada figura de protección del SINAP presente dentro de la distribución potencial de *Leopardus tigrinus*.



4. CONCLUSIONES

Leopardus tigrinus es una especie carismática y con la capacidad de ser un indicador del estado del ecosistema de alta montaña en Colombia. No obstante, a pesar de su importancia ecológica, los registros de las ocurrencias de esta especie requieren de la evaluación de expertos, debido a la gran cantidad de reportes por fuera del área de su distribución establecida previamente por la literatura. Adicionalmente, son pocos los trabajos elaborados específicamente en torno a la oncilla, y muchos de los que se encuentran actualmente disponibles carecen de información que ayude a determinar la distribución de la especie, el estado actual tanto de sus poblaciones como del área idónea para su ocurrencia y la influencia de los diferentes determinantes ecológicos que restringen la presencia de la especie. Por consiguiente, es fundamental incrementar los esfuerzos investigativos que tengan como foco central a *L. tigrinus* y exploren la incidencia de predictores ambientales y del hábitat sobre sus patrones geográficos de distribución, para dilucidar de forma apropiada cómo está respondiendo la especie a los entornos cambiantes de los bosques de niebla colombianos y así poder direccionar estrategias de conservación óptimas teniendo en cuenta las diferentes zonas potenciales que cumplan con las características adecuadas para el mantenimiento de poblaciones de *L. tigrinus*.

Aunque el modelo generado a partir de este estudio proporciona un panorama valioso de las áreas potencialmente idóneas para la especie, basadas en variables ambientales, topográficas y de hábitat a gran escala, es importante reconocer que tiene limitaciones debido a que representa sólo una visión general de la distribución potencial de *L. tigrinus*. Además, a pesar de que el modelo generado es el primero de la especie en el que se incorpora una variable referente a la calidad del hábitat (ie. EVI), aún se queda corto en reflejar otras condiciones del hábitat de tigrillo, que podrían ser relevantes a la hora de entender su distribución. Por ejemplo, no se incluyeron variables como disponibilidad de agua, competencia interespecífica o presencia de depredadores, las cuales pueden influir en la presencia de la especie a escalas más locales.

La ausencia de tales variables puede introducir cierta incertidumbre en las predicciones, por lo que recomendamos que se consideren en estudios futuros, para mejorar la precisión del modelo. Además, sería importante y útil complementar esta información con modelos de ocupación a nivel más local, que permitan entender mejor las interacciones biológicas y las dinámicas ecológicas que determinan la presencia de la especie en áreas particulares. Esta combinación de enfoques a diferentes escalas puede proporcionar una comprensión más completa y precisa de la distribución de la especie, mejorando los esfuerzos de conservación.

REFERENCIAS

- Aguirre, L. (2021). Distribución y representatividad de mamíferos en áreas destinadas para la conservación en Cundinamarca y su vulnerabilidad potencial. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12495/7531>
- Areiza, A., Corzo, G., Castillo, L.S., Matallana, C., Correa Ayram, C.A. (2018). Áreas protegidas regionales y reservas privadas: las protagonistas de las últimas décadas. En Moreno, L. A, Andrade, G. I. y Gómez, M.F. (Eds.). 2019. Biodiversidad 2018. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia
- Arias-Alzate, A., Sánchez-Londoño, J. D., Botero-Cañola, S., & González-Maya, J. F. (2014). Registros confirmados recientes de la Oncilla (*Leopardus tigrinus*) en el departamento de Antioquia, Colombia. *Mammalogy Notes*, 1(2), 4–5. <https://doi.org/10.47603/manovol1n2.4-5>
- Armenteras, D., Camilo, P., Cadena, E., Rocío, V., & Moreno Sánchez, D. P. (2007). Evaluación del estado de los bosques de niebla y de la meta 2010 en Colombia (IAVH (ed.)). IAVH.
- Barbosa, A. M., Real, R., & Vargas, J. M. (2010). Use of Coarse-resolution models of species' distributions to guide local conservation inferences. *Conservation Biology*, 24(5), 1378–1387. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01517.x>
- Bedoya-Durán, M. J., Murillo-García, O. E., & Branch, L. C. (2021). Factors outside privately protected areas determine

