

Distribución potencial de *Tremarctos ornatus* (oso andino) en relación al cambio de uso de suelo de su hábitat en las estribaciones orientales del Ecuador

Potential distribution of *Tremarctos ornatus* (Andean bear) in relation to the land use change of its habitat in the eastern foothills of Ecuador

Camila Rodríguez-Cabezas¹, Monserrath Mejía-Salazar¹ y Catalina Quintana Medina^{2*}

¹ Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Humanas, Quito, Ecuador. crodriguez790@puce.edu.ec. <https://orcid.org/0000-0002-8298-4271>

² Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Escuela de Ciencias Biológicas. Quito, Ecuador. cquintanam@puce.edu.ec. <https://orcid.org/0000-0003-4115-1705>

*Autor de correspondencia: cquintanam@puce.edu.ec

Recibido: 05-07-2022

Aceptado: 08-11-2022

DOI: 10.26807/remcb.v43i2.937

e-ISSN 2477-9148

Resumen. – La presente investigación estudió como el cambio de uso de suelo, en un período de once años, (2008 - 2019), incide en la distribución potencial de la especie *Tremarctos ornatus* (oso andino) en las estribaciones orientales del Ecuador (Provincia de Napo). Según los análisis multitemporales del uso y cobertura de suelo de la provincia de Napo para los años 2008, 2018 y 2019 se observa que esta especie habita cerca del páramo y del bosque montano alto (bosque nativo). A pesar de que la categoría de bosque montano alto (bosque nativo) ha disminuido con el paso de los años, la categoría de páramo se ha incrementado debido al manejo del uso de suelo. Los análisis del modelo de distribución potencial del oso andino a nivel nacional indican que *Tremarctus ornatus* se puede encontrar en Pichincha, Imbabura, Carchi, Napo, Cotopaxi, Chimborazo y Esmeraldas. En la provincia de Napo se encuentra en los cantones de: El Chaco, Quijos y Archidona, principalmente en zonas protegidas. Las principales amenazas a las que se enfrenta esta especie son la caza y la fragmentación de su hábitat, por lo que debe ser protegido,

debido al rol ecológico que cumple, como dispersor de semillas, principalmente en zonas de páramo donde existen mayores registros de su presencia.

Palabras claves: Análisis multitemporal, idoneidad de hábitat, fragmentación del hábitat.

Abstract. - The purpose of the following article was to study how the change in land use, in a period of eleven years, (2008 - 2019), affects the potential distribution of the species *Tremarctos ornatus* (Andean bear) in the eastern foothills of Ecuador (Napó Province). According to the multi-temporal analysis of land use and cover in the province of Napó for the years 2008, 2018 and 2019, it is observed that this species lives near the paramo and the high montane forest (native forest). Although the category of high montane forest (native forest) has decreased over the years, the category of paramo has increased due to land use management. Analysis of the potential distribution model of the Andean bear at a local level indicate that *Tremarctus ornatus* can be found in Pichincha, Imbabura, Carchi, Napó, Cotopaxi, Chimborazo, and Esmeraldas. In the province of Napó, it is found in the cantons of: El Chaco, Quijos and Archidona, mainly in protected areas. The main threats faced by this species are hunting and the fragmentation of its habitat, so it must be protected, due to the ecological role it plays, as a seed disperser, mainly in moorland areas where there are greater records of its occurrence presence.

Keywords : Multi-temporal analysis, habitat suitability, habitat fragmentation.

Introducción

Los modelos de distribución geográfica de las especies tienen varias aplicaciones en estudios biológicos como la búsqueda de registros de especies raras o en peligro de extinción, la investigación de patrones espaciales de la biodiversidad, la evaluación del efecto del cambio climático en la distribución de especies y en aspectos más prácticos como la creación de planes de gestión ambiental y planificación de áreas protegidas (Guisan et al. 2006, Benito y Giles 2007). Los modelos utilizan datos de la presencia y ausencia de especies aplicando métodos estadísticos (Sharon B. Phillips et al. 2006). En este sentido, tanto a nivel nacional como regional se han realizado varios estudios para conservar el hábitat del oso andino *Tremarctos ornatus*, usando modelos de distribución de especies (Kattan et al. 2004; Aldás 2016; Figueroa et al. 2016; Parra 2018; Ortiz Hernández and Fredy Ortiz 2020).

Los estudios que se han realizado en el Ecuador sobre el oso andino se basan en estudios genéticos (Ruiz-García et al. 2020), donde se identificó que las poblaciones del norte del Ecuador tienen un menor nivel de diversidad genética comparadas con las poblaciones del sur, que incluso presentan una disminución del tamaño de la población. Existen estudios sobre la distribución estacional y hábitos alimentarios de *Tremarctos ornatus* en la sierra de Ecuador, específicamente en el Volcán

Antisana (Suarez 1988) en el cual se recalca la importancia del páramo y el bosque andino para la existencia de esta especie y las bromelias como elemento básico en la dieta del oso.

La provincia del Napo presenta 18 ecosistemas, donde se destacan herbazales, bosques montanos altos, bosques inundados y bosques de tierras bajas (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica 2013). Existen varias especies de flora y fauna endémica dentro de la provincia de Napo que se encuentran amenazadas por la pérdida de hábitat (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Napo 2019). El 71,10 % de la provincia del Napo se encuentra en zonas de áreas protegidas, designadas por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Dentro de la provincia se encuentran seis áreas protegidas, nueve bosques protectores, la Reserva de la Biosfera Sumaco y la Reserva de la Biosfera Yasuní (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Napo 2019).

A nivel regional, el oso andino (*Tremarctos ornatus*) se encuentra distribuido en las áreas andinas, desde Venezuela hasta Bolivia en una franja longitudinal de 4600 km (Peyton 1980). En el Ecuador se puede encontrar al oso andino en ecosistemas como los bosques subtropicales, templados, altoandinos y páramos presentes en la sierra y en las estribaciones de la cordillera de los Andes (Tirira 2011). Su rango altitudinal oscila entre los 250 a 4750 m.s.n.m, para los países andinos sus registros se dan a partir de los 1000 m.s.n.m (García-Rangel 2012).

