

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS							
	CARTA DE AUTORIZACIÓN							
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 1	

Neiva, 22 de junio de 2018

Señores
CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
Neiva

El (Los) suscrito(s):

Carlos Alberto Cuéllar Medina, con C.C. No. 83.090.411,

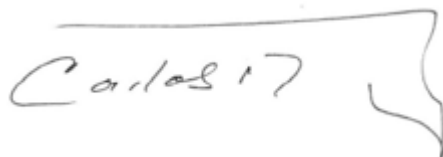
Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado Modelos predictivos de distribución de la danta de montaña Tapirus pinchaque, en el sistema de áreas protegidas del departamento del Huila, Colombia presentado y aprobado en el año 2018 como requisito para optar al título de Magister en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:



Firma:

CARLOS ALBERTO CUELLAR MEDINA

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA							
	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS							
DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO								
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 3	

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Modelos predictivos de distribución de la danta de montaña *Tapirus pinchaque*, en el sistema de áreas protegidas del departamento del Huila, Colombia

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Cuéllar Medina	Carlos Alberto

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Rodríguez Bolaños	Abelardo

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Sánchez Ramírez	Mario
Brand Prada	Mijael

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Magister en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos.

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos

CIUDAD: Neiva **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2018 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 61

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas X Fotografías___ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general X Grabados___ Láminas___ Litografías___ Mapas X Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___ Tablas o Cuadros X

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

Vigilada mieducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 3

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <i>Tapirus Pinchaque</i>	<i>Tapirus Pinchaque</i>	6. Nicho	Niche
2. MaxEnt	MaxEnt	7.	
3. conservación	Conservation	8. _____	_____
4. Modelos de distribución	Distribution models	9. _____	_____
5. Hábitat	Habitat	10. _____	_____

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

La danta de páramo es una especie con distribución restringida al bosque montano alto y páramo entre los 2000 y 4500 msnm. En Colombia se considera en peligro de acuerdo con IUCN y el libro rojo de mamíferos (Lizcano et al., 2018) debido principalmente a la cacería, destrucción de su hábitat y su fragmentación (Terwilliger, 1978; Baillie y Groombridge, 1996 en Downer, 2001; Downer, 2003; Lizcano et al, 2002; Keane, 2011). A pesar de que la especie ha sido registrada en varias localidades, su distribución geográfica sigue siendo poco clara y los efectos del cambio climático y el uso actual de la tierra son desconocidos en gran medida para esta especie. A una resolución más local, se considera el sistema de áreas protegidas del Huila como un importante hábitat para las poblaciones de danta que aún persisten en esta región del país. En este documento se ha modelado el nicho ecológico de *T. pinchaque* usando MaxEnt, con el fin de evaluar su potencial de distribución en el departamento del Huila como un posible preámbulo para el diseño de un plan de manejo enfocado en la conservación e investigación de las poblaciones presentes en el Macizo Colombiano. Se evaluaron variables que expliquen mejor la idoneidad de hábitat requerido para la danta de montaña y se abordó un análisis espacial que permite entender la importancia del sistema de áreas protegidas del Huila en la conservación de *T. pinchaque*.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

Vigilada mieducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	3 de 3
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

The mountain tapir is a species with restricted distribution to the high montane forest and moorlands between 2000 and 4500 meters above sea level. In Colombia, it is considered in danger according to the IUCN and the Red Book of Mammals (Lizcano et al., 2018) due mainly to hunting, habitat destruction and fragmentation (Terwilliger, 1978, Baillie and Groombridge, 1996 in Downer, 2001, Downer, 2003, Lizcano et al, 2002, Keane, 2011). Although the species has been recorded in several locations, its geographical distribution remains unclear and the effects of climate change and current land use are largely unknown for this species. At a more local resolution, the system of protected areas of Huila is considered as an important habitat for tapir populations that still persist in this region of the country. In this document the ecological niche of *T. pinchaque* has been modeled using MaxEnt, in order to evaluate its distribution potential in the department of Huila as a possible preamble for the design of a management plan focused on the conservation and research of the populations present in the Colombian Massif. Variables that better explain the suitability of the habitat required for the mountain tapir were evaluated and a spatial analysis was undertaken to understand the importance of the system of protected areas of Huila in the conservation of *T. pinchaque*.

APROBACIÓN DE LA TESIS

Nombre del jurado: Mijael Brand Prada

Firma: 

Nombre del jurado: Mario Sánchez Ramírez

Firma: 

Modelos predictivos de distribución de la danta de montaña *Tapirus pinchaque*, en el sistema de áreas protegidas del departamento del Huila, Colombia

Carlos Alberto Cuéllar Medina

Universidad Surcolombiana

Facultad de Ingeniería

Maestría en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos

Neiva – Huila

2018

Modelos predictivos de distribución de la danta de montaña *Tapirus pinchaque*, en el sistema de áreas protegidas del departamento del Huila, Colombia

Carlos Alberto Cuéllar Medina

Trabajo de tesis presentado para optar al título de
Magister en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos

Director: Abelardo Rodríguez-Bolaños. MSc, PhD. (c).

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Universidad Surcolombiana

Facultad de Ingeniería

Maestría en Ecología y Gestión de Ecosistemas Estratégicos

Neiva – Huila

2018

NOTA DE ACEPTACIÓN

PhD. Mario Sánchez Ramírez

JURADO

MTE. Mijael Brand Prada

JURADO

MSc. PhD. (c) Abelardo Rodríguez-Bolaños

DIRECTOR

Neiva, febrero de 2018

Tabla de contenido

Abstract	6
1. Introducción.....	8
2. Descripción del problema a resolver.....	9
3. Objetivos.....	13
3.1 Objetivo General	13
3.2 Objetivos Específicos	13
4. Justificación	14
5. Marco Teórico	16
5.1. El tapir de montaña: Tapirus pinchaque	17
5.2. Modelos de distribución de especies a partir del concepto de nicho	18
5.3. Principio de máxima entropía.....	20
5.4. Áreas de distribución de especies	20
5.5 Sistema de áreas protegidas del Huila.....	21
6. Metodología.....	25
6.1. Colección de datos de presencia	25
6.2. Modelo de distribución y validación	26
6.3. Selección y depuración de variables	27
6.4. Valoración de los modelos.....	29
6.5. Mapa de distribución potencial	29
6.6. Elaboración de modelos binarios	30
6.7. Análisis espacial de la distribución de la danta de montaña en el sistema de áreas protegidas del Huila.....	30
7. Resultados.....	31
7.1 Verificación del desempeño de los modelos	31
7.2 Identificación de variables de mayor contribución	32
7.3 Respuesta de las variables en relación con la probabilidad de presencia.....	34
7.4 Áreas prioritarias de conservación.....	35
8. Análisis y discusión.....	40
8.1 Variables que explican el modelo	40
8.2 Áreas importantes para la conservación y gestión del territorio en el departamento del Huila	42
9. Conclusiones	47
10. Recomendaciones	48

11. Referencias bibliográficas	49
ANEXOS.....	58

Modelos predictivos de distribución de la danta de montaña *Tapirus pinchaque*, en el sistema de áreas protegidas del departamento del Huila, Colombia

Carlos Alberto Cuéllar Medina¹

1. Ingeniero agrónomo, especialista en ingeniería ambiental E-mail: carloscuellar123@gmail.com

Abstract

La danta de páramo es una especie con distribución restringida al bosque montano alto y páramo entre los 2000 y 4500 msnm (Eisenberg, 1989; Acosta, *et al.* 1996), en los Andes de Colombia, Ecuador y Perú, en Colombia se considera en peligro de acuerdo con IUCN (*Intertational Union for Conservation of Nature and Natural Resources*) y el libro rojo de mamíferos (IUCN, 2016; Lizcano *et al.*, 2006), debido principalmente a la cacería, destrucción de su hábitat y su fragmentación (Terwilliger, 1978; Baillie y Groombridge, 1996 en Downer, 2001; Downer, 2003; Lizcano *et al*, 2002; Keane, 2011). A pesar de que la especie ha sido registrada en varias localidades, su distribución geográfica sigue siendo poco clara y los efectos del cambio climático y el uso actual de la tierra son desconocidos en gran medida para esta especie. A una resolución más local, se considera el sistema de áreas protegidas del Huila como un importante hábitat para las poblaciones de danta que aún persisten en esta región del país. En este documento se ha modelado el nicho ecológico de *T. pinchaque* usando MaxEnt, con el fin de evaluar su potencial de distribución en el departamento del Huila como un posible preámbulo para el diseño de un plan de manejo enfocado en la conservación e investigación de las poblaciones presentes en el Macizo Colombiano. Se evaluaron variables que expliquen mejor la idoneidad de hábitat requerido para la

danta de montaña y se abordó un análisis espacial que permite entender la importancia del sistema de áreas protegidas del Huila en la conservación de *T. pinchaque*.

Palabras clave: *Tapirus Pinchaque*; danta de páramo; conservación; MaxEnt; hábitat; modelos de distribución; nicho.

1. Introducción

La danta de montaña, *Tapirus pinchaque*, es considerada como una de las especies más representativas del estado de conservación de los ecosistemas de alta montaña en la zona andina tropical. Esta especie se encuentra en peligro crítico por aspectos importantes como la fuerte presión antrópica en los ecosistemas que habita, el bajo nivel de conocimiento de las poblaciones y rangos de distribución de la especie, así como la existencia de sistemas de áreas protegidas en Colombia que no dan cuenta de una adecuada representatividad de hábitats para la especie.

En el presente estudio, se propone la proyección de un mapa de distribución potencial de *Tapirus pinchaque* para el departamento del Huila, sobre la base de los datos ambientales y geoespaciales generados recientemente, para llevar a cabo un modelo de distribución (SDM) mediante la utilización de software Maxent. Se generan insumos para resolver preguntas como: ¿Cuál es la representación de ecosistemas idóneos para la conservación de la danta de paramo en el sistema de áreas protegidas del departamento del Huila? ¿Cuáles son las variables ambientales que explican mejor la presencia de la danta de páramo dentro del departamento del Huila y de qué manera esta información puede ser clave para la gestión de la conservación de esta y otras especies de alta montaña en este departamento?

2. Descripción del problema a resolver

El tapir de montaña, *Tapirus pinchaque*, es la especie más pequeña de tapir (Lizcano et al., 2002; Padilla, M. et al., 2010), con una distribución restringida a los remanentes de hábitats de bosques nublados y páramos en Colombia, Ecuador y el noreste de Perú y una tolerancia altitudinal desde 1.400 hasta 4.700 msnm (Lizcano et al., 2002; Schauenberg, P., 1929). Se ha considerado una especie clave para la conservación por su papel en la dispersión de semillas y su adaptación específica a la alta montaña de los andes tropicales del norte, (Downer CC, 1997) en donde además ha sido catalogada como especie importante para la conservación de otras especies por sus altos requerimientos de hábitat y una distribución que solapa la de muchas otras especies.

En Colombia, *T. pinchaque* se considera en peligro crítico debido principalmente a la pérdida de hábitat causada por la expansión de la frontera agrícola y subsiguiente fragmentación por modelos productivos inapropiados: ganadería, agricultura, cultivos intensivos, extracción maderera y de recursos; disminución de las poblaciones debido a la presión cinegética, minería, conflicto armado en Colombia y enfermedades emergentes. (Lizcano y Cavelier, 2004b; Lizcano, 2000, 2002; Lizcano y Cavelier, 2000a, 2000b).

En este contexto, el taller de conservación de la danta de montaña (*Tapirus pinchaque*) en Colombia (Lizcano y Cavelier, 2004b), profundizó en la delimitación de problemas referentes a las poblaciones reconociendo ante todo un desconocimiento generalizado del estado de las poblaciones, lo cual se atribuyó principalmente a la falta de verificación de la presencia de poblaciones y límites de distribución altitudinales en los países de su distribución, combinado con altos niveles de intervención antrópica en sitios con poblaciones de danta de montaña y el efecto de la suma de factores de origen antrópico como la cacería, infraestructura vial, explotación minera aunque principalmente en Ecuador y Perú y fumigaciones aéreas en Colombia que afecta a países

vecinos como el Ecuador. Respecto a las áreas protegidas, se llegó a la conclusión de que la mayor parte de las poblaciones de la danta de montaña se encuentran fuera de las áreas protegidas, con baja representatividad del hábitat protegido para la danta de montaña dentro de los sistemas de parques naturales. Con total desconocimiento de aquellas áreas de distribución bajo otras figuras de conservación como reservas regionales, municipales y/o locales o en las reservas privadas de la sociedad civil.

De otra parte, para el logro de los objetivos propuestos por el Programa Nacional para la Conservación y Recuperación de la danta (Género *Tapirus*) en Colombia (Minambiente, 2005) se propuso metas específicas a corto, mediano y largo plazo. El corto plazo se consideró como los cuatro primeros años de implementación del programa; el mediano plazo a 10 años y el largo plazo a tiempos superiores a 10 años. Las metas específicas del plan se relacionaron con la evaluación, recuperación y protección de hábitat, investigación y monitoreo de poblaciones, reducción de los actuales niveles de cacería, conservación ex situ, educación ambiental y participación comunitaria, divulgación e información, y gestión y fortalecimiento institucional. En particular, para *T. pinchaque*, se identificaron metas a corto plazo como evaluar su situación en la región andina central y oriental (en las áreas todavía no evaluadas); implementar los proyectos de corredores biológicos propuestos para la región andina central; identificar otras áreas prioritarias para conservar el tapir andino; identificar áreas para potenciales reintroducciones, además de implementar los proyectos de corredores biológicos propuestos para la región andina central. A mediano plazo, ampliar el conocimiento de *T. pinchaque* en la región andina central y determinar dinámicas de población en toda la región andina.