- mammal assemblages in a global biodiversity hotspot in the Andes. *Global Ecology and Conservation*, 32, e01921. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01921>
- Bonilla-Sánchez, A., Gómez-Ruiz, D. A., Botero-Cañola, S., Rendón-Jaramillo, U., Ledesma Castañeda, E., & Solari, S. (2020). Riqueza y monitoreo de mamíferos en áreas protegidas en Antioquia, Colombia. *Mastozoología Neotropical*, 27(2). privadas <https://doi.org/10.31687/saremMN.20.27.2.0.11>
- Cáceres-Martínez, C. H., Zamora-Abrego, J. G., & González-Maya, J. F. (2023). Noteworthy record of melanism in *Leopardus tigrinus* from El Cocuy National Natural Park, Colombia. *Therya Notes*, 4, 84-88. https://doi.org/10.12933/therya_notes-23-111
- Castillo-Martínez, L. S., Jiménez-Cárdenas, A. V., Martínez-Luque, L. E., Fernández-Vera, H. A y Pinilla-Vargas, M. (2016). Plan de conservación de los felinos silvestres del territorio CAR. In Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. <http://hdl.handle.net/20.500> (Vol. 11786). Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).
- Cepeda-Duque, J. (2022). Determinantes ecológicos de la ocupación del tigrillo andino (*Leopardus tigrinus pardinoides*) en bosques de niebla de la cuenca media del Río Cauca, Colombia (Issue 8.5.2017).
- Cepeda-Duque, J. C., Andrade-Ponce, G., Montes-Rojas, A., Rendón-Jaramillo, U., López-Velasco, V., Arango-Correa, E., López-Barrera, Á., Mazariegos, L., Lizcano, D. D., Link, A., & de Oliveira, T. G. (2023). Assessing microhabitat, landscape features and intraguild relationships in the occupancy of the enigmatic and threatened Andean tiger cat (*Leopardus tigrinus pardinoides*) in the cloud forests of northwestern Colombia. *PLoS ONE*, 18(7 JULY), 1–24. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0288247>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (2019). Plan de Manejo Y Conservación de La Oncilla (*Leopardus tigrinus*) para la Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional De Cundinamarca CAR. 49 p. Bogotá, Colombia.
- Cruz, P., Iezzi, M. E., De Angelo, C., Varela, D., Di Bitetti, M. S., & Paviolo, A. (2018). Effects of human impacts on habitat use, activity patterns and ecological relationships among medium and small felids of the Atlantic <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200806>
- Cuervo Robayo, A. P., Escobar, L. E., Osorio Olvera, L. A., Nori, J., Varela, S., Martínez Meyer, E., ... & Townsend Peterson, A. (2017). Introducción a los análisis espaciales con énfasis en modelos de nicho ecológico.
- Díaz-Pulido, A., Abud, M., Alviz, A., Arias-Alzate, A., Aya, C., Benitez, A. Zárrate-Charry, D. Camera Trapping (2017). En Moreno, L. A., Andrade, G. I., and Ruiz-Contreras, L. F. . (Eds.), *Biodiversity 2016. Status and Trends of Colombian Continental Biodiversity*. Bogotá D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- de Oliveira TG, Lima BC, Fox-Rosales L, Pereira RS, Pontes-Araújo E, de Sousa AL (2020) A refined population and conservation 474 L. A. Fox-Rosales, T. G. de Oliveira 1 3 assessment of the elusive and endangered northern tiger cat (*Leopardus tigrinus*) in its key worldwide conservation area in Brazil. *Glob Ecol Conserv* 22:e00927. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e00927>
- Echavarría Becerra, J. K. (2021). Diversidad y patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes del parque natural regional (pnr) Sisavita, Cucutilla, Colombia Tesis de Pregrado, Universidad de Pamplona. Repositorio Hulago Universidad de Pamplona. Recuperado de: <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/949>
- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., & Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and distributions*, 17(1), 43-57.
- Escobar-Lasso, S., Cerón-Cardona, J., Castaño-Salazar, J. H., Mendieta-Giraldo, L., & Ospina-Herrera, O. (2014). Los felinos silvestres del departamento de Caldas, en la región andina de Colombia: composición, distribución y conservación. *Therya*, 5(2), 575-588. <https://doi.org/10.12933/therya-14-170>