Los osos andinos cumplen un rol importante en el ecosistema de bosque montano y páramo, al ser dispersores de semillas. Los osos al trepar los árboles para alimentarse de frutos, su sistema digestivo no destruye las semillas, sino más bien promueve la dispersión a nuevas áreas (Rivadeneira-Canedo 2008). Por otro lado, esta especie provoca el crecimiento de la vegetación del bosque, ya que cuando el oso se alimenta deja caer troncos al suelo del bosque, así crea espacios abiertos donde llegan la luz y el agua y las ramas se convierten en abono orgánico (Sandoval and Yáñez 2019).

Si bien existen diversos estudios (Suarez 1988; Tirira 2011; García-Rangel 2012; Ruiz-García et al. 2020) del oso andino en el Ecuador, existe una carencia de información de esta especie en la provincia de Napo, por lo que el presente estudio aporta datos para promover su conservación. Para el Ecuador el oso andino se encuentra en la categoría "En Peligro", en base al libro rojo de los

mamíferos del Ecuador, significando que tiene el peligro de desaparecer a nivel regional debido a la caza y fragmentación de su hábitat, causado por el cambio de uso de suelo (Tirira 2011).

El páramo constituye un ecosistema muy importante para el oso andino, debido a la vegetación que le sirve de alimento y al uso como un corredor de transición, para la realización de actividades a lo largo de su desarrollo (Chuncho and Chuncho 2019). Al relacionar la extensión del páramo con la conservación del oso andino, varios autores (Hofstede et al. 2003; Camacho 2013), coinciden en que la deforestación de ecosistemas vecinos al páramo como el bosque montano, inciden en la expansión de la zona de páramo. Para Hofstede et al. 2003, la deforestación de los bosques andinos no es una práctica que afecte directamente al páramo, mientras que para Camacho 2013, el páramo en su mayoría es el resultado de interacciones humanas como las actividades agropecuarias, ya que aproximadamente el 60 % de la superficie de páramo dentro del Ecuador ha sido generado por actividades como el pastoreo y las quemas por la ampliación de la frontera agrícola.

Al momento en que se produce una reducción de la cubierta del bosque, se puede garantizar la expansión de otros ecosistemas como el de páramo (Lanly 2022). Cuando se tala un trozo de bosque, su cubierta puede desaparecer por un periodo de tiempo, sin embargo esta se regenerará mediante una transformación positiva a pastizales incrementando la expansión del páramo (Lanly 2022).

A partir de esta problemática surge la pregunta de investigación ¿Cómo el cambio de uso del suelo en un período de once años (2008-2019) incide en el hábitat y en la distribución potencial de *Tremarctos ornatus* (oso andino) en la provincia de Napo?

Materiales y Métodos

Área de estudio.- El clima en la provincia del Napo se encuentra clasificado como húmedo tropical, la precipitación oscila entre los 150 y 270 mm/mes, siendo marzo y mayo los meses con mayores precipitaciones, mientras que julio y agosto son los meses más secos (Armenta et al. 2016). La temperatura oscila entre 3 y 24°C siendo julio el mes con temperatura más baja y octubre el mes más caliente (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Napo 2019).

El área de estudio se centra en el páramo y el bosque montano alto de la provincia de Napo al ser las regiones naturales principales en donde se han encontrado registros del oso andino (Global

Biodiversity Information Facility 2021; iNaturalist 2021; Pontificia Universidad Católica del Ecuador 2021). El páramo tiene un rango altitudinal entre los 3200 msnm y 4700 msnm, siendo en su mayoría de categoría húmedos por lo que se le conoce como esponjas de agua (Camacho 2013). Se puede encontrar diversidad de fauna silvestre por lo que es considerado como un hábitat excepcional. El 7 % del territorio ecuatoriano se encuentra ocupado por este ecosistema, siendo una fuente importante de recursos naturales como la producción de agua (Chuncho and Chuncho 2019).

Por otro lado, el bosque montano alto tiene un rango altitudinal que va desde los 3000 msnm hasta los 3700 msnm. Dentro de esta región natural se puede encontrar varios servicios ambientales como la producción de oxígeno y el almacenamiento de agua, además se encuentran plantas epífitas, vasculares y briofitos (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica 2013). El rango altitudinal donde se encuentra al oso andino oscila entre los 250 – 4750 m.s.n.m (Fondo Mundial para la Naturaleza 2016).

Datos del oso andino y de la provincia de Napo.- Para recopilar información sobre las características del hábitat, distribución, alimentación, descripción, comportamiento, estado de conservación y rol ecológico del oso andino, se hizo una revisión bibliográfica de los estudios realizados hasta el presente: Castellanos 2010, García-Rangel 2012, y Sandoval and Yáñez 2019. La información del Plan de Ordenamiento Territorial de la Provincia de Napo y los Planes de Ordenamiento Territorial de los Cantones se usaron para la recolección de información de los componentes biofísico, poblacional y económico de la provincia de Napo.

Análisis multitemporal.- Se realizó un análisis multitemporal por un período de 11 años (2008 – 2019), con el uso de coberturas digitales de uso de tierra extraídas del Geoportal del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Tiene una escala de 1: 100.000 para visualizar los cambios existentes en los mapas de uso de suelo para el análisis de coberturas digitales mediante el software ArcGIS.

Modelo Maxent.- El uso del software Maxent permitió modelar la distribución de esta especie mediante dos conjuntos de datos principales. El primero se basa en 220 registros georreferenciados sobre la presencia de la especie, esta información se obtuvo de geoportales como Bioweb PUCE, GBIF Servicio de información sobre biodiversidad mundial e INATURALIST, para posteriormente realizar una sola base de datos y trasladar estos puntos al software ArcGIS. El segundo son las 19

variables bioclimáticas determinadas por la plataforma World Clim para colocar en el software Maxent y proceder a realizar dos modelos. La resolución espacial de las variables ambientales descargadas es de 1 km².