En la actualidad, varios trabajos han demostrado una información limitada sobre la distribución de la danta de montaña en regiones poco estudiadas y de difícil acceso en Colombia como por

ejemplo el flanco este de la cordillera oriental en límites con el departamento del Meta, Caquetá y Putumayo principalmente en la transición Andino- Amazónica, pero también en la del macizo colombiano. Una delimitación precisa de la distribución de una especie tiene implicaciones fundamentales para su sistemática, biogeografía y conservación (Mota, C. y Rojas, O., 2012). El análisis e interpretación de la presencia es también un criterio básico para el adecuado establecimiento y la asignación de un estado de conservación de las especies, tanto a nivel nacional e internacional (IUCN, 2016).

Muchos de los aspectos relacionados con la gestión de la conservación de especies en peligro o de aquellas con alguna otra categoría de riesgo requieren del análisis especializado de la distribución, de la confirmación de la presencia de poblaciones y de la identificación de hábitats idóneos que permitan la resiliencia actual de sus poblaciones o que faciliten la práctica de técnicas manipulativas como la reintroducción o translocación de especímenes. La aplicación de técnicas para la predicción o modelación de nichos ecológicos y la estimación de áreas geográficas de distribución han sido una herramienta útil en la definición de las áreas centrales de la diversidad de especies, y ha permitido entender cómo determinadas variables explican la presencia de las especies, lo que finalmente puede ampliar la reserva de insumos para el desarrollo de estrategias de conservación para la protección de las especies (Pearson *et al.*, 2006).

Afortunadamente el desarrollo de estas metodologías ha permitido la consolidación de conceptos, teorías, pero también de programas especializados y finalmente la producción de cientos de artículos que se publican cada año [19, 29,30]; este boom de la modelación nos permite gozar en la actualidad de un soporte robusto en términos teóricos, técnicos como en el suministro cada vez más amplio de variables insumo para la predicción de nichos potenciales de distribución de las especies de interés. (Peterson y Soberón, 2012).

A pesar de esto, es decir, del consenso que existe a cerca de la utilidad del análisis de la distribución, en sus diferentes enfoques, y la necesidad expresada en los planes nacionales de *T, pinchaque*, la distribución de la danta de montaña, dentro de regiones importantes para su conservación, aún no han sido bien evaluada y una comprensión de este aspecto se encuentra en mora para poder emprender acciones efectivas de conservación a escala local a partir de los planes de gestión ambiental de los gobiernos implicados; como por ejemplo por parte de las corporaciones autónomas regionales y las gobernaciones que es en quienes recae la planificación de recursos para la conservación de poblaciones como las presentes en el sistema de áreas protegidas del departamento del Huila.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Analizar la distribución potencial de la danta de montaña, *Tapirus pinchaque*, en el sistema de áreas protegidas del departamento del Huila.

3.2 Objetivos Específicos

Modelar mediante el software MaxEnt la distribución potencial de *T. pinchaque* en el Huila, utilizando datos de presencia de la especie en Colombia.

Determinar las variables ambientales de mayor incidencia en el análisis de la distribución potencial de *T. pinchaque* en el departamento del Huila.

Evaluar la importancia del sistema de áreas protegidas del Departamento de Huila en la conservación poblaciones de *T. pinchaque* e identificar áreas de mayor valor de conservación.

4. Justificación

Los tapires en general se consideran mamíferos grandes con amplios requerimientos de hábitat, necesitan extensas hectáreas para su distribución, en la cual puedan encontrar suficientes recursos alimenticios y buenas condiciones de hábitat para la reproducción (Sekiyama *et al.*, 2006). El tapir de montaña es una especie que presenta bajas densidades, con una disminución de la población estimada en más de un 50% en las últimas tres décadas, debido a la creciente pérdida de hábitat como resultado del establecimiento de ganado principalmente, la fragmentación y la presión de la caza. (IUCN, 2016). Esto es acorde con la información suministrada en el Programa Nacional para la conservación del Género *Tapirus* en Colombia (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2005), en el que se describe que entre los factores más importantes que representan amenaza para la supervivencia de tapires en Colombia, además de la pérdida de hábitat y la presión por cacería, se le suma la competencia de especies introducidas como el ganado, desarrollo de infraestructura y orden público o conflicto armado. El conflicto armado en ecosistemas estratégicos es un factor importante que amenaza las poblaciones de Tapir. El conflicto en Colombia ha generado un efecto negativo ya que dificulta los estudios y la presencia de Biólogos en las áreas importantes para la conservación de la especie (Dávalos, 2001; Semple, 2000).

Para Colombia *Tapirus pinchaque* se encuentra clasificada como especie en peligro crítico (CR) (Lizcano *et al.*, 2006) y con el fin de contrarrestar la pérdida de poblaciones se plantean diferentes estrategias para la conservación. Sin embargo, esfuerzos de conservación se hacen difíciles debido a la poca información que se tienen de esta especie (Lizcano *et al.*, 2006). Para el caso de *Tapirus pinchaque* la mayoría de los estudios se han realizado en Ecuador, en donde a pesar de que la especie ha sido registrada en varias localidades, su distribución geográfica, así como la extensión de área ocupada actualmente no es clara (Ortega *et al.*, 2015), información que se considera

determinante al momento de establecer áreas importantes para su conservación, como se propone para para el contexto de las áreas protegidas del departamento del Huila.

5. Marco Teórico

Desde épocas precolombianas, se han reportado procesos de degradación del paisaje (Cavelier y Etter, 1995). Las sociedades se han asentado en espacios naturales y los han transformado debido a la continua búsqueda de satisfacción de las necesidades, con actividades tales como la deforestación, expansión de la frontera agrícola, cacería, que han generado la pérdida de muchas especies (Stork *et al.*, 2009). Estas actividades traen consigo evidentes transformaciones en el uso del suelo y una notable reducción del hábitat natural, lo que se considera un factor importante en los cambios de la distribución y abundancia de la biodiversidad (Corlett y Primack, 2008).

De acuerdo con diversos autores (Ochoa y González, 2000; Arroyo *et al.*, 2013), los procesos de fragmentación afectan la composición en la riqueza de las especies debido a que la pérdida parcial o total de un hábitat original, da como resultado parches aislados de diferentes tamaños, que para muchas especies con grandes rangos de distribución, de talla grande, con bajas tasas de natalidad y que presentan poca tolerancia a los cambios que ocurran dentro de los fragmentos, significa una amenaza importante.

Venail y Vives (2013) expone que varias especies se extinguen a medida que los ecosistemas son explotados, transformados y degradados. La extinción de las especies tiene efecto directo en las funciones de un ecosistema y así mismo en la disminución de los servicios ambientales que éste provee, como, por ejemplo, el tapir de montaña se le atribuye la función ecológica de ser eficiente dispersor de semillas (Downer, C., 1996), y al ser afectado por las actividades antrópicas se estaría disminuyendo la capacidad de resiliencia de los ecosistemas de montaña (Costanza *et al.*, 1997).

En la última década se han incrementado las investigaciones que se basan en el desarrollo de modelos predictivos de distribución geográfica a partir de localidades conocidas, que aportan información importante sobre la biogeografía de las especies (Araujo y Guisan, 2006). Paralelamente se han desarrollado herramientas que apoyan esta tendencia, como por ejemplo diversos algoritmos matemáticos para calcular el área de distribución potencial de una especie, a partir de registros de presencia disponibles en museos de historia natural, o en bases de datos especializadas, aportando bases de conocimiento para el desarrollo de planes de conservación, estudios biogeográficos y ecología, entre otros (Araujo y Guisan, 2006; Elith *et al.*, 2006). Con respecto a los alcances de las investigaciones basadas en modelamiento Phillips *et al.*, (2004), proponen que el objetivo principal al utilizar modelos de nicho ecológico es el de predecir áreas en las que se cumplan los requisitos o condiciones indispensables para la sobrevivencia de una especie.

5.1. El tapir de montaña: *Tapirus pinchaque*

Tapirus pinchaque es un mamífero de orden Perisodáctila, catalogado como especie en peligro de extinción. De acuerdo con Downer (1996), una de sus funciones destacadas es la dispersión de semillas y se considera una especie sombrilla en el ecosistema donde habita, por ello su conservación es de gran importancia para el equilibrio ecosistémico. (Viteri, 2013).

Estudios sobre la biología de tapires (Acosta *et al.*, 1996; Lizcano y Cavelier, 2004) indican que son especies herbívoras generalistas que incluyen en su dieta un poco más de 33 especies de plantas típicas del sotobosque y de estadios sucesionales de los bosques montanos altos. Adicionalmente, otro estudio realizado en el departamento del Huila (Díaz *et al.*, 2008), encuentra

34 especies de plantas vegetales en la dieta de las cuales 31 especies son diferentes a las encontradas en los estudios anteriormente citados.

En Colombia se distribuyen tres especies de Tapires. El tapir mesoamericano (*Tapirus bairdii*), Tapir de tierras bajas (*Tapirus terrestris*) y el Tapir de Montaña. Este último, se distribuye en las selvas altoandinas y páramos, en Colombia, Ecuador y el norte del Perú en alturas entre 2000 y 4500 metros de altitud. (Downer, 1996); Schauenberg, 1969; Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2005) De acuerdo con Lizcano y Cavelier (2004), *Tapirus pinchaque* es posiblemente la especie menos estudiada del género.

El tapir de montaña es de menor tamaño en referencia a las otras dos especies (Herskovitz 1954), ésta fue descrita por primera vez, una vez se obtuvo un cráneo de un espécimen proveniente del páramo de Sumapaz (Roulin, 1829). Como carácter diferencial presenta un borde blanco en los labios. Adicionalmente, se caracteriza por tener pelaje generalmente negro, denso, en la parte dorsal no presenta crin y en la parte posterior del cuerpo presenta parches desprovistos de pelo (Eisenberg, 1989; Downer 1997).

Como características principales de la especie, se ha reportado que requiere de extensiones grandes para su distribución, es una especie solitaria, longeva y con baja tasa reproductiva. Lo anterior, representa alta vulnerabilidad del tapir en zonas fragmentadas o modificadas por actividades antropogénicas (Lizcano *et al.*, 2002). Es así como, para 1969, Schauenberg, reporta menos de 2500 individuos, debido a la alta presión ejercida por actividades de origen antrópico.

5.2. Modelos de distribución de especies a partir del concepto de nicho

Grinnell (1917), propone el concepto de nicho de una especie como los requerimientos ambientales que necesita una especie para sobrevivir (Milesi y López de Casenave, 2005). Al

hablar del concepto de nicho surge, además, el concepto de nicho fundamental de la especie, debido a que se sugiere que el conjunto de condiciones que necesita un organismo o un grupo de organismos para mantenerse en un hábitat se relaciona directamente con la distribución geográfica de las especies (Milesi y López de Casenave, 2005). En trabajos de modelamiento de distribución es común que se apropie el concepto anteriormente nombrado propuesto por Hutchinson (1957) en el que se define al nicho fundamental de una especie como el hipervolumen de n-dimensional, en el cual una especie está en un hábitat debido que allí existen todos los factores ambientales necesarios para sobrevivir siempre y cuando no exista una especie que compita por los mismos recursos. Es decir que el ambiente le ofrece todas las condiciones óptimas para vivir, sin existir interacción con una segunda especie (Araujo y Guisan 2006). Además del nicho fundamental, Hutchinson (1957) también desarrolla el concepto de nicho realizado, que define como la presencia del organismo en un espacio dentro del nicho fundamental.

Conociendo que los factores como el clima, la altura, la precipitación afectan la distribución de las especies, en los últimos años se han desarrollado diferentes herramientas matemáticas que permiten predecir un lugar en el cual no se tiene potencialmente presencia de una especie a partir de la información de donde sí está presente (Zaniewski, Lehmann y Overton, 2002; Soberon y Peterson, 2005). Partiendo de que el nicho de una especie puede ser definido al asociar el conjunto de valores de las variables climáticas, topográficas, ambientales, entre otras, y el reporte presencia de individuos de una especie, se podría extrapolar la información, a partir de algoritmos desarrollados y así proyectar las áreas más idóneas para la especie (Soberon y Peterson, 2005). Según Phillips, *et al.* (2004) el objetivo principal al utilizar modelos de nicho ecológico es el de predecir áreas en las que se cumplan los requisitos indispensables para la sobrevivencia de una especie y que conforme a su vez la distribución potencia de la misma.

5.3. Principio de máxima entropía

Una de las herramientas matemáticas desarrolladas basada en el principio de Máxima Entropía se denomina MaxEnt, software desarrollado por la Universidad de Princeton, (Vidal y Serio, 2011). El término entropía hace referencia a las variaciones aleatorias dentro de un sistema y el principio de máxima entropía hace referencia a las probabilidades de distribución aleatorias con características específicas (Romero, 2008). MaxEnt se basa en los registros de ocurrencia o presencia de la especie para generar una serie de probabilidades de distribución de acuerdo con determinadas variables ambientales las cuales están sujetas a la distribución de la especie (Zhang *et al.*, 2011). Como información base para la construcción del modelo se deben tener tres tipos de información: el primero corresponde a las presencias de la especie o localidades que se refiere a las coordenadas del sitio donde una especie fue registrada, el segundo es el espacio o región geográfica y por último los valores de las variables que se consideran características en el modelo (Phillips, *et al.*, 2004; Zhang *et al.*, 2011).