- Esri. (2024). ArcGIS Pro (Versión 3.3) [Software]. Disponible en <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-pro>
- Etter, A., & Van Wyngaerden, W. (2000). Patterns of landscape transformation in Colombia, with emphasis in the Andean region. *Ambio*, 29(7), 432–439. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-29.7.432>
- Fick, S.E. & R.J. Hijmans, (2017). WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37 (12): 4302-4315.
- Fleschutz, M. M., Gálvez, N., Pe'er, G., Davies, Z. G., Henle, K., & Schüttler, E. (2016). Response of a small felid of conservation concern to habitat fragmentation. *Biodiversity and Conservation*, 25(8), 1447-1463. <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1118-6>
- Fois, M., Cuenca-Lombrana, A., Fenu, G., & Bacchetta, G. (2018). Using species distribution models at local scale to guide the search of poorly known species: Review, methodological issues and future directions. *Ecological Modelling*, 385(July), 124–132. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.07.018>
- Fox-Rosales, L.A., de Oliveira, T.G. (2022) Habitat use patterns and conservation of small carnivores in a human-dominated landscape of the semiarid Caatinga in Brazil. *Mamm Biol* 102, 465–475. <https://doi.org/10.1007/s42991-022-00245-3>
- GBIF. (2024). GBIF Occurrence Download. Recuperado de https://www.gbif.org/occurrence/download?country=CO&taxon_key=2434930
- Giraldo Echavarría, D. (2023). Riqueza y afinidades biogeográficas de los mamíferos de un bosque subandino en la cuenca media del Río Cauca, Colombia. Tesis de pregrado. Recuperado de: <https://repositorio.ucaldas.edu.co/handle/ucaldas/18732>
- Gómez-Hoyos, Diego A., Carlos A. Ríos-Franco, Oscar H. Marín-Gómez, Tatiana Suarez-Joaqui, y José F. González-Maya. (2014). «Representatividad De mamíferos Amenazados En El Sistema Departamental De Áreas Protegidas (SIDAP) Del Quindío, Colombia». *Mammalogy Notes* 1 (2), 35-41. <https://doi.org/10.47603/manovolln2.35-41>.
- González-Maya, J. F., Zárrate-Charry, D. A., Arias-Alzate, A., Lemus-Mejía, L., Hurtado-Moreno, A. P., Vargas-Gómez, M. G., Cárdenas, T. A., Mallarino, V., & Schipper, J. (2022). Spotting what's important: Priority areas, connectivity, and conservation of the Northern Tiger Cat (*Leopardus tigrinus*) in Colombia. *PloS One*, 17(9), e0273750. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0273750>
- Guisan, A., & Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135(2–5), 147–186.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2020). WorldClim 2.1: Data for current and future climate. Recuperado de <https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>
- Johnson, B. A., Pinilla-Buitrago, G. E., Paz, A., Kass, J. M., Meenan, S. I., & Anderson, R. P. (2022). Wallace Ecological Modeling Application v2.0 Vignette. Wallace EcoMod. Recuperado de <https://wallaceecomod.github.io/wallace/articles/tutorial-v2.html> (actualizado el 11 de marzo de 2023).
- Kass, J. M., Pinilla-Buitrago, G. E., Paz, A., Johnson, B. A., Grisales-Betancur, V., Meenan, S. I., Attali, D., Broennimann, O., Galante, P. J., Maitner, B. S., Owens, H., Varela, S., Aiello-Lammens, M. E., Merow, C., Blair, M. E., & Anderson, R. P. (2023). wallace 2: A shiny app for modeling species niches and distributions redesigned to facilitate expansion via module contributions. *Ecography*, e06547. <https://doi.org/10.1111/ecog.06547>
- Leberger, R., Rosa, I. M. D., Guerra, C. A., Wolf, F., & Pereira, H. M. (2020). Global patterns of forest loss across IUCN categories of protected areas. *Biological Conservation*, 241, 108299. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108299>