En el modelo 1 se utilizaron las 19 variables y se procedió a correr el primer modelo con 10 réplicas. En el caso del segundo modelo, se subieron solamente las variables ambientales que más aportaron al modelo 1 y se procedió a correr el modelo final con 10 réplicas dado a que a mayor número de réplicas se puede observar cuál es el modelo más idóneo para la especie.

Variables bioclimáticas.-Las variables bioclimáticas utilizadas para el modelo final de distribución potencial del oso andino se enlistan en la Tabla 1 con su porcentaje de contribución.

Calibración del modelo Maxent.- Para la elaboración del primer modelo, del modelo final, y en la calibración se utilizó el mismo número de réplicas, es decir 10, donde la validación de cada modelo utilizó el 75 % y 25 % de los datos de registros georreferenciados de la especie. Se aplicó de igual manera la presencia del entrenamiento de percentil 10 el cuál es un umbral que omite las regiones que tienen una idoneidad de hábitat bajo, definiendo los parámetros de forma predeterminada como lo sugiere Refoyo et al. 2014.

Elaboración de mapas.- El modelo resultante presentó la distribución potencial del oso andino en la provincia de Napo donde se realizó un mapa de uso de suelo mediante el software ArcGIS con una cobertura digital a escala 1: 25.000 para demostrar como el uso de suelo incide en la distribución potencial de esta especie.

Resultados

Uso y cobertura de suelo en el año 2008 a escala 1: 100.000.- La cobertura para el uso del suelo en el área de estudio para el año 2008 (Tabla 2) indica que el mayor porcentaje de hectáreas corresponden al nivel de bosque montano alto (bosque nativo) con una extensión de 825910,03 ha (65,84 %) de la superficie provincial. La zona antrópica se concentra principalmente en las cabeceras cantonales; siendo el Tena la ciudad con mayor extensión de área poblada. Sin embargo, se puede determinar que la zona antrópica para el año 2008 solamente representa 1543,73 ha (0,12

%) de la superficie total. En contraste el área de páramo, donde se encontró el mayor número de registros de oso andino tiene una superficie de 241 191,30 ha (19,23 %); seguido por la categoría de bosque montano alto (bosque nativo).

Ciertos registros del oso andino se encuentran cerca de áreas de mosaicos agropecuarios que representan 157431,71 ha (12,55 %).

Uso y cobertura de suelo en el año 2018 a escala 1: 100.000.- La cobertura de uso del suelo en el área de estudio para el año 2018 (Tabla 3), a la misma escala con 10 años de diferencia, indica que la categoría de bosque montano alto (bosque nativo), fue la categoría con mayor porcentaje de superficie con 813174,84 ha (64,83 %). En 10 años de diferencia, este ha disminuido aproximadamente en 12735,19 ha (1,01 %), lo cual puede llegar a representar una pérdida de hábitat no solamente para el oso andino, sino también para otras especies de fauna como el tapir andino, el zorro andino y de plantas propias del bosque montano alto y páramo. Sin embargo, la categoría de páramo ha tenido un aumento de 7952,33 ha (0,63 %) lo cual es beneficioso para los requerimientos de desarrollo del oso andino.

La zona antrópica del año 2018 representa 4773,78 ha (0,38 %) de la superficie total. En el mapa elaborado se puede observar que las cabeceras cantonales presentan crecimiento de las áreas pobladas, principalmente en la ciudad de Tena y Archidona. El mosaico agropecuario incrementó con 10035,34 ha (0,8 %), y se encuentra en zonas cercanas a las cabeceras cantonales.

Uso y cobertura de suelo en el año 2019 a escala 1: 25.000.- En la cobertura para el uso del suelo en el área de estudio para el año 2019 (Tabla 4), en esta ocasión a una escala de 1:25.000, se puede distinguir que el bosque montano alto (bosque nativo), al igual que en los anteriores mapas, es la categoría que más superficie ocupa con 917293,32 ha (73,14 %), siguiéndole la categoría de páramo con 168009,83 ha (13,4 %).

A esta escala mucho más detallada y local aparecen categorías como la de cultivo que representa 7647,5 ha (0,61 %), con cultivos principalmente de maíz (*Zea mays*), cacao (*Theobroma cacao*) y yuca (*Manihot esculenta*); para la zona antrópica se tiene 4719,18 ha (0,38 %) (Figura 1).

Registros obtenidos de la especie *Tremarctos ornatus* (oso andino) en Ecuador y en la provincia de Napo.- Se obtuvieron 220 registros mediante los geoportales (Bioweb...etc) para las

provincias de Pichincha, Carchi, Imbabura, Zamora Chinchipe, Morona Santiago, Tungurahua, Loja, El Oro, Sucumbios, Orellana, Cotopaxi y Napo. Se determinó que la provincia de Pichincha es la que cuenta con más registros (95), le sigue la provincia de Imbabura (59) y finalmente se encuentra la provincia de Napo (32). Los registros de la provincia de Napo se encuentran en los cantones de Quijos con 22 puntos, El Chaco con 6 puntos y Archidona con 4 puntos georreferenciados. Sin embargo, en los cantones Tena y Carlos Julio Arosemena Tola no se han localizado registros de esta especie.