Adicionalmente, es importante aclarar que los modelos desarrollados en la plataforma MaxEnt no determinan los límites de distribución de una especie, sino que identifican las áreas que presentan las variables idóneas para la supervivencia de la especie.

5.4. Áreas de distribución de especies

De acuerdo con Soberón y Peterson (2005), la distribución de las especies pueden generarse dependiendo de cuatro factores como lo son: 1) factores abióticos como limitantes fisiológicos, los cuales le otorgan a una especie la capacidad de mantenerse en un área, entre ellos se encuentra

el clima, el medio físico, el medio edáfico, entre otros; 2) el factor biótico el cual es aquel denominado como el conjunto de interacciones de una especie con otras especies, el factor biótico hace referencia entonces a las relaciones como depredación, comensalismo, parasitismo, entre otras; 3) el tercer factor corresponde a la capacidad de una especie de dispersión de su área original, y; 4) la adaptación de las especies en un hábitat determinado, esto en términos de evolución.

De acuerdo con la finalidad del estudio dentro de un análisis de distribución se pueden incluir alguno o uno de los factores anteriormente nombrados. Es así como, por ejemplo, a partir de modelos bioclimáticos se puede predecir la distribución de una especie, el registro de un individuo en un sitio específico significa que es el nicho realizado y el clima de ese sitio es óptimo para esa especie o si no, el individuo no estaría allí (Pearson y Dawson, 2003).

5.5 Sistema de áreas protegidas del Huila

El departamento del Huila cuenta con un área total de 1.848.378.79 hectáreas, se encuentra ubicado en la cuenca alta del río Magdalena, entre las cordilleras central y oriental, gracias a su ubicación cuenta con gran diversidad de zonas de vida y/o ecosistemas que van desde el bosque muy seco tropical en la ecorregión de La Tatacoa, pasando por el bosque andino, alto andino, páramo y hasta las nieves perpetuas en el Nevado del Huila. En el departamento confluyen 13 zonas distintas de vida de las 24 definidas por Holdridge (1967) para Colombia, es decir el 54% del total nacional, a pesar de que solo abarca el 1,7% de la extensión.

Con el objetivo de conservar estos ecosistemas estratégicos y garantizar los bienes y servicios ambientales del departamento del Huila, la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena - CAM con jurisdicción en el departamento del Huila, declaró cinco Parques Naturales Regionales y un Distrito Regional de Manejo integrado. Estas declaratorias impulsaron a la CAM, a consolidar

un Sistema de Áreas Protegidas, que surgió como respuesta a las iniciativas locales y regionales para la conservación de áreas con valores en biodiversidad, que ofrecen servicios ambientales, poseen características paisajísticas singulares y alguna presencia histórica o cultural asociada. El sistema está constituido por tres elementos fundamentales: las áreas protegidas públicas tanto del orden nacional, como del orden regional y municipal; y las privadas como es el caso de las Reservas Naturales de la Sociedad Civil –RNSC-, en su mayoría localizadas al interior de otras figuras de conservación de carácter público nacional, regional o municipal.

Conforme a lo anterior, el sistema de áreas protegidas públicas del departamento del Huila está conformado por un total de 519.017,22 hectáreas, que equivalen al 28% del territorio departamental, distribuidas de la siguiente forma:

Cinco Parques Naturales Nacionales –PNN-, cuya cobertura total asciende a 127.286,98 hectáreas dentro del departamento, lo cual equivale al 6,9% del territorio departamental; dichos parques son: Puracé (81.446,68 has), Serranía de los Churumbelos (3.536,1 has), Cueva de los Guácharos (5.256,37 has), Nevado del Huila (33.464,73 has) y Sumapaz (3.583,1 has). Según el decreto-ley 2811 de 1974, los PNN son áreas que poseen una extensión que permita su autoregulación ecológica y cuyos ecosistemas en general no han sido alterados sustancialmente por la explotación u ocupación humana, y donde las especies vegetales de animales, complejos geomorfológicos y manifestaciones históricas o culturales tiene valor científico, educativo, estético y recreativo nacional y para su perpetuación se somete a un régimen adecuado de manejo.

Cinco Parques Naturales Regionales, cuya cobertura total asciende a 177.833,36 hectáreas, lo cual equivale al 9,6% del territorio departamental; dichos parques son: Cerro Banderas Ojo Blanco (23.170,67 has), Cerro Páramo de Miraflores (32.433,42 has), Corredor Biológico Guácharos – Puracé (67.454,61 has), Serranía de Las Minas (29.100,49 has) y Valle de la Siberia (25.677,25

has). Según el decreto único reglamentario del sector ambiente 1076 de 2015, los PNR son espacios geográficos en los que paisajes y ecosistemas estratégicos en la escala regional, mantienen la estructura, composición y función, así como los procesos ecológicos y evolutivos que los sustentan y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlas a su preservación, restauración, conocimiento y disfrute.

Un Distrito Regional de Manejo Integrado (La Tatacoa) con una extensión de 35.240,34 hectáreas, el cual se define según decreto 1076 de 2015 como un espacio geográfico, en el que los paisajes y ecosistemas mantienen su composición y función, aunque su estructura haya sido modificada y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su uso sostenible, preservación, restauración, conocimiento y disfrute.

Veintisiete Parques Naturales Municipales con una extensión de 178.656,54 hectáreas, declarados mediante acuerdos de los respectivos concejos municipales como estrategias locales de conservación, localizados en los municipios de Acevedo, Agrado, Algeciras, Altamira, Baraya, Campoalegre, Elías, Garzón, Gigante, Guadalupe, Hobo, Isnos, La argentina, La Plata, Nátaga, Oporapa, Paicol, Palestina, Pital, Pitalito, Saladoblanco, San Agustín, Santa María, Suaza, Tarqui, Tesalia y Timaná.

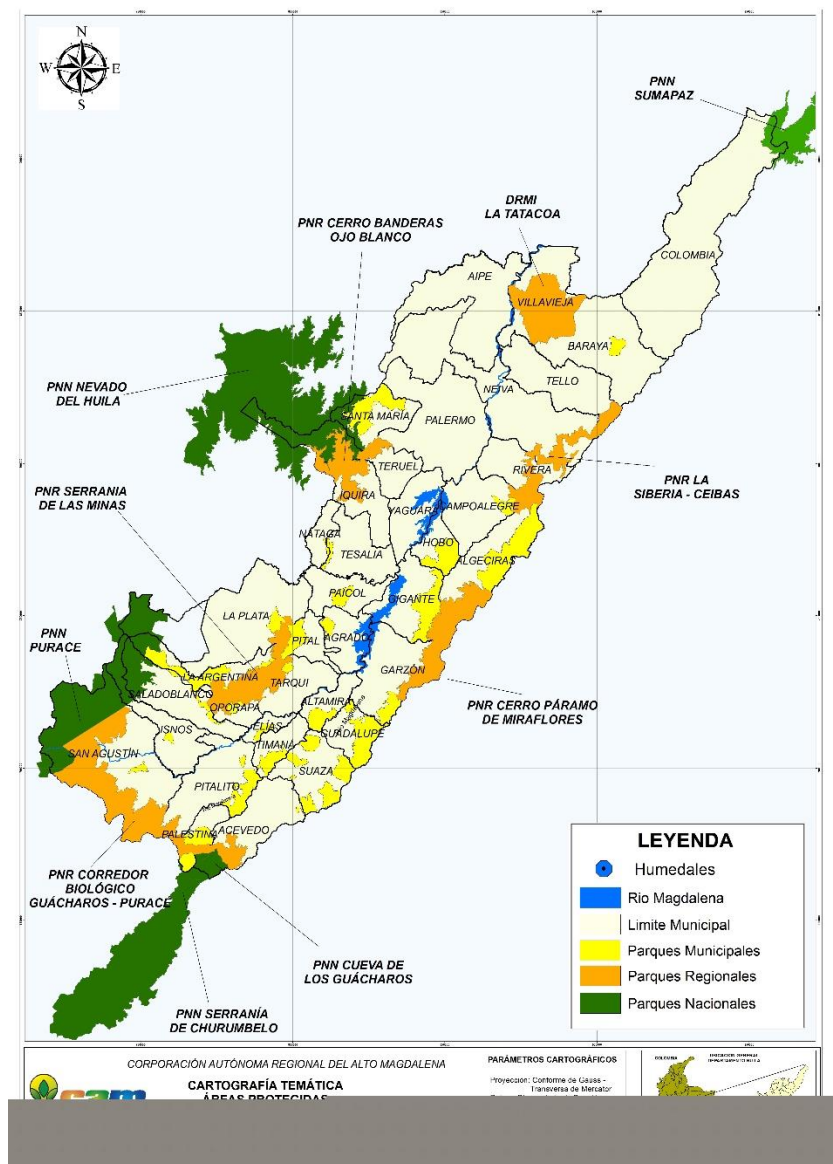


Figura 1. Sistema de áreas protegidas del departamento del Huila.

(CAM, 2016)

6. Metodología

6.1. Colección de datos de presencia

Siguiendo la metodología descrita por Mercado y Wallace (2010) para la recopilación de bases de datos de presencia, se recopiló información de registros a partir de recolectas, bibliografía especializada publicada y no publicada como informes y planes de manejo. Se recaudó información a partir de especialistas o investigadores sobre registros depositados en sus agendas de campo. Se realizó consulta de páginas especializadas de Museos de Historia Natural de Colombia y el exterior o plataformas virtuales que albergan bases de datos de registros biológicos como lo son:

1. Global Biodiversity Information Facility (GBIF; www.gbif.org)
2. Mammal Networked Information System (MaNIS)
3. Multi-Institution, Multi-Collection Museum Database ARCTOS
4. Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SiB-Colombia) GeoSiB.
5. Base de datos para el tapir de montaña creadas por el Grupo de Especialistas en Tapires (UICN / SSC TSG (*Tapir Special Group*)-Ecuador; disponible bajo petición en: www.ecociencia.org/proytapir/testphp/index.php).
6. Registros de ubicación obtenida a partir de los proyectos de trabajo de campo y de vigilancia en Colombia y Perú.

Cada localidad es geoposicionada (coordenadas de latitud y longitud), con el uso de Google Earth y MapLink (<http://www.maplink.com>) para corregir las coordenadas geográficas imprecisas o confirmar localidades registradas sin coordenadas y eliminar las incoherencias o duplicados. Las coordenadas geográficas se registraron en grados decimales, basado en el Datum WGS 84.

Después de la eliminación de información duplicada y la verificación de las coordenadas, los registros de presencia son utilizados para realizar modelos de nicho ecológico utilizando el algoritmo de máxima entropía, Maxent (Elith *et al.*, 2006).

A partir de la información reunida de las fuentes anteriormente descritas, se consolidó una base de datos en el programa Microsoft Excel. La base de datos contiene coordenadas en latitud y longitud por cada localidad. Como la mayoría de colectas depositadas en los museos son antiguas, la georeferenciación (Ver anexos, tabla 6) de estas localidades se realizó de manera manual, cuando existía certeza y precisión en la descripción de la localidad, a través de Google Earth 6.1 (versión beta) y con ayuda de las siguientes páginas virtuales: GeoTrack, BioGeomancer y Geonames.

6.2. Modelo de distribución y validación

Se modeló la idoneidad del hábitat de la danta de montaña mediante MaxEnt versión 3.3.3k (Elith *et al.*, 2006, Peterson y Vieglais, 2001; Phillips, *et al.*, 2006). MaxEnt estima la probabilidad de distribución basado en máxima entropía mediante la aplicación del siguiente principio: El valor esperado para cada función (es decir, las variables climáticas) debe ser igual al valor medio empírico de puntos relacionados con la presencia conocida de especies. El algoritmo lleva a cabo un cierto número de iteraciones hasta alcanzar un límite de convergencia, produciendo un mapa que mantiene los valores de la idoneidad del hábitat que van desde 0 (no apto) a 1 (perfectamente adecuado) (Peterson y Vieglais, 2001).

El programa utiliza dos entradas de datos: las localidades donde se ha registrado la especie (datos de presencia solamente), y las capas digitales de las condiciones ambientales de un área determinada. El modelo predictivo global de distribución de la danta de montaña se generará con

el 80% de los registros de localidad (datos de entrenamiento) y el otro 20% se utilizaron para la evaluación (datos de prueba). Adicionalmente, se proyectaron 1000 iteraciones, a fin de evitar proyecciones artificiales de valores extremos de las variables ecológicas. Todos los demás parámetros en MaxEnt se mantuvieron según la configuración predeterminada, a excepción del porcentaje de puntos de prueba que se ajustó a un 25%. Se habilitó la opción “*random seed*” para que los puntos de prueba sean escogidos aleatoriamente (Phillips *et al.*, 2004). También se escogió la opción *bootstrap* debido a que es posible que el conjunto de datos de prueba no sea independiente a los de calibración. En la configuración avanzada se determinó que el máximo de interacciones será de 1000, por último, se tuvo en cuenta la función de regularización (*regularization multiplier*), ya que en versiones anteriores el valor fijo era de 0.0001 (Phillips *et al.*, 2006), y en la versión más reciente este valor se puede ajustar para controlar la sobreestimación de las distribuciones (Phillips y Dudik, 2008).