- Liévano Latorre LF, López Arévalo HF. (2015) Comunidad de mamíferos no voladores en un área periurbana andina, Cundinamarca, Colombia. *Acta biol. Colomb.* 2015;20(2):193-202. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v20n2.43477>
- Marín Cardona, D. A. (2011). Caracterización de la masto fauna presente en el páramo de Belmira del distrito de manejo integrado del sistema de páramos y bosques alto andinos del noroccidente medio antioqueño. Repositorio Institucional de Documentación Científica Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.11761/31313>
- Marinho PH, Bezerra D, Antongiovanni M, Fonseca CR, Venticinque EM (2018) Estimating occupancy of the Vulnerable northern tiger cat *Leopardus tigrinus* in Caatinga drylands. *Mamm Res* 63:33–42. <https://doi.org/10.1007/s13364-017-0330-4>
- Medina, W., Chavarro-Tulcán, G.-I., Chavarro, R., & Sánchez, F. (2021). Mamíferos de la Reserva Rogitama Biodiversidad: un hogar en rehabilitación en la Cordillera Oriental de Colombia. *Mammalogy Notes*, 7(2), 258. <https://doi.org/10.47603/mano.v7n2.258>
- Mejía-Correa, S., & Díaz-Martínez, J. A. (2009). Primeros registros e inventario de mamíferos grandes y medianos en el Parque Nacional Munchique, Colombia. *Mesoamericana*, 13(3), 7-22.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). Política Nacional para la Consolidación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia 2021-2030 (Documento Borrador). Recuperado de https://sinap.minambiente.gov.co/images/wwwf/PROPUESTA_HOY/POLITICA_SINAP_2021-2030_Doc_Borrador.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS. (2024). Resolución No. 0126 de 06 de febrero de 2024 “Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino-costera que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones”. 70 pp.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2024). Datos Abiertos Colombia. Recuperado de <https://www.datos.gov.co/>
- Mopán-Chilito, A. M., Camacho, J. A., Franco-Pérez, E., Grajales-Hernández, O. E., Link, A., & Montilla, S. O. (2023). Mamíferos medianos y grandes en un fragmento de bosque subandino en Colombia. *Therya Notes*, 4, 27-33. https://doi.org/10.12933/therya_notes-23-101
- Oliveira, T. G. (2004). The oncilla in Amazonia: Unraveling the myth. *Cat News*, 41, 29-32.
- Paolino, R. M., Royle, J. A., Versiani, N. F., Rodrigues, T. F., Pasqualotto, N., Krepschi, V. G., & Chiarello, A. G. (2018). Importance of riparian forest corridors for the ocelot in agricultural landscapes. *Journal of Mammalogy*, 99(4), 874-884. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyy075>
- Payán Garrido, E., M. Fonseca Aldana, E. Bravo Henao, O. Moreno-Foglia, A. Mejía González, y C. Valderrama Vásquez. (2015). Plan de acción para la conservación de los felinos en el Valle del Cauca, Colombia (2016-2019). *Panthera Colombia y Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, Cali, Colombia*. 70 pp.
- Payan, Esteban & González-Maya, J. (2011). Distribución geográfica de la Oncilla (*Leopardus tigrinus*) en Colombia e implicaciones para su conservación Artículo original DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA ONCILLA (*Leopardus tigrinus*) EN COLOMBIA E IMPLICACIONES PARA SU CONSERVACIÓN. *REVISTA LATINOAMERICANA DE CONSERVACIÓN*, 2(January), 51–59.
- Payan, E., & de Oliveira, T. (2016). *Leopardus tigrinus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e. T54012637A50653881.
- Payán Garrido, E. y Soto Vargas, C. (2012). Los Felinos de Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible,

- Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Panthera Colombia. 48 pp
- Peterson, A. T., J. Soberón, R. G. Pearson, R. P. Anderson, E. Martínez-Meyer, M. Nakamura, & M. B. Araújo. (2011). Ecological niches and geographic distributions. Princeton: Princeton University Press.
- Phillips, S.J. and Dudík, M. (2008), Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31: 161-175. <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x>
- Pineda-Guerrero, A. (2018). Nuevo registro de *Leopardus tigrinus* (Carnivora: Felidae) en la Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá, Colombia. *Mammalogy Notes*, 5(1), 15–17. <https://doi.org/10.47603/manovol5n1.15-17>
- Ramírez-Chaves H E, Leuro Robles N G, Castaño Rivera A, Morales-Martínez D M, Suárez Castro A F, Rodríguez-Posada M E, Zurc D, Concha Osbahr D C, Trujillo A, Noguera Urbano E A, Pantoja Peña G E, González Maya J F, Pérez Torres J, Mantilla Meluk H, López Castañeda C, Velásquez Valencia A, Zárrate Charry D (2024): Mamíferos de Colombia. v1.14. Sociedad Colombiana de Mastozoología. Dataset/Checklist. <https://doi.org/10.15472/kl1whs>
- Ramírez-Mejía, A. F., & Sánchez, F. (2015). Non-volant mammals in a protected area on the Central Andes of Colombia: new records for the Caldas department and the Chinchiná River basin. *Check list*, 11(2), 1582-1582. <https://doi.org/10.15560/11.2.1582>
- Rodríguez Eraso, N., Armenteras-Pascual, D., & Alumbremos, J. R. (2013). Land use and land cover change in the Colombian Andes: Dynamics and future scenarios. *Journal of Land Use Science*, 8(2), 154–174. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2011.650228>
- Rodríguez-Mahecha, J. V., M. Alberico, F. T. y J. J. (2006). Libro Rojo de los Mamíferos de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Conservación Internacional Colombia y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Roemer, G. W., Gompper, M. E., & Valkenburgh, B. Van. (2009). The ecological role of the mammalian mesocarnivore. *BioScience*, 59(2), 165–173. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.2.9>
- R Core Team. (2023). R: A language and environment for statistical computing (Version 4.3.1) [Software]. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Sánchez-Londoño, J. D., Botero-Cañola, S., & López-Arévalo, H. F. (2023). Diversidad de carnívoros (Carnivora) en un paisaje periurbano en los Andes centrales de Colombia. *Mastozoología Neotropical*, 30(1):e0824. <https://doi.org/10.31687/saremMN.23.30.1.09.e0824>
- SiB Colombia (2024) Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia. Recuperado de: <https://biodiversidad.co/>
- Solari, S., Muñoz-Saba, Y., Rodríguez-Mahecha, J. V., Defler, T. R., Ramírez-Chaves, H. E., & Trujillo, F. (2013). Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia. *Mastozoología neotropical*, 20(2), 301-365.
- Torres-Mejía, R. M., Lozano-Florez, A. J., & Jaimes Rodríguez, L. L. (2020). New records of *Leopardus tigrinus* (Carnivora: Felidae) in the Department of Santander, Colombia. *Mammalogy Notes*, 6(2), 142. <https://doi.org/10.47603/mano.v6n2.142>
- Torres Guasca, J. E. (2023) Modelo de Distribución Geográfica de la Especie *Leopardus tigrinus* (VU) Bajo Escenarios de Cambio Climático en Colombia. Tesis de Maestría. Universidad de Nariño. Recuperado de: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/8372>
- Tortato, M. A., & Oliveira, T. G. (2005). Ecology of the oncilla (*Leopardus tigrinus*) at Serra do Tabuleiro State Park, southern Brazil. *Cat News*, 42, 28-30.
- Urmendez Medina, D., Castillo-Ramos, J. C., & Zambrano González, G. (2017). Mortalidad de vertebrados silvestres por

Valentina Echeverry Soto, Laura Maritza Sánchez Cuellar. (2024)

atropello vehicular en 13 kilómetros de la vía Panamericana en el municipio del Patía. Revista Novedades Colombianas, 12(1).

VertNet. (2024). *Leopardus tigrinus*. Recuperado de [<http://portal.vertnet.org/search?q=Leopardus+tigrinus>]