Resultado del modelo de distribución potencial de la especie *Tremarctos ornatus* (oso andino) en el Ecuador

Resultado en Maxent.- La Figura 2 es una representación de los modelos, en donde se muestra que los colores cálidos son las zonas en donde pueden encontrarse las mejores condiciones para el oso andino. Por otro lado, las zonas de colores fríos muestran las áreas donde no se hallan condiciones adecuadas para el desarrollo del oso andino. En el modelo 1 (Figura 2) se observa que los lugares óptimos se encuentran en la parte norte del Ecuador, en su mayoría en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha con un rango de medio (778797,70 ha) a alto (407649,67 ha) en probabilidad de presencia de la especie. Este modelo se realizó con las 19 variables ambientales donde la variable "bio 5" (temperatura máxima del mes más cálido) es la que tiene mayor ganancia cuando se utiliza aisladamente. Mientras que la variable "bio 3" (isotermalidad) es aquella que tiene una gran cantidad de información que no se encuentra con otras variables. De las 10 réplicas del primer modelo realizado con todas las 19 variables ambientales, el número 7 es el más óptimo, ya que presenta el AUC más alto de 0.9706, mientras este valor es más próximo a 1 el modelo será más óptimo.

En el caso de la elaboración del modelo final (Figura 2) se escogieron las variables bio1, bio14, bio4, bio16, bio11, bio15 y bio 10. Son aquellas que más aportaron a la elaboración del modelo sin tener una autocorrelación que pueda causar conflictos al momento de plasmar el modelo. En esta ocasión la variable bio 1 de temperatura media anual tuvo un porcentaje de contribución del 51.9 %. De las 10 réplicas del modelo final, el modelo 7 con un AUC de 0,9458 es el mejor modelo con el AUC más cercano a 1. Las siete variables utilizadas fueron bio1, bio14, bio4, bio16, bio11, bio15 y

bio 10. Así también la presencia mínima de deformación en este modelo se obtuvo un valor igual a 0.

De acuerdo con los resultados arrojados por el software Maxent la variable ambiental bio 10 (Temperatura media del trimestre más cálido) es la que tiene una mayor ganancia, cuando se usa aisladamente, lo cual quiere decir que su información es más útil por sí misma. Por otro lado, la variable bio 4 (Estacionalidad de la temperatura desviación estándar \times 100) es la que parece tener la mayor cantidad de información que no está presente en las otras variables (Philips et al. 2021).

Resultado de ArcGIS.- De acuerdo con la clasificación del ráster de Maxent, la probabilidad de presencia de la especie es muy alta (327308,25 ha) principalmente en las provincias de Pichincha, Imbabura, Carchi y Napo seguido de Cotopaxi, Chimborazo e incluso la provincia de Esmeraldas.

Resultado del modelo de distribución potencial de la especie *Tremarctos ornatus* (oso andino) y la incidencia de uso de suelo en su hábitat en la provincia de Napo.- En la figura 3 sección A se observan cinco categorías de probabilidad de presencia de la especie según los resultados del modelo de distribución potencial. La sección B contiene la idoneidad de hábitat de *Tremarctos ornatus* en relación con el uso de suelo de la provincia en el año 2019.

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir del modelo final del software Maxent y la utilización del software ArcGIS, la categoría de Probabilidad Media (62,09% del territorio) de presencia de la especie dentro de la provincia de Napo ocupa 778797,70 ha. Se puede observar que la sección de bosque montano alto (bosque nativo) es la que mayor territorio ocupa (80,30 %), seguida de la de páramo que a diferencia de las demás clases de probabilidad de presencia de la especie es la más baja (7,71 %).

La categoría de Probabilidad Alta (32,50% del territorio) de presencia de la especie dentro de la provincia de Napo ocupa 407649,67 ha (Figura 3 A). Aquí se visualiza que la categoría de bosque

montano alto (bosque nativo) es la que mayor área ocupa con el 50,85 %, seguida de la categoría de páramo con el 37,36 %.

La categoría de Probabilidad Muy Alta (26,09% del territorio) de presencia de la especie dentro de la provincia de Napo ocupa 327308,25 ha. Se puede observar que a diferencia de las categorías previamente mencionadas, la categoría de páramo es la que mayor territorio ocupa con el 62,01 %, seguida de la categoría de bosque montano alto (bosque nativo) con el 20,55 %.

Discusión

A nivel global el estado del oso andino es preocupante debido a las amenazas a las que se expone, como la fragmentación de su hábitat y la caza (Castellanos and Boada 2019; Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza 2017). La transformación del hábitat a lo largo de los años por las distintas comunidades humanas ha ocasionado el cambio del hábitat de varias especies ocasionando la pérdida de biodiversidad al modificar los distintos ecosistemas (Kattan et al. 2004). Las principales actividades antrópicas que han ocasionado la pérdida de hábitat ha sido la expansión de la frontera agrícola y sus prácticas inadecuadas; así también en los Andes tropicales la explotación petrolera y la minería han provocado un impacto en el hábitat de esta especie provocando la pérdida de conectividad y contaminación de recursos, además de la construcción de vías (Ximena Velez-Liendo and Shaenandhoa García-Rangel 2017).

El manejo efectivo de las áreas protegidas tendría un resultado positivo al incidir en el aseguramiento de poblaciones del oso andino en Ecuador (Fondo Ambiental Quito 2021). Los resultados del presente estudio concuerdan con lo que menciona Tirira 2011, en que el oso andino se ubica principalmente en bosques montanos y páramos, por lo que las estrategias de conservación deben incluir zonas de la cordillera andina cercanas a las áreas protegidas. Los resultados del modelo realizado con el software Maxent indican que esta especie tiende a ubicarse cerca del ecosistema de páramo, que cuenta con los requerimientos que el oso andino necesita para su sobrevivencia (Castellanos and Boada 2019; Tirira 2011).

Los tres cantones prioritarios dentro de la provincia de Napo para la implementación de estrategias de conservación son: El Chaco, Quijos y Archidona, considerando la alta probabilidad de presencia de la especie en estas zonas por el resultado del modelo de distribución potencial (Figura. 3 A). Este mapa (Figura. 3 B) resalta el ecosistema de páramo y bosque montano alto (bosque nativo) como

los ecosistemas en los que se puede encontrar al oso andino que coinciden con los resultados de Castellanos y Boada 2019. La reserva ecológica Antisana y el parque nacional Cayambe – Coca ubicados en el área de estudio promueven la conservación del oso andino.