6.3. Selección y depuración de variables

Para los primeros análisis exploratorios, se utilizaron las 19 capas climáticas de WorldClim (Hijmans *et al.*, 2005, Tabla: 1) y se evaluaron las variables que mejor expliquen modelo, de acuerdo con la prueba Jackknife calculado en MaxEnt. En un segundo momento, se usaron únicamente las variables no-correlacionadas ($r < 0,8$) en combinación con las variables ambientales más relevantes identificadas en el primer enfoque, con el fin de obtener modelos no sobreparametrizados. Para evitar la colinealidad entre variables y la sobreparametrización del modelo se realizaron un análisis de correlación de variables en la plataforma R (versión 2.14.0) a partir de los comandos “*pairs*” y “*cor.test*” que aportaron el coeficiente de correlación lineal de Pearson. Este coeficiente oscila entre los valores de -1 y 1, donde el valor de 1 indica correlación

máxima. El grado de correlación, tanto negativa como positiva, de las variables es significativo de acuerdo con el valor de P, si p está por debajo de 0,005 la correlación es significativa. A partir del análisis se eliminaron las variables con correlación superior a 0,8.

Tabla 1. *Predictores ambientales climáticos*

Variable	Descripción
BIO1	Temperatura media anual
BIO2	Temperatura media diurna.
BIO3	Isotermalidad (BIO2/BIO7) (* 100) Estacionalidad
BIO4	Temperatura (desviación estándar * 100)
BIO5	Temperatura máxima del mes más cálido
BIO6	Temperatura mínima del mes más frío
BIO7	Amplitud térmica anual (BIO5-BIO6)
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 lluvioso
BIO14	Precipitación del mes más seco
BIO15	Estacionalidad de precipitación (coeficiente de variación)

Variable	Descripción
BIO16	Precipitación del Trimestre más húmedo
BIO17	Precipitación del trimestre más seco
BIO18	Precipitación del trimestre más cálido
BIO19	Precipitación del Trimestre más frío

Bioclim Worldclim (<http://www.worldclim.org>).

6.4. Valoración de los modelos

La evaluación de los modelos se realizó a partir del análisis de omisión y comisión del modelo analizando la gráfica de sensibilidad vs especificidad (ROC) que arroja el valor del área bajo la curva (AUC) que tienen valores que van desde 0 hasta 1,0. El grado de aceptación del modelo de acuerdo con Swets (1988) es considerado, entre 1 y 0,9 muy bueno, 0,7 a 0,9 es bueno, menores a 0,7 con poca información y cercanos a 0,5 se considera peor que una distribución aleatoria. El área bajo la curva representa la probabilidad de que el modelo identifique correctamente los puntos de ausencia (seudoausencias) y presencia (Phillips y Dudík, 2008)

6.5. Mapa de distribución potencial

Todos los mapas de probabilidad de distribución que Maxent genera fueron llevados a la plataforma de ArcGis (ESRI, versión 9,3) con el fin de incorporar análisis relacionados con medición de áreas, solapamientos con áreas protegidas, tipos de bosques y finalmente generar los mapas de distribución potencial o binarios con coberturas topográficas de Colombia y posteriormente el sistema de áreas protegidas del departamento del Huila.

6.6. Elaboración de modelos binarios

Para representar áreas por presencia o ausencia (a diferencia de los mapas de probabilidades) se eliminaron las áreas de menor probabilidad de presencia determinando los umbrales de corte para los mapas de probabilidad escogidos aquí como las mejores hipótesis de distribución. Para los modelos de *T. pinchaque*, se realizó el corte de acuerdo con el valor de igual sensibilidad y especificidad de probabilidad de presencia (Mercado y Wallace, 2010).

6.7. Análisis espacial de la distribución de la danta de montaña en el sistema de áreas protegidas del Huila

Los modelos obtenidos se recortaron a la escala departamental del Huila, pero ecosistémicamente con referencia al sistema de áreas protegidas del departamento del Huila; para un análisis espacial posterior por coberturas vegetales, representatividad en el sistema de áreas protegidas departamental, así como en la proyección de distribuciones que ameriten confirmaciones de campo posteriores. Se adelantó un análisis espacial en ArcGIS (ESRI, versión 9,3) con el fin llevar a cabo una aproximación que permitiera evaluar la presencia y representatividad (en términos de las áreas predichas por el modelo) de la distribución de la danta de montaña en el sistema de áreas naturales protegidas del Huila. Para tal fin se solaparon las capas de distribución potencial con la capa de áreas protegidas (Vásquez, V. y Serrano, G., 2009), se cuantificó el área incluida dentro del sistema y fuera de este, y se identificaron las poblaciones que según el modelo, están distribuidas en áreas sin protección.

7. Resultados

7.1 Verificación del desempeño de los modelos

El modelo de distribución proyectado (Figura 2), presentó valores del área bajo la curva (AUC) por encima del parámetro de predicción al azar (AUC = 0.993). Durante todos los modelos realizados como entrenamiento (9 modelos y finalmente el promedio de estos que es el que se toma como resultado parcial de esta investigación) los valores fueron superiores a 0,90 en todos los casos.

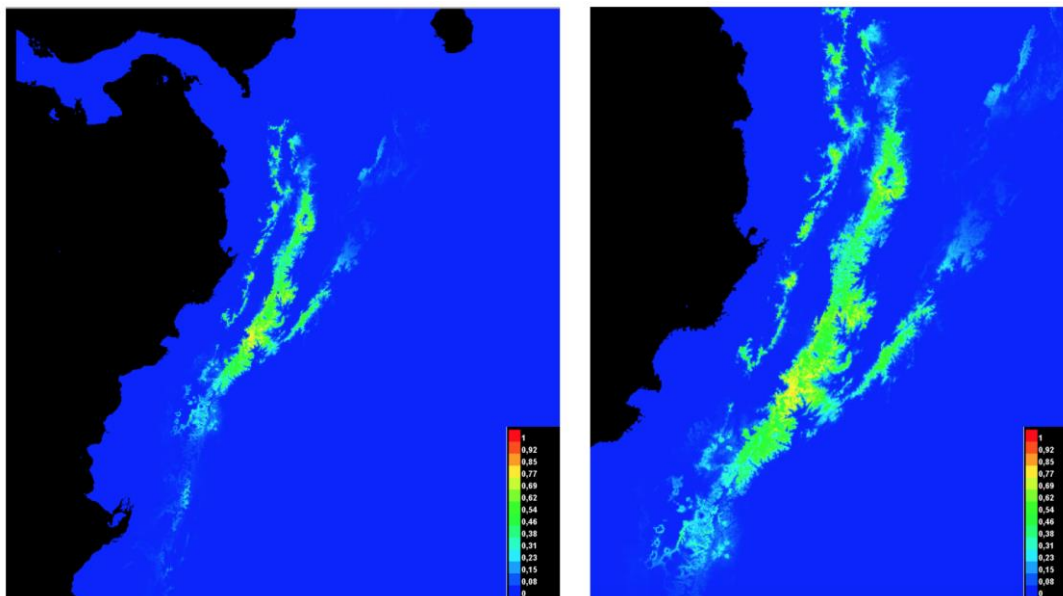


Figura 2. Modelo de probabilidad de distribución generados por Maxent para *Tapirus pinchaque*.

Según la evaluación de las AUC (Figura 3), no hay errores significativos de omisión (sensibilidad) o de comisión (especificidad). Es decir, haciendo referencia a la omisión, no incurrimos en el error de predecir ausencia de alguna de las especies cuando estas si están

presentes, y con una alta probabilidad no predecimos ocurrencias en donde la especie no se encontraba (para el caso de la comisión).

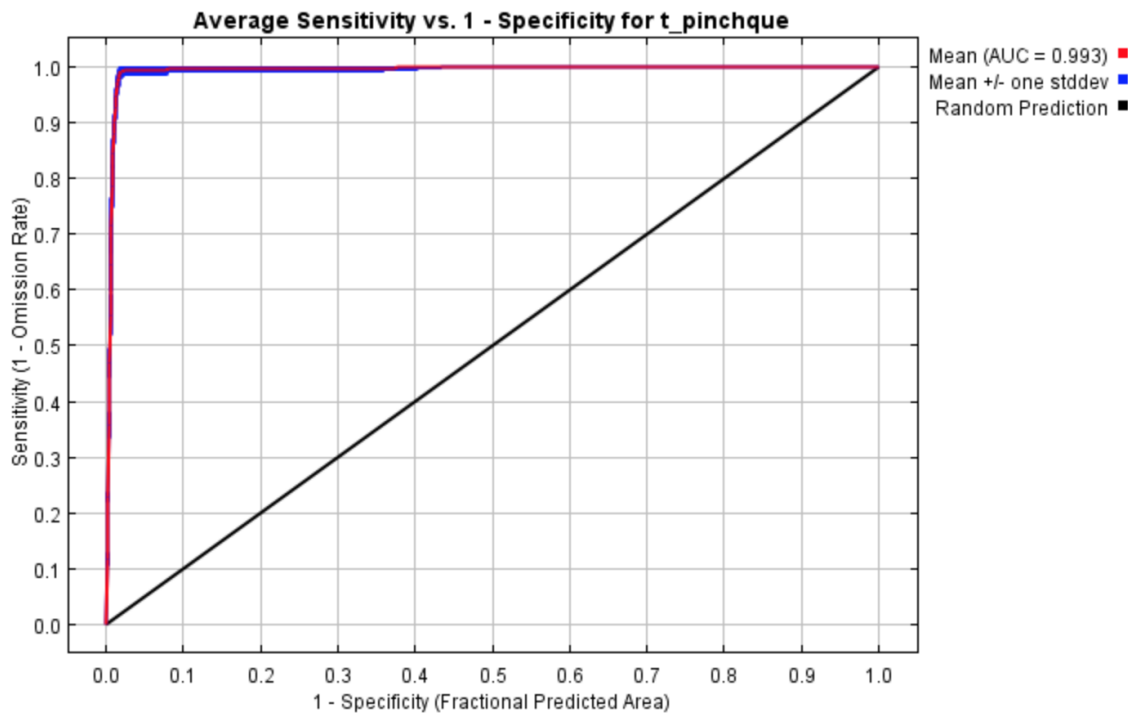


Figura 3. El AUC de entrenamiento promedio durante las ejecuciones de las réplicas fue de 0.993 y la desviación estándar es 0.002

7.2 Identificación de variables de mayor contribución

El modelo de distribución potencial de *T. pinchaque* (Figura 1) generó una curva ROC con valores AUC de 0,993 para los datos utilizados en la formulación del modelo; y una desviación estándar de 0.002. Las variables con mayores porcentajes de contribución en la construcción del modelo de distribución de *T. pinchaque* son las relacionadas con la altitud *Alt.* y precipitación del mes más seco *Bio_14*. (Tabla 2).

Tabla 2. Contribuciones relativas de las variables ambientales con mayor aporte al modelo generado por Maxent.

Porcentaje de Contribución	
VARIABLE	<i>Tapirus pinchaque</i>
Alt.	59,8
Bio_14	22,8
Bio_17	5,6
Bio_5	2,8
Bio_7	1,5
Bio_10	1,2

En la figura 4 se muestran los resultados de la prueba de Jackknife de importancia de variable. La variable ambiental con mayor ganancia cuando se usa aisladamente fue Alt, que por lo tanto parece tener la información más útil por sí misma. La variable ambiental que disminuye más la ganancia cuando se omite es Bio_7 (amplitud térmica anual), que por lo tanto parece tener la mayor cantidad de información que no está presente en las otras variables. Los valores que se muestran son promedios sobre ejecuciones de replicación.

7.3 Respuesta de las variables en relación con la probabilidad de presencia

Las curvas (Figura 5) muestran cómo cada variable ambiental afecta la predicción de Maxent. Las curvas muestran cómo cambia la probabilidad pronosticada de presencia a medida que varía cada variable ambiental, manteniendo todas las demás variables ambientales en su valor de muestra promedio. Estas deben ser interpretadas con limitaciones ya que las curvas muestran el efecto marginal de cambiar exactamente una variable, mientras que el modelo puede aprovechar conjuntos de variables que cambian juntas.

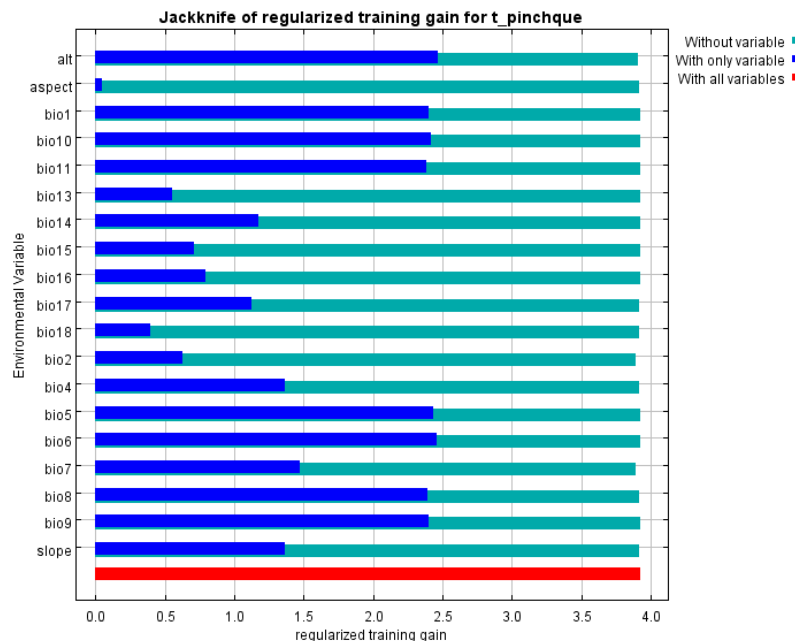


Figura 4. Resultados de la prueba de Jackknife de importancia de variable a partir de la proyección del modelo de distribución de *T. pinchaque* obtenido con Maxent.

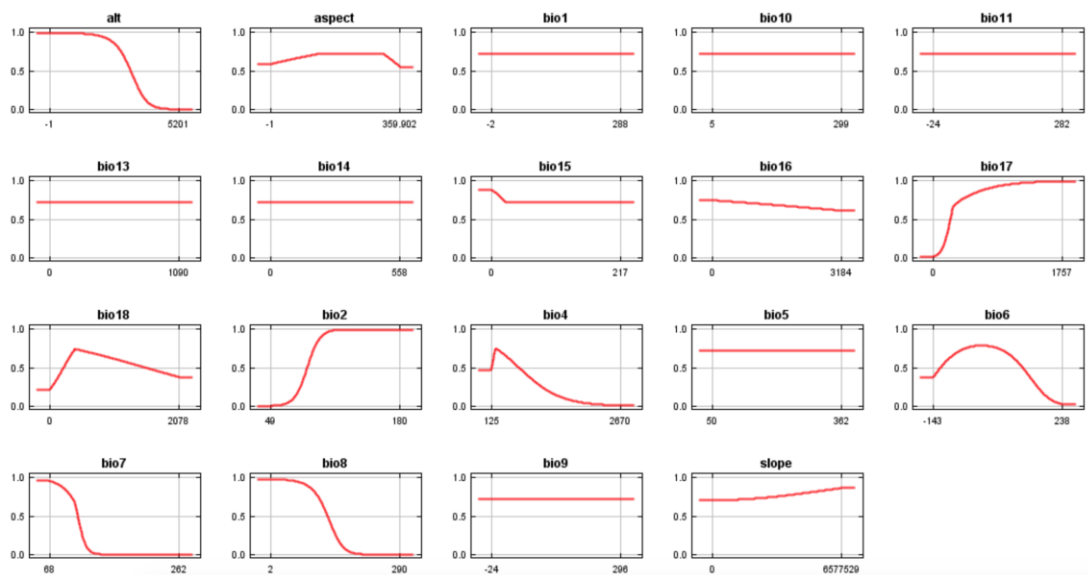


Figura 5. Relación de las variables y la probabilidad pronosticada de presencia *T. pinchaque* en el modelo de distribución proyectado a partir de Maxent.

7.4 Áreas prioritarias de conservación

Una vez estimado el modelo de distribución de *T. pinchaque*, se proyectó este sobre el mapa de Colombia (Figura 6) delimitando su distribución al departamento del Huila, posteriormente se solapó la distribución con el sistema de áreas protegidas del Huila, a varias categorías (Figura 7, 8 y 9) y se calcularon las áreas solapadas.

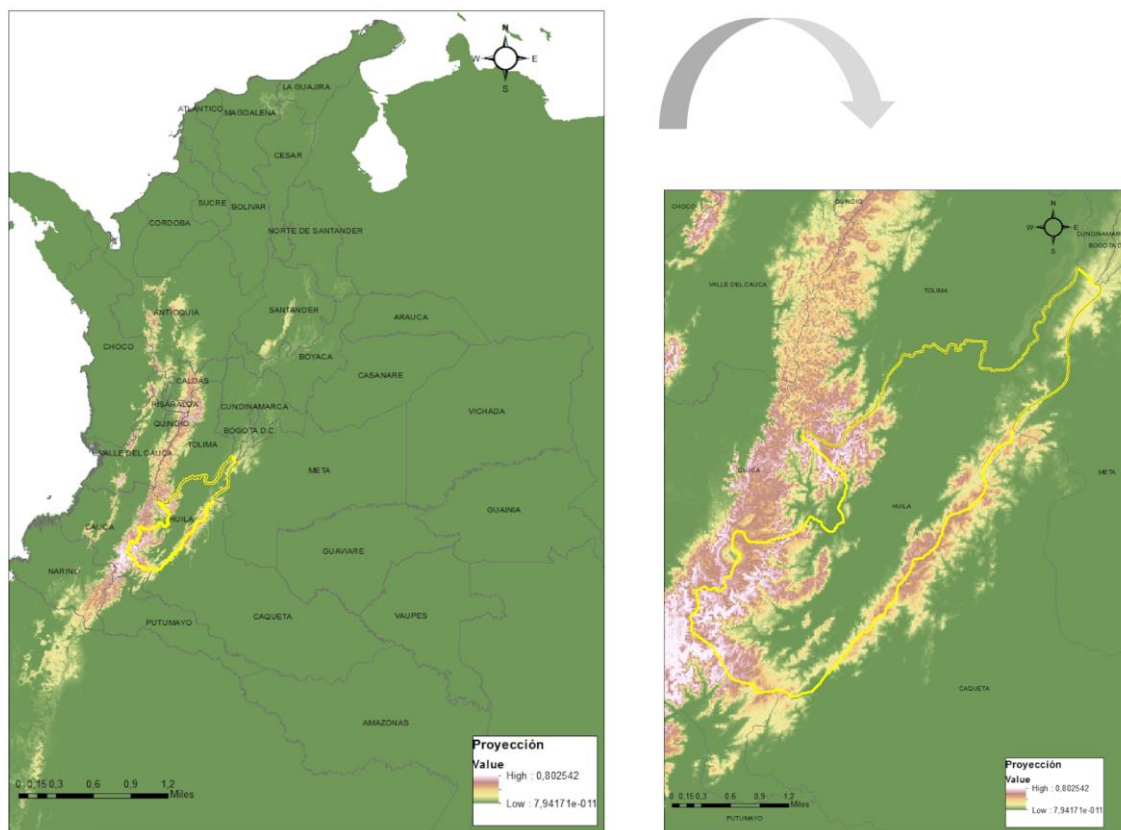


Figura 6. Modelo predictivo de nicho para *Tapirus pinchaque* para Colombia y el departamento del Huila.

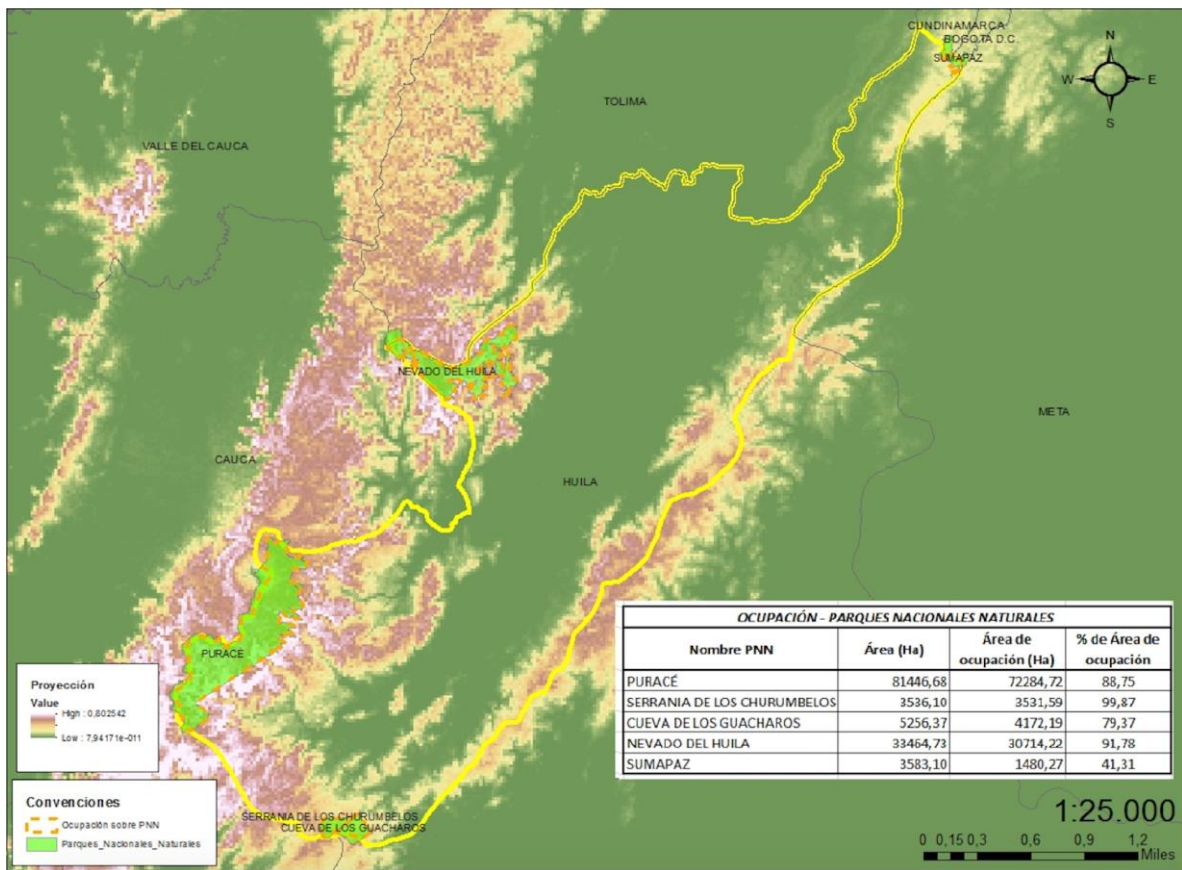


Figura 7. Modelo predictivo de nicho para *Tapirus pinchaque* en el Sistema de Parques Nacionales Naturales en Jurisdicción del departamento del Huila.

La figura 7 muestra el área estimada de la idoneidad de nicho en el departamento del Huila y la forma en que esta se solapa con parques nacionales naturales como el de Puracé, Serranía de los Churumbelos, Cueva de los Guacharos, Nevado del Huila y el Páramo de Sumapaz. Se han calculado las áreas, en hectáreas, representadas por cada uno de los parques indicados y también las áreas con condiciones idóneas en jurisdicción de la CAM de acuerdo con el modelo proyectado en Maxent, para la danta de montaña.

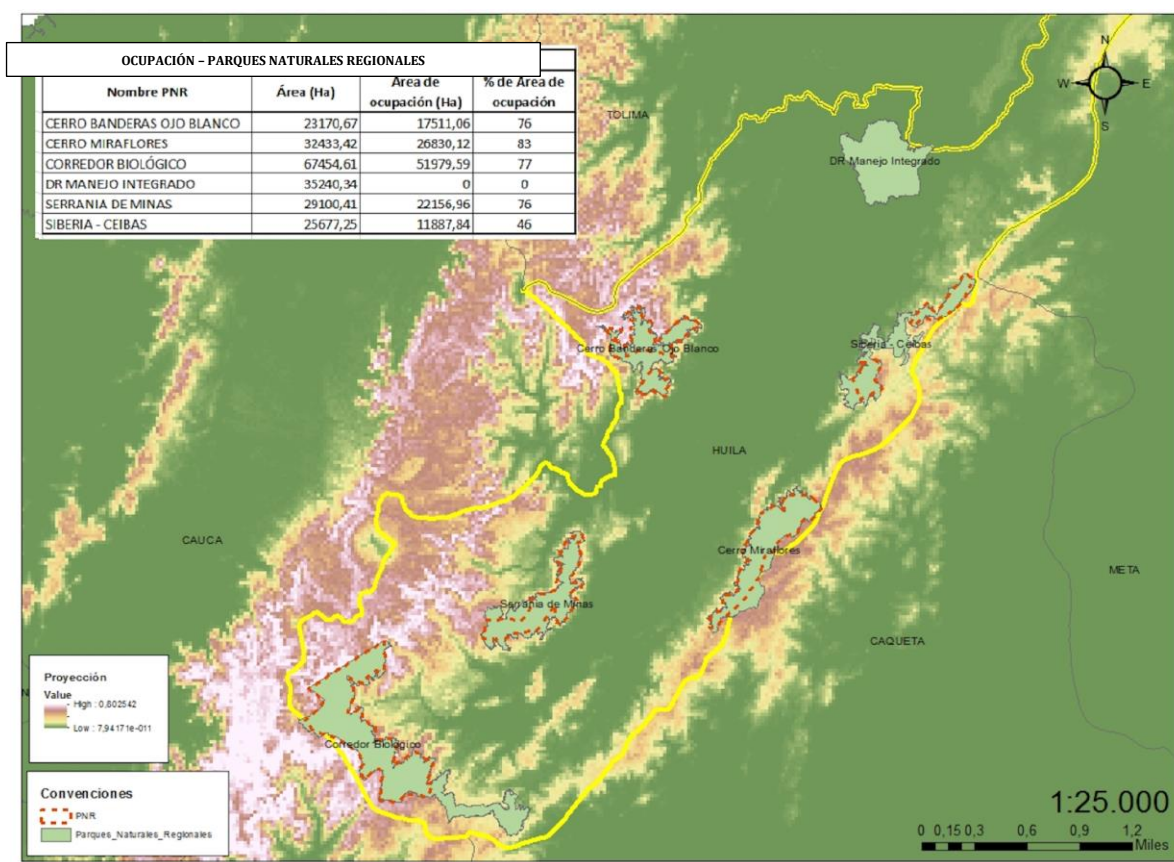


Figura 8. Modelo predictivo de nicho para *Tapirus pinchaque* en el Sistema de Parques Naturales Regionales en Jurisdicción del departamento del Huila.