La categoría de bosque montano alto (bosque nativo) es la categoría con mayor superficie dentro del territorio con 73,14%, sin embargo, esta ha disminuido en un 1,01 % (12735,19 ha) en un periodo de 10 años lo cual representa una amenaza para el oso andino y para varias especies de flora y fauna dentro de la provincia. Pese a que la categoría de páramo, la cual es de suma importancia para el desarrollo del oso andino, ha aumentado un 0,63 % (7952,33 ha), esto posiblemente se deba a la deforestación del bosque montano alto causado por actividades agroproductivas (Lanly 2022).

Cabe mencionar que de acuerdo a los resultados de probabilidad obtenidos mediante el algoritmo Maxent, en la categoría “media” es probable que no se encuentre al oso fácilmente, debido a que la extensión del área del páramo es menor, a diferencia de la categoría de probabilidad “alta” y “muy alta”. En la categoría alta es más probable que se halle a la especie, a diferencia de la categoría de probabilidad media debido a que aquí se encuentra una mayor extensión del área de páramo. Finalmente, en la categoría muy alta se encuentra la reserva ecológica Antisana y el parque nacional Cayambe-Coca, en donde existen la mayor parte de registros por la facilidad de acceso a estas zonas y por la extensión del área de páramo dentro de estas áreas protegidas.

La deforestación del bosque montano alto, para cultivos de ciclo corto como hortalizas, maíz y papa provocan el aumento de pastizales ya que luego de las cosechas, se deja crecer pasto al natural, incrementando el área de páramo (Camacho 2013).

A pesar de que el oso andino tiene un rol ecológico importante y es considerada una especie emblemática (Sandoval and Yáñez 2019), esta especie tiene conflictos con la población por la depredación de cultivos y ganado lo cual provoca su cacería (Kattan et al. 2004). La transformación de su hábitat, por las comunidades humanas debido a la agricultura y ganadería, provocan la pérdida de biodiversidad. La presencia de mosaicos agropecuarios en la provincia de Napo como lo demuestra la figura 1, puede significar una amenaza para el hábitat del oso andino ya que existen actividades que afectan a su conservación, por los conflictos a los que se ven expuestos con el ser humano como lo es la caza.

Según la figura 1, se observa como en la provincia de Napo la zona antrópica aumenta debido al incremento de población humana que provoca la expansión de la frontera agrícola, disminuyendo el área de bosque montano alto (bosque nativo) lo que provoca una grave amenaza para el hábitat del oso andino.

Conclusiones

Pese a la evidencia del cambio del uso de suelo en los últimos diez años, la presencia de áreas protegidas como el parque nacional Cayambe - Coca y la reserva ecológica Antisana en la provincia del Napo, favorecen la conservación del oso andino. Las amenazas a la conservación del oso andino y otras especies son mayores fuera de las áreas protegidas.

El rol ecológico del oso andino como dispersor de semillas, polinizador y al promover el crecimiento de la vegetación, son razones para trabajar en su protección. El oso andino también es considerado una especie emblemática en los países andinos por su valor en las culturas indígenas, apoyando al patrimonio cultural por lo cual se han promovido distintas propuestas para su conservación (Sandoval and Yáñez 2019).

Con los análisis realizados se concluye que si se diera el cambio de uso de suelo en las categorías de páramo y bosque montano alto (bosque nativo), la distribución potencial del oso andino se vería reducida. Los estudios de fluctuación del área de páramo en el tiempo resultan claves para determinar aspectos relacionados a la conservación del oso andino. Al reducirse el área de páramo y bosque montano alto, el oso andino no tendrá suficiente área para los requerimientos que necesita para su sobrevivencia conforme a su alimentación, comportamiento y rol ecológico (Rivadeneira-Canedo 2008; Castellanos 2010; García-Rangel 2012; Sandoval and Yáñez 2019).

La provincia de Napo registra el mayor número de observaciones del oso andino debido a su gran extensión de páramo y bosque montano alto (bosque nativo). Por este motivo es necesario concientizar a los habitantes sobre la protección de estos ecosistemas para la conservación del oso andino. La creación de proyectos de educación ambiental en las escuelas que se encuentren

dentro de los cantones de la provincia (Quijos, El Chaco y Archidona) donde se ha observado la presencia de esta especie son claves para la conservación del oso andino.

Agradecimientos

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, por la oportunidad para la realización de este artículo científico.

A un revisor anónimo por sus recomendaciones claves con el modelo y mapas generados.

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución de los autores

CR: Diseño experimental del estudio, colección, análisis e interpretación de datos, redacción de la versión inicial del manuscrito

MM: Revisión de texto y cartografía

CQ: Revisión de los análisis y edición del manuscrito

Referencias

Bernard Peyton. 1980. Ecology, Distribution, and Food Habits of Spectacled Bears, *Tremarctos ornatus*, in Peru. *Journal of Mammalogy*. 61(4):639–652.

Camacho M. 2013. Los páramos ecuatorianos caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible. *Anales de la Universidad Central del Ecuador*.

Castellanos A. 2010. Guía para la rehabilitación, liberación y seguimiento de osos andinos. Andean Bear Foundation.

Castellanos A, Boada C. 2019. Bioweb PUCE. Pontificia Universidad Católica del Ecuador [Internet]. <https://bioweb.bio/faunaweb/mammaliaweb/FichaEspecie/Tremarctos%20ornatus>

Catalina Rivadeneira-Canedo. 2008. Study of the Andean bear (*Tremarctos ornatus*) as a legitimate seed disperser and elements of its diet in the region of Apolobamba-Bolivia. *Ecología en Bolivia*. 43(1):29–40.

Chuncho C, Chuncho G. 2019. Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión. *Bosques Latid Cero*. 9(2):71–83.

Diego Ortiz Hernández, Jhon Fredy Ortiz. 2020. Modelado de distribución geográfica del oso andino bajo escenarios de cambio climático en Colombia. Bogotá: Universidad Antonio Nariño.

Evelyn Aldás. 2016. Modelamiento ecológico del hábitat del oso de anteojos (*tremarctos ornatus*) en el Parque Nacional Cayambe-Coca mediante el empleo de sistemas de información geográfica. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.

Fondo Ambiental Quito. 2021. Fondo Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito. Fondo Ambient Quito [Internet]. <http://www.fondoambientalquito.gob.ec/proyecto/conservacion-oso-andino-y-el-manejo-de-su-habitat-al-noroccidente-del-dmq>

García-Rangel S. 2012. Andean bear *Tremarctos ornatus* natural history and conservation. *Mammal Rev.*:85–119.

Global Biodiversity Information Facility. 2021. *Tremarctos ornatus* (F.G.Cuvier, 1825). *Glob Biodivers Inf Facil* [Internet]. <https://www.gbif.org/es/species/2433401>

Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Napo. 2019. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial Napo 2020-2023. Tena: Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Napo.

Guillermo Armenta, Jorge Villa, Pablo Jácome. 2016. Proyecciones climáticas de precipitación temperatura para Ecuador, bajo distintos escenarios de cambio climático.

Hofstede R, Segarra P, Mena P. 2003. Los Páramos del Mundo. Quito: Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia.

iNaturalist. 2021. iNaturalist database. iNaturalist [Internet]. https://www.inaturalist.org/observations?place_id=any&taxon_id=41657

Judith Figueroa, Marcelo Stucchi, Roxana Rojas-VeraPinto. 2016. Modelación de la distribución del oso andino *Tremarctos ornatus* en el bosque seco del Marañón ~ (Perú). *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 87:230–238.

Kattan G, Hernández O, Goldstein I, Rojas V, Murillo O, Gómez C, Restrepo H, Cuesta F. 2004. Range fragmentation in the spectacled bear *Tremarctos ornatus* in the northern Andes. *Oryx*.

Lanly J-P. 2022. Los factores de la deforestación y la degradación de los bosques. Organ Las N U Para Aliment Agric [Internet]. <https://www.fao.org/3/xii/ms12a-s.htm>

Luis Suarez. 1988. Seasonal distribution and food habits of spectacled Bears *Tremarctos ornatus* in the highlands of Ecuador. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*.:133–136.

Manuel Ruiz-García, Armando Castellanos, Jessica Yanina Arias-Vásquez, Joseph Mark Shostell. 2020. Genetics of the Andean bear (*Tremarctos ornatus*; Ursidae, Carnivora) in Ecuador: when the Andean Cordilleras are not an Obstacle [Internet]. *Mitochondrial DNA Part A: DNA Mapping, Sequencing, and Analysis* [Internet]. 31(5). <https://doi.org/190-208>

Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2012. Geoporta Sigtierras [Internet].
<http://www.sigtierras.gob.ec/geoportal/>

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. 2013. Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental. Quito: Subsecretaría de Patrimonio Natural.

Paola Parra. 2018. Identificación de áreas potenciales para deforestación con *Nectandra acutifolia* (Pacches) mediante la aplicación de un modelo de distribución de especies, como estrategia de conservación para el corredor ecológico del oso andino en el distrito metropolitano. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Philips S, Dudik M, Schapire R. 2021. Software Maxent para el modelamiento de nichos y distribución de especies (Version 3.4.4) (3.4.4). [Internet].
https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/

Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 2021. Bioweb Ecuador. Bioweb Ecuad [Internet].
<https://bioweb.bio/>

Refoyo P, Olmedo C, Muñoz B. 2014. La utilidad de los modelos de distribución de especies en la gestión cinegética de los ungulados silvestres. *Anim Biodivers Conserv.* 37(2):165–176.

Sandoval P, Yáñez P. 2019. Aspectos biológicos y ecológicos del oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*, Ursidae) en la zona andina de Ecuador y perspectivas para su conservación bajo el enfoque de especies paisaje. *Granja Rev Cienc Vida.*:19–27.

Sharon B. Phillips, Viney P. Aneja, Daiwen Kang, S. Pal Arya. 2006. Modelling and analysis of the atmospheric nitrogen deposition in North Carolina. *International Journal of Global Environmental Issues.* 6(2–3):231–252.

Tirira D. 2011. Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador. In: Libro Rojo Los Mamíferos Ecuad. 2a. edición. Quito: Fundación Mamíferos y Conservación.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2017. IUCN Red List [Internet].
<https://www.iucnredlist.org/species/22066/123792952>

Ximena Velez-Liendo, Shaenandhoa García-Rangel. 2017. *Tremarctos ornatus*, Spectacled Bear. The IUCN Red List of Threatened Species.

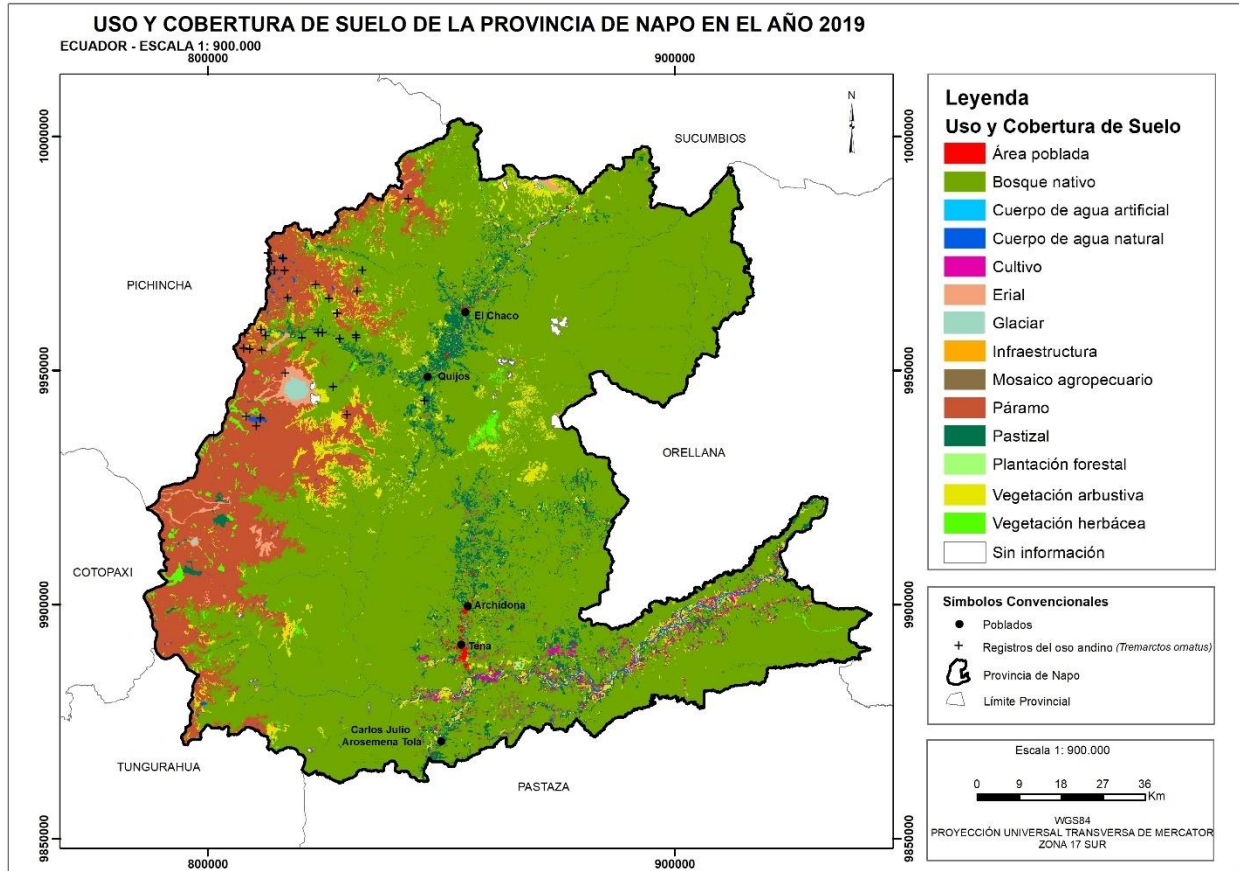
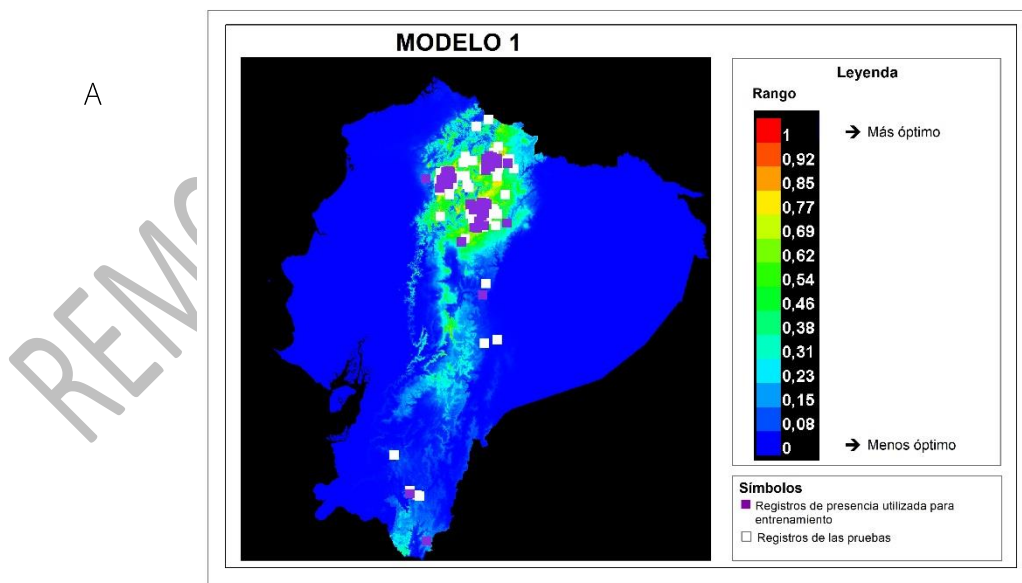


Figura 1. Uso y cobertura de suelo de la provincia de Napo en el año 2019.