Para establecer la representación de hábitats idóneos para *T. pinchaque* en el sistema de Parques Naturales Regionales en Jurisdicción de la CAM, se solaparon las áreas de los parques de Cerro Banderas Ojo Blanco, Cerro Miraflores, Corredor Biológico Guacharos-Puracé, Distrito de Manejo Integrado, Serranía de las Minas y Siberia-Ceibas. En todos los casos se han obtenido métricas que permiten cuantificar el área predicha frente a las zonas con protección en la modalidad de parque natural regional.

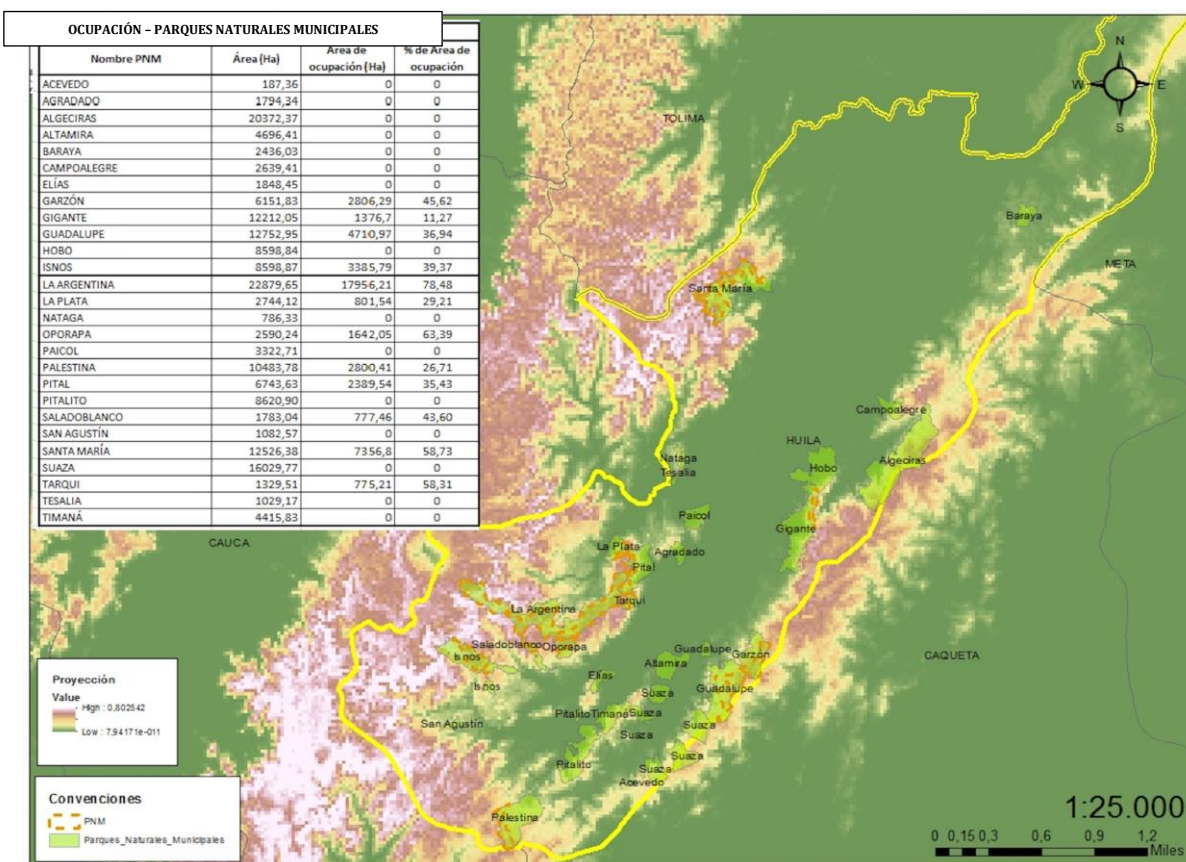


Figura 9. Modelo predictivo de nicho para *Tapirus pinchaque* para el Sistema de Parques Naturales Municipales en Jurisdicción del departamento del Huila.

Se proyectaron las áreas de los 27 parques naturales municipales en jurisdicción CAM (Figura 9), con el fin de establecer la cantidad de hábitats idóneos para la danta de montaña que tienen este tipo de protección. De igual forma se han calculado las áreas totales en condición de protección versus las no la tienen. Se ha podido visualizar cuales son los parques municipales con mayor o menor proporción en su territorio de áreas idóneas para el establecimiento de poblaciones de danta y cuales parque no incluyen en sus hábitats zonas adecuadas para esta especie en particular.

8. Análisis y discusión

8.1 Variables que explican el modelo

Las variables que mejor explicaron el modelo fueron las relacionadas con la precipitación (Bio_14; Bio_17) y la temperatura (Bio_5; Bio_7; Bio_10); para el caso de una especie con distribución especializada a la alta montaña y con altos requerimientos en la calidad del hábitat, resulta coherente que estas sean las variables de mayor contribución ya que la energía solar y la disponibilidad de agua como factores que limitan la riqueza de las plantas son apenas el punto de partida hacia otra serie de relaciones ecológicas. Por ejemplo, la productividad de plantas tiene efectos sobre la riqueza de herbívoros (Stevenson, P., 2001) o las densidades de estos frente a la riqueza de carnívoros (Reed y Bridner 2004). Este concepto, (Mittelbach *et al.*, 2001; Bradford *et al.*, 2003) incorpora una serie de relaciones, que una vez impulsadas por la productividad, han sido propuestas como una opción para explicar la diversificación y establecimiento de plantas y animales. Esto es consistente con nuestro resultado de que las variables relacionadas con la disponibilidad del agua y los parámetros de temperatura, que son los que definen aspectos de productividad, aportaron los mayores niveles de contribución en todos los modelos de prueba y el final de *T. pinchaque*.

La base de estas relaciones es la productividad de las plantas, que aumenta con las lluvias, y también está asociada positivamente a la evapotranspiración y la temperatura (Reed y Feagle, 1995). Por lo tanto, se puede esperar que lugares más productivos ofrezcan nichos ideales para el establecimiento de poblaciones. En este sentido, muchos estudios han demostrado que varios parámetros climáticos, de los que limitan la productividad, pueden estar correlacionados con la presencia de medianos y grandes mamíferos. (Terborgh y van Schaik 1987, Peres y Janson, 1999).

La importancia de la temperatura (*la máxima temperatura en el mes más cálido, para este estudio*) como factor que explica la presencia de dantas de montaña es consistente con lo que reporta Lizcano y Cavelier., (2004b), al explicar una correlación entre actividad y temperatura que indica, según estos autores, que en la montaña los tapires descansan en lugares más cálidos o durante las horas en que las temperaturas son altas, lo que generó patrones modales con disminución y aumento de actividad en relación al aumento de la temperatura, con lo que podríamos sugerir adicionalmente que aspectos de su desempeño fisiológico o de su comportamiento, pueden ser sensibles a los cambios de temperatura, como ocurre en otros grandes mamíferos (Blackburn *et al.*, 1996).

También, consideramos que es posible que otras variables estén afectando la presencia de dantas en las áreas priorizadas en este estudio, como por ejemplo la interacción con depredadores como el oso andino *Tremarctos ornatus*, pues muy posiblemente, la alta probabilidad de ocurrencia de dantas en lugares que correspondan al rango geográfico de otra especie se pueda explicar por un efecto de interacción por depredación. (Rodríguez *et al.*, 2014). Al respecto consideramos que es posible que estudios para la predicción de nicho pueden no disponer de las variables que están más relacionadas con la historia natural de las especies, en este caso sería interesante poder probar la eficiencia predictiva de variables relacionadas directamente con la presencia y abundancia de *Puma concolor* y *T. ornatus* que son los grandes mamíferos simpátricos a *T. pinchaque*.

En este mismo sentido muchos factores podrían dar lugar, simultáneamente, a la ausencia de una especie en un hábitat adecuado y a su presencia en áreas predichas como aptas. En otras palabras, podemos suponer que las respuestas observadas de las dantas frente a gradientes de las variables más influyentes aquí reportadas (Bio_14; Bio_17; Bio_5; Bio_7; Bio_10) son apenas un aspecto de la distribución potencial de estos como respuesta a las variables abióticas (clima); sin

embargo queda por responder, en un contexto más amplio, todas esas posibles interacciones bióticas como la competencia, la dispersión o eventos históricos que también explican la distribución (Soberón y Peterson, 2005; Pulliam, 2000).

8.2 Áreas importantes para la conservación y gestión del territorio en el departamento del Huila

Si aceptamos que los modelos predicen áreas en donde se han establecido poblaciones de dantas de montaña, estos podrán constituirse en una potente herramienta de gestión para la conservación, especialmente si se trata de la modelación de hábitats idóneos para especies sombrilla y clave dentro de un sistema de áreas protegidas en categorías que van desde la escala municipal a la departamental y nacional con énfasis en su representación dentro del departamento del Huila. Esta restricción poco usual - *de carácter político al hacer referencia a límite departamental* -, obedece a que se esperaba de esta base de conocimiento un criterio de gestión para los tomadores de decisiones desde entidades que como las corporaciones autónomas regionales y los departamentos poseen restricciones para actuar por fuera de sus límites político-administrativos.

Tabla 3. Áreas de los municipios del Huila, áreas de ocupación de *T. pinchaque* y porcentaje relativo de ocupación en cada uno de los casos.

OCUPACIÓN - PARQUES NATURALES MUNICIPALES			
Nombre PNM	Área (Ha)	Área de ocupación (Ha)	% de Área de ocupación
LA ARGENTINA	22.879,65	17.956,21	78,48
SANTA MARÍA	12.526,38	7.356,80	58,73
GUADALUPE	12.752,95	4.710,97	36,94
ISNOS	8.598,87	3.385,79	39,37
GARZÓN	6.151,83	2.806,29	45,62
PALESTINA	10.483,78	2.800,41	26,71
PITAL	6.743,63	2.389,54	35,43
OPORAPA	2.590,24	1.642,05	63,39
GIGANTE	12.212,05	1376,7	11,27
LA PLATA	2.744,12	801,54	29,21
SALADOBLANCO	1.783,04	777,46	43,60
TARQUI	1.329,51	775,21	58,31
ACEVEDO	187,36	0	0
AGRADO	1.794,34	0	0
ALGECIRAS	20.372,37	0	0
ALTAMIRA	4.696,41	0	0
BARAYA	2.436,03	0	0
CAMPOALEGRE	2.639,41	0	0
ELÍAS	1.848,45	0	0
HOBO	8.598,84	0	0
NATAGA	786,33	0	0
PAICOL	3.322,71	0	0
PITALITO	8.620,90	0	0
SAN AGUSTÍN	1.082,57	0	0
SUAZA	16.029,77	0	0
TESALIA	1.029,17	0	0
TIMANÁ	4.415,83	0	0
AREAS TOTALES	178.656,54	46.779	

De igual forma hemos visto que con la figura de protección de Parques Naturales Regionales, el departamento del Huila ha logrado proteger 213.076 Ha aproximadamente, de las cuales el 61% (=130.365 Ha) tienen hábitats idóneos para las dantas. Las áreas bajo esta denominación (Tabla 4) están repartidas en los cinco parques regionales existentes y solo el distrito de manejo integrado La Tatacoa no posee nichos adecuados.

El cerro páramo Miraflores, a pesar de no ser el área más grande, tiene la mayor proporción relativa de nichos adecuados (un 83% de su área parece estar apta para que las poblaciones de dantas puedan establecerse). Esta proyección también ha permitido confirmar el papel que tienen los parques de Cerro Banderas Ojo Blanco y Serranía de las Minas en la representación de hábitats idóneos para poblaciones de dantas de montaña.

Los *Parques Naturales Municipales*, tienen áreas sobre 27 municipios del departamento del Huila, en 12 de estos no existen hábitats idóneos para el establecimiento de poblaciones de dantas. Los municipios con parques naturales municipales que tienen áreas idóneas para poblaciones de dantas suman en total 46.779 Ha, es decir, el 26% de las áreas protegidas, bajo esta denominación, son aptas para *T. pinchaque*. (Tabla 3).

A una escala mayor, los Parques Nacionales Naturales, tienen áreas dentro del departamento del Huila que alcanzan las 127.286,98 has., (Tabla 5) de las cuales se considera, a partir de los modelos proyectados en este trabajo, que el 88% son áreas idóneas para las dantas. La Serranía de los Churumbelos, en jurisdicción de la CAM, tiene una representación del 99.87% de áreas aptas para el establecimiento de *T. pinchaque*, seguida de otros parques con porcentajes muy significativos como Puracé (88.75%), Nevado del Huila (91,78%), Cueva de los Guacharos (79,37%) y Sumapaz (41%).

Tabla 4. Áreas de los Parques Naturales Regionales, áreas de ocupación de *T. pinchaque* y porcentaje relativo de ocupación en cada uno de los casos.

OCUPACIÓN - PARQUES NATURALES REGIONALES			
Nombre PNR	Área (Ha)	Área de ocupación (Ha)	% de Área de ocupación
CORREDOR BIOLÓGICO	67.454,61	51.979,59	77
CERRO MIRAFLORES	32.433,42	26.830,12	83
SERRANIA DE MINAS	29.100,41	22.156,96	76
CERRO BANDERAS OJO BLANCO	23.170,67	17.511,06	76
SIBERIA – CEIBAS	25.677,25	11.887,84	46
DR MANEJO INTEGRADO			0
TATACOA	35.240,34	0	
AREAS TOTALES	213.076,70	130.365,57	

Más allá del aspecto numérico que contribuye a cuantificar áreas idóneas y orientar acciones de investigación, protección o gestión, está la consideración del tipo de amenazas y debilidades en cada uno de los tipos de áreas protegidas. Por ejemplo, se ha considerado que las poblaciones más amenazadas de danta en Colombia están ubicadas en la Cordillera Central entre Parque Nacional Las Hermosas y Parque Nacional Nevado del Huila, donde “...grandes extensiones de bosques montanos maduros se están convirtiendo en campos de opio.....” (Lizcano *et al.*, 2002).

Tabla 5. Áreas de los Parques Nacionales Naturales representadas dentro del Departamento del Huila, áreas de ocupación de *T. pinchaque* y porcentaje relativo de ocupación en cada uno de los casos.

OCUPACIÓN - PARQUES NACIONALES NATURALES			
Nombre PNN	Área (Ha)	Área de ocupación (Ha)	% de Área de ocupación
PURACÉ	81.446,68	72.284,72	88,75
NEVADO DEL HUILA	33.464,73	30.714,22	91,78
CUEVA DE LOS GUACHAROS	5.256,37	4.172,19	79,37
SERRANIA DE LOS CHURUMBELOS	3.536,10	3.531,59	99,87
SUMAPAZ	3.583,10	1.480,27	41,31
AREAS TOTALES	127.286,98	112.182,99	

Otro aspecto por considerar es el carácter de la especie como tal, en términos de que se encuentra catalogada como especie sombrilla y clave. Tal aspecto atribuye a las áreas identificadas un valor adicional al entender que allí coexisten otro conjunto de especies que comparten los mismos nichos con *T. pinchaque* (*Tremarctos ornatus*, *Puma concolor*, *Odocoileus virginianus*, *Mazama spp*; *Leopardus spp*; *Cuniculus taczanowskii*; por mencionar solo un pequeño grupo de mamíferos que junto a otros vertebrados componen el conjunto de alta montaña). Por lo mismo, la degradación de estas áreas no solo conllevaría a la pérdida de especies sino de una serie de procesos ecológicos, que a su vez pueden afectar el mantenimiento de la biodiversidad por pérdida de especies claves (Mills *et al.*, 1993).

9. Conclusiones

Las variables de mayores contribuciones generaron modelos consistentes con el conocimiento actual que se tiene de la distribución geográfica de *T. pinchaque* en Colombia, con énfasis en el departamento del Huila.

Se han generado herramientas cuantitativas y espaciales de especial utilidad en el campo de la gestión del territorio con un enfoque ambiental y con la idea de generar acciones de conservación e investigación dentro del sistema de áreas protegidas y en varias escalas.

En los modelos, las variables que más explicaron la distribución de *T. pinchaque* en Colombia fueron Bio_14; Bio_17; Bio_5; Bio_7; Bio_10;. Lo que indica que aspectos relacionados con la temperatura y la pluviosidad son informativos de las condiciones ambientales idóneas para esta especie.

Los potenciales de distribución modelados aquí son consistentes, en gran parte, con el conocimiento actual que se tiene de la distribución de la danta de montaña en Colombia

Los modelos de distribución propuestos aquí permiten identificar áreas importantes de la distribución de *T. pinchaque*, que pueden ser considerados para la definición de planes de conservación y futuras investigaciones de campo.

El modelamiento de nicho aquí propuesto permite evidenciar la efectividad del manejo del sistema de áreas protegidas del Departamento del Huila, y su importancia como estrategia para la conservación de las poblaciones de fauna silvestre, toda vez que la identificación de hábitats conservados e idóneos para una especie con requerimientos especiales en cuanto a calidad de hábitat como lo es *T. pinchaque*, implica a su vez la potencialidad de estos ecosistemas para albergar especies simpátricas.

10. Recomendaciones

Validar en campo la eficiencia predictiva del modelo propuesto, mediante investigaciones que permitan confirmar la presencia de *Tapirus pinchaque* en las áreas de distribución potencial aquí identificadas.

Evaluar la eficiencia predictiva de otras variables que puedan estar relacionadas con la presencia/ausencia de poblaciones de *T. pinchaque*, lo cual deberá incluir no solo características abióticas, si no también toda la serie de relaciones bióticas inter e intraespecíficas, como la predación, la competencia, la dispersión o eventos históricos relacionados.

Priorizar las áreas identificadas como hábitats idóneos para albergar especies de gran importancia ecológica como la danta de montaña, con el fin de enfocar en ellas los esfuerzos de conservación, así como la implementación de estrategias de conservación de la fauna silvestre y su hábitat.

Si bien, se evidenció la importancia de la red de áreas protegidas del Departamento de Huila, para la conservación de la especie *T. pinchaque*, es necesario evaluar también estrategias que garanticen la conectividad entre los fragmentos de hábitat identificados en este estudio, mediante el modelo de distribución propuesto.

11. Referencias bibliográficas

- Acosta, H., Cavelier, J. y Londoño, S. (1996). Aportes al conocimiento de la biología de la Danta de Montaña, Tapirus pinchaque, en los Andes Centrales de Colombia. *Biotrópica*, 28 (2), 258-266
- Araujo, M., y Guisan, A. (2006). Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography*, 1677–1688.
- Arroyo, V., González, I., Garmendia, A., Solà, M. y Estrada, A. (2013). The relative impact of forest patch and landscape attributes on black howler monkey populations in the fragmented Lacandona rainforest, Mexico. *Landscape Ecology*, 28, 1717–1727.
- Blackburn, T.M, Lawton, J.H, Gregory RD (1996). Relationships between abundances and life histories of British birds. *Journal Animal Ecology* 65:52–62
- Bradford, A., Hawkins, Field, R., Howard, V., Cornell, David, J., Currie, Jean-François, G., Dawn, M., Kerr, J., Mittelbach, G., Oberdorff, T., O'Brien, E., Porter, E. y Turner, J. (2003). Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. *Ecology* 84 (12), 3105-3117. <https://doi.org/10.1890/03-8006>
- Cavelier, J. y Etter, A. (1995). Deforestación de bosques montanos en Colombia como resultado de plantaciones ilegales de opio (*Papaver somniferum*). Páginas 125-137 en: SP Churchill, H. Balslev, E. Forero & JL Luteyn (eds.). Biodiversidad y conservación de los bosques montanos neotropicales. El Jardín Botánico de Nueva York, Nueva York.
- Corlett, R. y Primack, R. (2008). Tropical rainforest conservation: a global perspective. In: Carson, W. and Schnitzer, S. (Eds). (2008). Tropical Forest Community Ecology. *Blackwell Science*, UK. 517. ISBN 978-1-4051-1897-2. <https://doi.org/10.1017/s0014479709007820>

- Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena –CAM-. (2016). Sistema regional de áreas protegidas.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., Oneill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. y van den Belt, M., (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253–260.
- Dávalos, L. (2001). The San Lucas mountain range in Colombia: how much conservation is owed to the violence? *Biodiversity and Conservation* 10: 69-78.
- Díaz, A.G., Castellanos, A., Piñeda, C., Downer, C., Lizcano, D.J., Constantino, E., Suárez Mejía, J.A., Camancho, J., Darria, J., Amanzo, J., Sánchez, J., Sinisterra Santana, J., Ordoñez Delgado, L., Espino Castellanos, L.A. & Montenegro, O.L. 2008. *Tapirus pinchaque*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T21473A9285481. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T21473A9285481.en>
- Downer, C. (1996). The mountain tapir, endangered 'flagship' of the high Andes. *Oryx* 30(1), 45-58.
- Downer, C. C. (1997). Evaluación del Estado y Plan de Acción para el Tapir Andino (*Tapirus pinchaque*). In D. M., Brooks, R. E. Bodmer & S. Matola (eds.), *Status Survey and Conservation Action Plan: Tapirs* (p.p.75-88). , Gland: IUCN/SSC Tapir Specialist Group.
- Downer, C. C. (2001). Observations on the diet and habitat of the mountain tapir (*Tapirus pinchaque*). *Journal of Zoology*, 254(03), 279-291.
- Downer, C.C. (2003). Ámbito hogareño y utilización del hábitat del Tapir Andino e ingreso de ganado en el Parque Nacional Sangay, Ecuador. *Lyonia*, 4(1), 31-34.
- Eisenberg, J. (1989). *Mammals of the Neotropics. The Northern Neotropics - Panamá, Colombia, Venezuela, Guyana, Suriname, French Guiana*. Chicago: The University of Chicago Press.

- Elith, J., Graham, C., Anderson, R., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A,...Zimmermann, N. (2006) Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29 (2) 129-151. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0906-7590.04596.x>
- Grinnell, J. (1917). The Niche-Relationships of the California Thrasher. *The Auk*, Vol. 34, No. 4 (Oct.,1917), American Ornithologists' Union. pp. 427-433. URL: <http://www.jstor.org/stable/4072271>
- Hershkovitz, P. (1954). Mammals of the northern Colombia, preliminary report No.7: Tapirs (Genus *Tapirus*), with a systematic review of American species. *Proceedings of the United States National Museum*, 103, 465-496.
- Hijmans, R., Cameron, S., Parra, J., Jones, P., Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25(15): 1965–1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- Holdridge, L. R. (1967). Life zone ecology. San José, Costa Rica: Tropical Science Center. 206 p.
- Hutchinson, G. E. (1957). Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 415-427.
- Keane, K. M. (2011). Análisis de Heces del Tapir Andino, *Tapirus pinchaque* (Roulin, 1829), en la Comunidad de Oyacachi, Parque Nacional Cayambe-Coca, Ecuador: Un Estudio Realizado en la Comunidad de Oyacachi, Ecuador Analizando el Contenido de las Heces del Tapir Andino y Registrando Proporciones de Fibras, Hojas, Tallos, o Semillas en su Dieta, Para Verificar su Función de Dispersor de Semillas en su Hábitat. Recuperado de http://digitalcollections.sit.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2185&context=isp_collection

- Lizcano, D. (2002), Red Danta Colombia (Colombian Tapir Network). Tapir Conservation. Newsletter of the IUCN/SSC Tapir Specialist Group, 11 (1): 8.
- Lizcano, D. y Cavelier, J. (2000a). Densidad poblacional y disponibilidad de hábitat de la danta de montaña en los andes centrales de Colombia. *Biotropica*, 32 (1): 165-173. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00458.x>
- Lizcano, D. y Cavelier, J. (2000b). Daily and seasonal activity of the mountain tapir (*Tapirus pinchaque*) in the Central Andes of Colombia. *Journal of Zoology*, 252(4): 429 - 435. <https://doi.org/10.1017/s0952836900000182>
- Lizcano, D., Pizarro, V., Cavelier, J. y Carmona, J. (2002). Geographic distribution and population size of the mountain tapir (*Tapirus pinchaque*) in Colombia. *Journal of Biogeography*, 29(1): 7 - 15. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2002.00654.x>
- Lizcano, D. y Cavelier, J. (2004b). Using GPS collars to study mountain tapirs (*Tapirus pinchaque*) in the Central Andes of Colombia. *Tapir Conservation* 13:18–23.
- Lizcano, D., Guarnido, A., Suárez, J., Flores, J. y Montenegro, O. (2006). Danta de páramo *Tapirus pinchaque*. En Rodríguez-Mahecha, J.V., Alberico, M., Trujillo y J. Jorgenson (eds.).
- Mercado, N. y Wallace, R. (2010). Distribución de primates en Bolivia y áreas prioritarias para su conservación. *Tropical Conservation Science*, 3(2): 200-217. <https://doi.org/10.1177/194008291000300207>
- Milesi, F. A., y Lopez de casenave, J. (2005). El concepto de nicho en Ecología aplicada: del nicho al hecho hay mucho trecho. *Ecología Austral*, 131-148.
- Mills, L., y Doak, D. (1993). The keystone species concept in ecology and conservation. *Bioscience*, 43(4): 219-224. <https://doi.org/10.2307/1312122>

- Mittelbach, G., Steiner, C., Scheiner, S., Gross, K., Reynolds, H., Waide, R.,...Gough, L. (2001). What is the observed relationship between species richness and productivity?. *Ecology* 82(9): 2381–2396. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2001\)082\[2381:witorb\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2001)082[2381:witorb]2.0.co;2)
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial-MAVDT-. (2005). Programa Nacional para la conservación del Género *Tapirus* en Colombia. Primera edición. Bogotá, D.C., Enero de 2005.
- Mota, C. y Rojas, O. (2012). The importance of defining the geographic distribution of species for conservation: The case of the Bearded WoodPartridge. *Journal for Nature Conservation* 20:10- 17
- Ochoa, S. y González, M. (2000). Land use and deforestation in the highlands of Chiapas, Mexico. *Applied Geography*, 20, 17–42.
- Ortega, H., Prieto, D., Gómez, I., Lizcano, D. (2015). Ecological and Geographical Analysis of the Distribution of the Mountain Tapir (*Tapirus pinchaque*) in Ecuador: Importance of Protected Areas in Future Scenarios of Global Warming. *PLoS ONE* 10(3): e0121137. [doi:10.1371/journal.pone.0121137](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121137)
- Padilla, M., Dowler, R., Downer, C. (2010). *Tapirus pinchaque* (Perissodactyla: Tapiridae). *Mammalian species* 42: 166–182. <https://doi.org/10.2307/3504109>
- Pearson, R., y Dawson, P. (2003). Predicting the impacts of climate change on the. *Global Ecology & Biogeography*, 361-371.
- Pearson, R., Thuiller, W., Araújo, M., Martínez-Meyer, E., Brotons, L., McClean, C., Miles, L., Lees, D. (2006). Model-based uncertainty in species range prediction. *Journal of Biogeography* 33(10): 1704–1711. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01460.x>