B

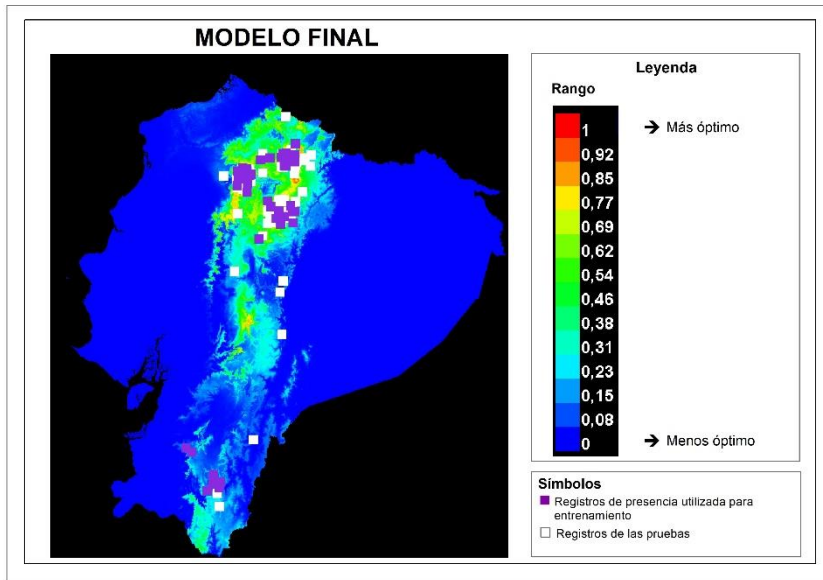
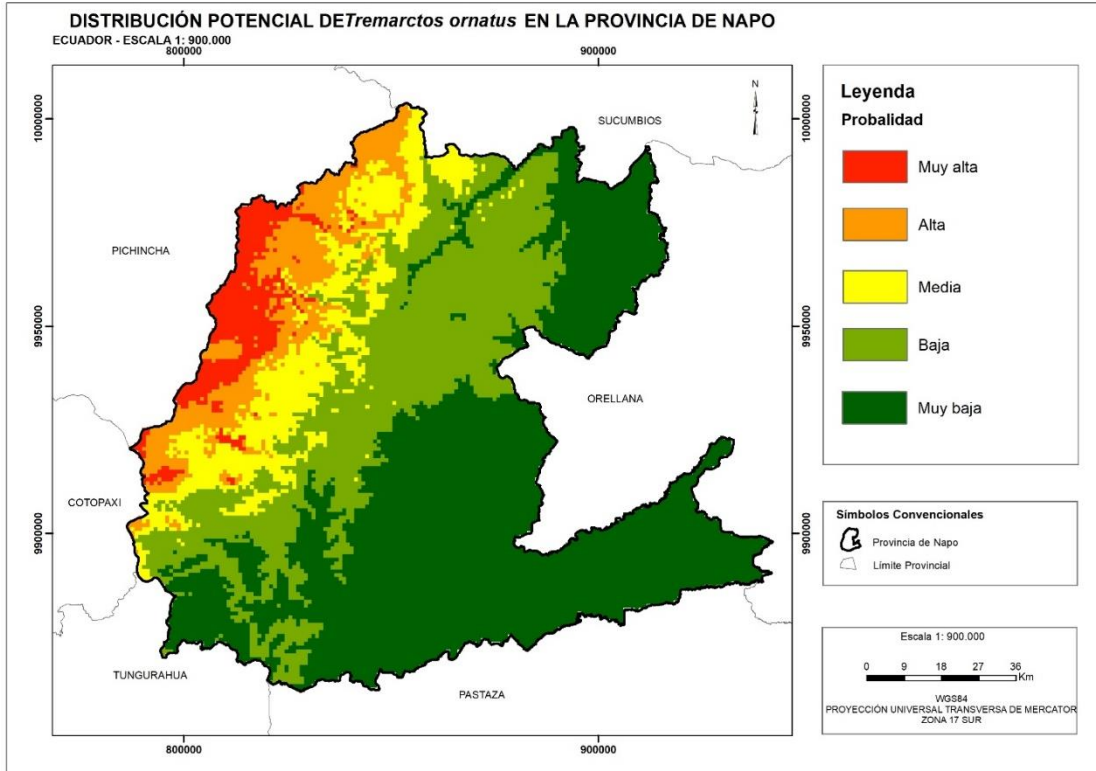


Figura 2. A: Resultado del Modelo 1; B: Modelo Final

A



B

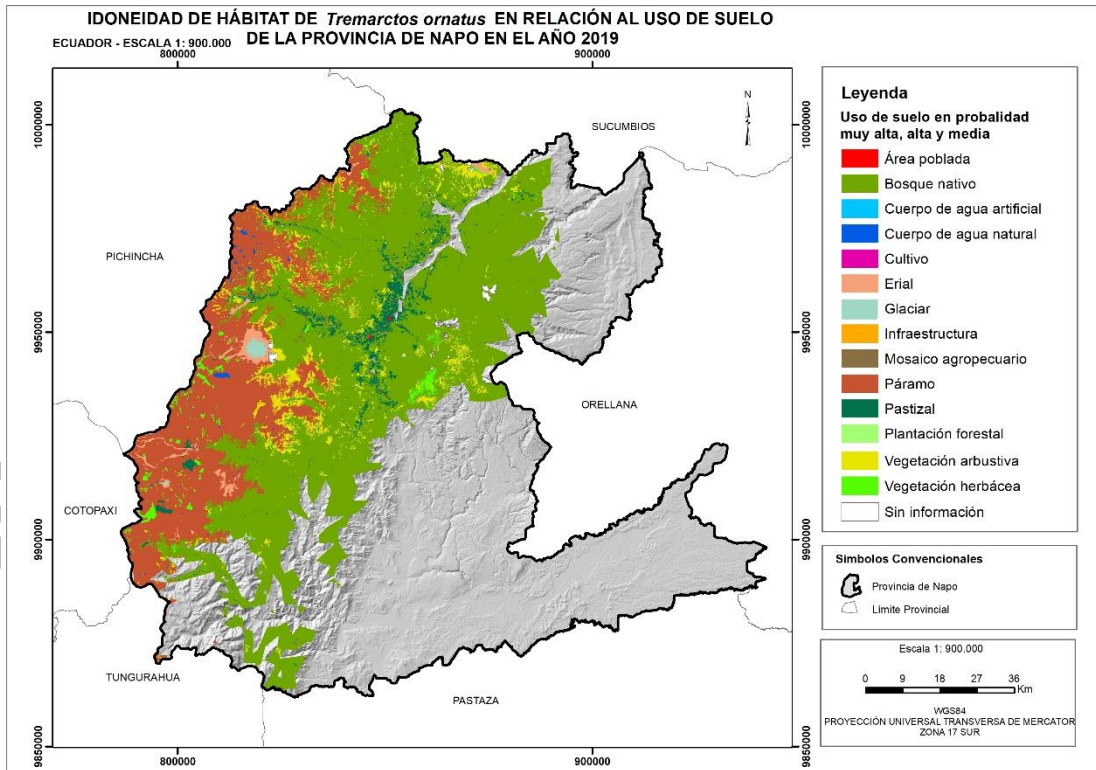


Figura 3: A: Distribución potencial del oso andino en Napo; B: Idoneidad de hábitat del oso andino en relación al uso de suelo en Napo en el 2019.

REMCB MANUSCRITO ACEPTADO