- Peres, C. y Janson, C. (1999). Species coexistence, distribution, and environmental determinants of Neotropical primate richness: a community-level zoogeographic analysis. In: Fleagle, J., Janson, C. y Reed, K. (eds). *Primate communities*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 55–74. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511542381.004>
- Peterson, A. y Vieglais, D. (2001). Predicting species invasions using ecological niche modeling: New approaches from bioinformatics attack a pressing problem. *BioScience* 51(5): 363. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0363:psiuen\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0363:psiuen]2.0.co;2)
- Peterson, A. y Soberón, J. (2012). Species Distribution Modeling and Ecological Niche Modeling: the Concepts Right. *Natureza & Conservação* 10 (2): 102–107. <https://doi.org/10.4322/natcon.2012.019>
- Phillips, S., Anderson, R., Schapire, R. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3-4): 231–259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Phillips, S., y Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 161-175. <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x>
- Phillips, S., Dudík, M., y Schapire, R. (2004). A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling. *Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning - ICML*, 655-662. <https://doi.org/10.1145/1015330.1015412>
- Reed, K. y Bidner, L. (2004). Primate Communities: Past, Present, and Possible Future. *American Journal of Physical Anthropology*. 125 (S39):2–39. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20153>

- Reed, K. E., and J. G. Fleagle. 1995. Geographic and climatic control of primate diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 92: 7874–7876.
- Rodríguez - Bolaños, A; Ruben Gomez, A. M, Cuellar. C, Lizcano. D. 2014. Record of a mountain tapir attacked by an Andean bear on a camera trap. The Newsletter of the IUCN/SSC Tapir Specialist Group. Tapir Conservation. ISSN 1813-2286 Volume 23 • No. 32 July 2014. Pp: 25-26 URL: <http://tapirconservation.github.io/2014/06/30/volume-23-number-32/>
- Romero Méndez, J. P. (29 de Abril de 2008). www.fenomec.unam.mx. Recuperado el Octubre de 2011, de http://www.fenomec.unam.mx/pablo/seminario/maxima_entropia.pdf
- Schauenberg, P. (1969). Contribution à l'étude du Tapir pinchaque, *Tapirus pinchaque* Roulin 1829. *Revue Suisse de zoologie*. 76: 211–256. <https://doi.org/10.5962/bhl.part.97045>
- Sekiama, M., Lima, I., y Rocha, V. (2006). Ordem Perissodactyla. En: N.R. dos Reis, A.L. Peracchi, A.P. Wagner & I.P. de Lima (eds.) Mamíferos do Brasil, pp. 277-281. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná
- Semple, K. (2000). A habitat held hostage (FARC guerrillas drive out researchers). *Audubon* 102: 82-103.
- Soberon, J. y Peterson, A. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics* 2(0): 1–10. <https://doi.org/10.17161/bi.v2i0.4>
- Stevenson, P. (2001). The relationship between fruit production and primate abundance in Neotropical communities. *Biological Journal of the Linnean Society*. 72(1): 161–178. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2001.tb01307.x>

- Stork, N., Coddington, J., Colwell, R., Chazdon, R., Dick, C., Peres, C., Wills, K. (2009). Vulnerability and Resilience of Tropical Forest Species to Land-Use Change. *Conservation Biology*, 23(6): 1438–1447. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01335.x>
- Swets, J. (1988). Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 240(4857): 1287-1293. <https://doi.org/10.1126/science.3287615>
- Terborgh, J., van Schaik, C. (1987). Convergence vs. nonconvergence in primate communities. In: Gee JHR, Giller PS, Kamilar JM (eds) *Organization of communities past and present*. American Journal of Physical Anthropology editors. Blackwell, Oxford, pp 205–226.
- IUCN, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (2016). Recuperado de <http://www.iucnredlist.org/>
- Vásquez, V., y Serrano, G. (2009). Las áreas naturales protegidas de Colombia. En F. B. Conservación Internacional- Colombia. Bogotá: Panamericana Formas e impresos.
- Venail, P. y Vives, M. (2013). Phylogenetic distance and species richness interactively affect the productivity of bacterial communities. *Ecology*, 94, 2529–2536.
- Viteri, G. (2013). Análisis de conectividad del hábitat del tapir (*Tapirus pinchaque*) y propuestas para la restauración de su hábitat dentro del Microcorredor Podocarpus-Yacuambi, Ecuador. (Tesis de Maestría). Universidad de Alcalá, Universidad Complutense de Madrid, Universidad Rey Juan Carlos y Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.
- Vidal, F., y Serio, J. (2011). Potential distribution of Mexican primates: modeling. Japan Monkey Centre and Springer.
- Zaniewski, E., Lehmann, A., & Overton, J. (2002). Predicting species spatial distributions using presence-only data: a case study of native New Zealand ferns. *Ecological Modelling*, 261-280.

Zhang, J., Zhang, Y., Liu, L., y Nie, Y. (2011). Predicting Potential Distribution of Tibetan Spruce (*Picea smithiana*) in Qomolangma (Mount Everest) National Nature Preserve Using Maximum Entropy Niche-based Model. *Chinese Geographical Science*, 417-426.

ANEXOS

Tabla 6. Datos de presencia georreferenciados de *T. pinchaque*

Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
4,837555	-75,4991	3,099677	-75,7714
4,838138	-75,4996	2,856037	-75,6886
4,820194	-75,5097	2,867	-75,7379
4,822638	-75,4861	2,86969	-75,7846
4,826555	-75,4888	2,814652	-75,694
4,824916	-75,4962	1,991692	-76,4496
4,821388	-75,487	1,828665	-76,3406
4,818527	-75,5075	1,289595	-76,8301
4,800972	-75,4967	1,153362	-76,824
4,803555	-75,5048	2,253542	-76,4244
4,627055	-75,3452	2,192972	-76,4499
4,632805	-75,3497	2,140722	-76,3593
4,682861	-75,5004	4,696448	-75,5756
4,677305	-75,4949	4,883351	-75,5474
4,677305	-75,4949	0,884026	-77,3682
4,677305	-75,4949	4,700467	-75,5555
4,677555	-75,4982	-0,27106	-78,121
4,805833	-75,4982	-0,2794	-78,121
4,785653	-75,5251	-0,2794	-78,1126
4,743417	-75,513	-0,28773	-78,1293
4,702971	-75,5229	-0,28773	-78,121
4,627265	-75,3299	-0,28773	-78,1043
4,544977	-75,3745	-0,29606	-78,1293
4,499991	-75,4674	-0,29606	-78,121
4,331077	-75,4634	-0,35439	-78,1126
4,304826	-75,3763	-0,35439	-78,1043
4,127594	-75,6053	-0,36273	-78,221
4,093028	-75,6773	-0,36273	-78,121
3,964674	-75,5949	-0,38772	-78,0876
3,946523	-75,6994	-0,38772	-78,0793
3,922677	-75,6651	-0,39606	-78,0793
3,922424	-75,7931	-0,40439	-78,2126
3,855117	-75,8212	-0,42106	-78,2126
3,803678	-75,6784	-0,42106	-78,2043

Latitud	Longitud
3,6504	-75,8119
3,494802	-75,9053
3,418663	-75,8664
3,188414	-75,93
1,020351	-77,2109
0,972991	-77,2241
0,932959	-77,1153
0,941768	-77,0458
0,903901	-76,9907
0,979446	-77,2978
0,943431	-77,3337
1,657374	-76,1827
1,026254	-77,1252
4,817684	-75,519
4,632234	-75,4694
4,470994	-75,4554
4,718249	-75,4868
4,69085	-75,4965
3,32189	-75,8814
3,184207	-75,7788
-5,29694	-79,0365
-0,31273	-78,146
-0,32106	-78,146
-0,32939	-78,146
-1,19603	-78,4293
-1,22102	-78,3126
-1,22102	-78,3043
-1,22102	-78,296
-1,22102	-78,2876
-1,22936	-78,3293
-1,22936	-78,321
-1,22936	-78,3126
-1,22936	-78,3043
-1,22936	-78,296
-1,22936	-78,2876
-1,23769	-78,3043

Latitud	Longitud
-0,42939	-78,221
-0,42939	-78,2126
-0,43772	-78,221
-0,44606	-78,0126
-1,78767	-78,371
-1,796	-78,371
-1,80433	-78,3793
-1,97099	-78,4376
-1,97099	-78,4293
-1,97099	-78,4126
-1,97933	-78,3876
-1,97933	-78,371
-1,98766	-78,371
-1,98766	-78,3626
-0,36677	-77,8509
-0,28886	-77,8053
0,497404	-77,7743
0,570571	-77,696
0,680287	-77,6459
0,570571	-77,696
-0,2044	-78,4876
-1,45435	-78,471
-1,45435	-78,396
-1,45435	-78,3876
-1,45435	-78,3793
-1,45435	-78,321
-1,45435	-78,3043
-1,46268	-78,396
-1,46268	-78,3876
-1,47101	-78,3876
-1,47935	-78,3876
-1,48768	-78,396
-1,48768	-78,3876
-1,49601	-78,4043
-1,51268	-78,4793
-1,51268	-78,4626

Latitud	Longitud
-1,23769	-78,296
-1,24602	-78,3626
-1,24602	-78,3543
-1,24602	-78,346
-1,24602	-78,3376
-1,25436	-78,3626
-1,25436	-78,3543
-1,25436	-78,346
-1,26269	-78,3793
-1,26269	-78,371
-1,27102	-78,3876
-1,27102	-78,3793
-1,30435	-78,4043
-1,35435	-78,4043
-1,36269	-78,146
-1,37102	-78,1626
-1,37102	-78,1543
-1,37102	-78,146
-1,37935	-78,1626
-1,37935	-78,1543
-1,38768	-78,171
-1,38768	-78,1626
-1,39602	-78,421
-1,39602	-78,171
-1,40435	-78,046
-1,41268	-78,3126
-1,42102	-78,3126
-1,42935	-78,321
-1,42935	-78,3126
-1,43768	-78,4043
-1,43768	-78,321
-1,43768	-78,3126
-1,43768	-78,3043
-1,44602	-78,4043
-1,44602	-78,396
-1,44602	-78,3876

Latitud	Longitud
-1,52101	-78,4543
-1,52101	-78,4293
-1,52101	-78,4126
-1,52101	-78,4043
-3,60426	-78,9876
-4,02925	-79,1459
-6,10597	-79,2999
-6,11861	-79,2917
-6,14072	-79,3018
-6,14511	-79,2943
-6,14442	-79,2836
-6,14017	-79,2695
-5,19204	-79,3227
-5,26806	-79,274
-5,24952	-79,2471
2,343333	-76,308333
2,338056	-76,302222
2,344167	-76,318333
2,336667	-76,301389
2,339722	-76,317222
1,891389	-76,616111
1,893056	-76,616111
1,892778	-76,613333
1,891389	-76,613333
1,893333	-76,610833
1,891944	-76,610833
1,893056	-76,61
1,892778	-76,607778
1,893056	-76,607222
1,893056	-76,608056
1,891667	-76,6075
1,891944	-76,605
1,896667	-76,614167
1,896667	-76,6125
1,896111	-76,610556
1,896389	-76,608611

Latitud	Longitud
-1,44602	-78,321
-1,44602	-78,3126
-1,44602	-78,3043
-1,45435	-78,4793
-5,2874	-79,04075
-5,227412	-79,28557286
-5,235246	-79,273321
-4,955988	-79,478769
-4,954185	-79,45734
-4,941888	-79,46377
-4,954709	-79,457203
-4,954315	-79,451361
-4,951907	-79,449671
-4,945417	-79,442067
-4,952678	-79,439201
-4,947668	-79,438419
-4,955443	-79,462025
-4,950851	-79,481801
-4,954146	-79,475626
-4,954146	-79,475626
-4,918427	-79,451228
-4,922823	-79,452354
-4,952884	-79,484971
-4,953664	-79,482318
1,950278	-76,548056
1,952222	-76,548889
1,945	-76,567222
1,859444	-76,513056
1,858611	-76,511111
1,859167	-76,507222
1,895278	-76,607222
1,895278	-76,605833

Latitud	Longitud
1,902778	-76,608611
4,72585	-75,576064
1,863611	-76,503333
1,862222	-76,490833
1,866111	-76,469167
1,872222	-76,451389
1,865833	-76,45
1,861944	-76,4475
1,863333	-76,442222
1,898056	-76,422222
1,871389	-76,49
1,870556	-76,489444
1,855556	-76,423611
1,855833	-76,436111
1,859167	-76,4475
1,867778	-76,454722
1,866944	-76,465
1,875556	-76,484167
1,879167	-76,478333
1,866111	-76,498889
1,863333	-76,491667
1,863056	-76,495278
1,895278	-76,486389
1,908333	-76,484167
1,921111	-76,478611
1,707242	-76,387439
1,4524	-76,241479
1,364894	-76,696222
2,852926	-75,788119
2,698225	-75,702185
2,956035	-75,4865

Fuente: Rodríguez, A.; Lizcano, D.; Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena.