



INGENIERÍA AMBIENTAL

DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES AMBIENTALES QUE EXPLICAN LA DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL *Tapirus pinchaque* (ROULIN, 1829), Y SU RELACIÓN FRENTE A LA CONCESIÓN DE TÍTULOS MINEROS EN COLOMBIA.

KATHERIN PARRA GALVIS



Universidad[®]
Católica
de Manizales

VIGILADA Mineducación

Obra de Iglesia
de la Congregación



Hermanas de la Caridad
Dominicas de La Presentación
de la Santísima Virgen

Distribución Potencial del *Tapirus pinchaque*

**DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES AMBIENTALES QUE EXPLICAN LA
DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL *Tapirus pinchaque* (ROULIN, 1829), Y SU
RELACIÓN FRENTE A LA CONCESIÓN DE TÍTULOS MINEROS EN COLOMBIA.**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniera Ambiental

Asesor (es)

Giovanny Blandón Marín

Nicolas Henao Botero

Autora

Katherin Parra Galvis

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
MANIZALES, CALDAS

2022

AGRADECIMIENTOS

Agradezco especialmente al docente Giovanni Blandón Marín, por ser mi guía durante este proceso, por la entrega, el compromiso, el apoyo y el conocimiento brindado que permitieron que aquellas metas que nos establecimos, hoy se puedan materializar. Al Biólogo Nicolás Botero Henao, gracias por la ayuda en la estructura inicial de la idea y su acompañamiento durante este tiempo, a la profesora Alexandra Diaz Gil, gracias por el tiempo, el conocimiento, los aportes y asesorías brindadas.

A la Universidad Católica de Manizales, mi alma mater, y al programa de Ingeniería Ambiental por forjar mi formación profesional desde el enfoque del saber ser.

Agradezco también a Colombia Tapir Conservation, Daniel Ospina Valencia, Diego J Lizcano, Gabriela Malte Irua, John Makario Londoño, Natalia Jurado Álzate, Roman Felipe Diaz Ayala y demás partícipes de este proceso, por sus diferentes y valiosas formas de apoyo.

Finalmente, agradezco y dedico este trabajo a mi familia, a mis padres Diego Duvan Parra Diaz y Diomar Galvis Pineda, a Erika, Estefani y Sofia y a mis tíos Nelson Parra Diaz y Maritza Maestri Álzate, gracias por el apoyo y la constancia, gracias por celebrar conmigo cada logro, pero sobre todo, gracias por sostenerme y animarme a continuar cuando las cosas se ponían difíciles.

RESUMEN

En Colombia la especie *Tapirus pinchaque* se encuentra en peligro de extinción debido a las tensiones antrópicas a las cuales se encuentra expuesta su área de distribución, teniendo en cuenta que es una especie que requiere de amplias áreas de bosque alto andino y páramo para subsistir, es altamente sensible a las modificaciones de su hábitat y presenta una tardía y escasa tasa de reproducción. Adicional a ello, se cuenta con un sesgo de muestreo y muy poca información referente al tamaño de sus poblaciones, la distribución real y los factores que amenazan la misma.

Para efectos del presente trabajo se modeló el área de distribución potencial de la especie a partir de algoritmos de máxima entropía en MaxEnt, para los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda, Noroccidente del Tolima y el Nororiente del Valle del Cauca. A partir de allí se determinó que las variables ambientales que se encuentran más arraigadas a la especie fueron la temperatura media anual, temperatura media del cuarto más seco (precipitaciones anuales escasas o inexistentes) y la temperatura mínima del mes más frío, estas aportaron una ganancia aproximada del 40% de la variación del modelo, el 60% restante fue aportado por las variables World Clim Bio 3, Bio 12, Bio 14 y Bio 17, que fueron las otras 4 variables ambientales empleadas en el modelo.

El área probable de nicho ecológico para el *T. pinchaque* fue aproximadamente de 819.841,4 ha en los cinco departamentos estudiados, a dicha superficie se superpusieron los datos de títulos mineros que se encuentran disponibles para Colombia desde el año 2014, además del Registro Único de Áreas Protegidas de Colombia.

A partir de lo anterior se pudo establecer que de las 349 áreas protegidas que se tienen en los cinco departamentos analizados, solo el 60% aproximadamente abarcan la superficie de distribución del *T. pinchaque*. Por su parte, la proporción de superficie de títulos mineros dentro

Distribución Potencial del *Tapirus pinchaque*

del área de distribución de la especie es aproximadamente de 29.14%. Esto en términos de área puede representar una pequeña fracción; sin embargo, es preciso tener en cuenta que los impactos sobre el territorio no solo se manifiestan de manera directa, sino que también, repercuten indirectamente a nivel global. Por tanto, dicha proporción podría llegar incluso a triplicarse, considerando que para este caso en particular solo se está teniendo en cuenta el área directa de influencia de la actividad minera.

Tabla de Contenidos

AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN	9
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
3. JUSTIFICACIÓN	15
4. OBJETIVOS	17
5. MARCO TEÓRICO	18
5.1 Antecedentes	18
5.2 Marco conceptual	19
5.1 Marco Normativo	20
6. MATERIALES Y MÉTODOS	23
6.1 Población y muestra	23
6.2 Datos geográficos.	23
6.3 Algoritmo empleado	24
6.4 Set de variables ambientales	25
6.5 Modelo de distribución.	25
6.6 Porcentaje de solapamiento	26
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	27
8. CONCLUSIÓN.	39
LISTA DE REFERENCIAS	41

Lista de tablas

Tabla 1 Set de variables Bioclimáticas de <i>Worldclim</i> .	25
Tabla 2 Ajustes del modelo de distribución potencial de <i>T. pinchaque</i> en MaxEnt	28

Lista de figuras

Figura 1. Mapa de la distribución político - administrativa del eje cafetero	23
Figura 2. Datos curados de la distribución geográfica del T. pinchaque	27
Figura 3. Resultados de la prueba Jackknife, para la determinación de la importancia variable	30
Figura 4. Representación del área bajo la curva (AUC) o Característica Operativa del Receptor (ROC).	31
Figura 5. Modelo de distribución potencial del <i>T. pinchaque</i> .	32
Figura 6. Modelo de distribución potencial de T. pinchaque y superposición de títulos mineros recortados para los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda, Noroccidente del Tolima y Nororiente de Valle del Cauca.	33
Figura 6. Modelo de distribución potencial de T. pinchaque y superposición del SINAP, recortado para los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda, Noroccidente del Tolima y Nororiente de Valle del Cauca.	36
Figura 8. Modelo de distribución potencial de T. pinchaque y superposición de títulos mineros y SINAP, recortado para los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda, Noroccidente del Tolima y Nororiente de Valle del Cauca.	37

1. INTRODUCCIÓN

La dimensión ambiental se ha convertido en una preocupación que aumenta cada día, como consecuencia del desarrollo de diferentes actividades antropogénicas a fin de satisfacer las necesidades del ser humano (Gligo, 2001), las cuales apuntan a un crecimiento económico asociado al capital natural disponible dentro del ambiente que habitamos, dando lugar a cambios representativos a nivel económico, social o ambiental (Aghón, 2001).

El acelerado crecimiento poblacional, las actividades productivas como la agricultura, la ganadería y el aprovechamiento forestal, responden a dicha preocupación; debido principalmente a la sobre explotación de los recursos naturales, que hace compleja su recuperación (Tavares, 2014).

De igual forma, los títulos minero – energéticos, como contratos de concesión, licencias de exploración, licencias de explotación y contratos en virtud de aporte, que a lo largo de los años se han venido otorgando por el estado, con la finalidad de efectuar los estudios, instalación y construcción de obras de exploración y aprovechamiento de minerales de propiedad del mismo (ANM Colombia), suponen un riesgo para la distribución geográfica de las especies; además, ponen en tela de juicio los modelos de desarrollo, los patrones de ciudades sostenibles y la ocupación del territorio (MinMinas GM, 2011 & Ramírez, 2015).

Según el Sistema de información sobre biodiversidad (SIB), Colombia es considerado como uno de los países más ricos en diversidad biológica del mundo, siendo el primer país en poseer más especies de aves y orquídeas, segundo en plantas, anfibios, mariposas y peces dulceacuícolas, tercero en palmas y reptiles y sexto en mamíferos (Instituto Von Humboldt, 2019).

Distribución Potencial del *Tapirus pinchaque*

Sin embargo, todas estas tensiones antrópicas que se mencionan, han evidenciado una disminución sustancial de la misma, (Instituto Von Humboldt, 2017 & 2019), lo cual está estrechamente relacionado con la pérdida de servicios ecosistémicos y con la variabilidad climática y ambiental, que sin lugar a duda ya se ha venido evidenciando, y que muy probablemente se hará con mayor envergadura en un futuro, socavando los esfuerzos de evolución o adaptación de las especies, como medio de respuesta ante las diferentes transformaciones del entorno, favoreciendo así su extinción (Mapplecroft, 2014).

Como consecuencia de lo anterior, y con el fin de contribuir a la conservación de la biodiversidad se han venido empleando diferentes sistemas de información geográfica, en los cuales se integran algunos patrones ecológicos y ambientales que permiten identificar y analizar la distribución espacial de las especies y los posibles factores que la limitan (Guisan, 2005; Elith, 2009; Díaz 2019).

Para ello se emplean datos previamente georreferenciados y variables ambientales estandarizadas que facilitan la iteración de información inexistente sobre la distribución geográfica de la especie objeto de estudio (Díaz 2019). En muchos casos se toman como referencia especies bioindicadoras, ya que de esta manera se podrá realizar una mejor evaluación de las causas de su distribución, su importancia para el ecosistema, la sensibilidad que tiene ante las perturbaciones ambientales, la disponibilidad que poseen los ecosistemas de acuerdo a los periodos de cambio que se evidencien, las áreas de interés para la conservación y la proyección de la incidencia de diversos factores en la distribución de especies (Díaz, 2019; Martínez, 2017; Ortega, 2013; Peterson, 2011; Gallagher, 2010).

Por lo que en esta oportunidad nos centraremos en la Danta de montaña (*Tapirus pinchaque*, Roulin 1829), la más pequeña de las cuatro especies de tapir (Ortega et al. 2015) pero uno de los

Distribución Potencial del *Tapirus pinchaque*

mamíferos más grande de Sur América, se distingue de las otras por sus labios blancos y el pelaje de color negro relativamente largo, su distribución está restringida a los remanentes de bosque montano y paramo entre los 2000 y 4500 m, según sea la disponibilidad de los recursos; se encuentra en Colombia, Ecuador y Norte de Perú (Lizcano, 2000).

Esta especie cumple un papel fundamental en la integridad y biodiversidad de ecosistemas a largo plazo, es muy sensible a la intervención y a la fragmentación, lo cual la convierte en un gran indicador de la salud del ecosistema (Santuario de Fauna y Flora Otún Quimbaya Colombia, 2004). Sin embargo, actualmente se encuentra en peligro de extinción según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), debido a su tardía y escasa tasa de reproducción, la destrucción de hábitat, la cacería, la agricultura y la ganadería extensiva, la interrupción de las rutas potenciales de movimiento por las construcciones viales o por la misma fragmentación, y a la poca atención que ha recibido en comparación con otros grupos de fauna silvestre (Lizcano, 2004).

A pesar de que se conoce su importancia ecológica y su estado de conservación, no se han evaluado de manera detallada ciertas características del *T. pinchaque* en Colombia, por esta razón se sugieren realizar modelos predictivos de su distribución potencial y la relación existente entre esta y diversas actividades antrópicas, como la concesión de títulos mineros, con el fin de establecer nuevas rutas de investigación.

Todo esto es viable, gracias a que la geografía a lo largo del tiempo se ha convertido en una herramienta que permite ser incorporada en una alta variedad de disciplinas, ya que gran parte de la información que se maneja puede ser asignada a una posición geográfica, lo cual permite a su vez ser cartografiada y conseguir nuevas posibilidades frente a dichos datos, por consiguiente se

adquiere una mayor precisión, productividad, eficiencia y una mejor visualización del objetivo de estudio (Olaya, 2014).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia es uno de los países más biodiversos del mundo, esto se da gracias a una variedad de eventos geológicos, ecológicos y climáticos que a lo largo de la historia han marcado su evolución y han moldeado lo que hoy podemos encontrar.

Esta gran multiplicidad de ecosistemas tropicales favorece la evolución de las especies, dado que se ven estimuladas a adaptarse a diferentes condiciones en su entorno (Martínez et al. 2021); sin embargo, esta capacidad de adaptación a su nicho ecológico se ha visto interrumpida por una serie de tensiones antrópicas, como la cacería, la expansión agrícola y ganadera, deforestación, fragmentación de bosque, interrupción de corredores biológicos y concesión de títulos minero – energéticos.

Siendo estos últimos de gran notoriedad, ya que en la actualidad dichos ecosistemas tropicales y en especial los ecosistemas estratégicos como el páramo se han convertido en objeto de deseo de las multinacionales mineras por su riqueza en minerales, los cuales impactan de manera contundente los factores bióticos y abióticos del entorno (Tavares, 2014 & Martínez, 2021).

Cada vez se han hecho más evidentes las modificaciones a las condiciones escénicas del paisaje, la presencia de sedimentos en fuentes hídricas, los grandes depósitos de residuos mineros, el desabastecimiento por efecto de la contaminación y cambio del curso natural de los ríos; disminución en la capacidad de soporte de la actividad biológica y la regulación hídrica, aumento

Distribución Potencial del *Tapirus pinchaque*

de fenómenos climáticos extremos, la acumulación de metales y metaloides como consecuencia de las minas desmanteladas (González, 2014).

Sumado a esto, la pérdida de diversidad y el riesgo de extinción de aquellas especies que requieren de condiciones ambientales especiales y que dependen de una amplia distribución, lo cual tiene grandes implicaciones para el bienestar humano, teniendo en cuenta que a su vez son modificadas las funciones que sustentan la vida en el planeta (Agudelo, 2018 & Garay, 2013)

Tal es el caso del *T. pinchaque*, que como se mencionaba anteriormente posee una peculiar condición, ya que se relaciona únicamente al bosque alto andino aproximadamente entre los 2000 y 4500 m y ocasionalmente pueden ascender hasta los 5000m, depende de extensas áreas de bosque alto andino y páramo para subsistir y mantener sus poblaciones saludables (Mantilla et al. 2017).

Además, juega un papel importantísimo en el ambiente, ya que aporta gran cantidad de servicios ecosistémicos a la sociedad, mantiene la diversidad biológica tropical, son buenos indicadores de la salud del ecosistema, reciclan nutrientes, son excelentes dispersores de semillas y son considerados como especies sombrilla; sin embargo, en la actualidad se encuentra en peligro de extinción, no solo a raíz de las problemáticas que se mencionaban anteriormente, sino también a causa del calentamiento global, que en conjunto conllevan a la desaparición de ecosistemas alto andinos y por ende su extinción (Santuario de Fauna y Flora Otún Quimbaya Colombia, 2004).

Cualquier cambio representa una amenaza para la especie, por esta razón se debe trabajar en su conservación no solo a nivel local sino también a nivel global; de aquí parte la iniciativa de este trabajo, en el cual se busca encontrar respuesta al gran dilema que supone la identificación y entendimiento de las variables ambientales que intervienen en su distribución potencial y su relación frente a la concesión de títulos mineros en Colombia.

3. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con lo planteado anteriormente se puede ver la importancia que tiene la biodiversidad en el mundo, esto se debe a que en gran medida la supervivencia de la humanidad depende de los productos y servicios que ésta provee (MADS, 2012), por lo que la proyección y el análisis de los posibles cambios en los patrones de distribución y abundancia de las especies en un determinado escenario ambiental; favorece la identificación de aspectos positivos o negativos a los que se pueden ver enfrentados.

Para dicho propósito se han incorporado los sistemas de información geográfica, teniendo en cuenta que son herramientas que permiten modelar la distribución potencial de especies bioindicadoras; contribuyendo así, al mejoramiento de su calidad de vida y sustento de la conservación de dichas especies. Además, representa un cambio a nivel global, ya que la regulación de las presiones antrópicas, mitiga los efectos negativos y la vulnerabilidad de todo el ecosistema en general (Mantilla et al. 2021).

En este caso en particular el hecho de conocer las características del nicho ecológico óptimo para la supervivencia del *T. pinchaque* en Colombia, promueve la construcción de políticas públicas coherentes con los desafíos que representa la variabilidad ambiental y la concesión desmedida de títulos mineros, de esta manera se podrá fijar criterios técnicos, financieros, medioambientales y de responsabilidad social, para la adjudicación de áreas estratégicas de conservación.

Teniendo en cuenta que los ambientes en los cuales se distribuye la especie, fungen como amortiguadores de las corrientes de aire caliente. Además, su dependencia a otras especies vegetales y sus interacciones responden a ciclos que de verse afectados alterarán en cadena todo el ecosistema (Mantilla et al. 2021).

Distribución Potencial del *Tapirus pinchaque*

Por otra parte, la evaluación e interpretación de la superposición de las concesiones mineras desarrolladas en las áreas de distribución potencial del *T. pinchaque*, previamente identificadas, suscita el entendimiento de los efectos de dichas actividades sobre los recursos hidrobiológicos, las especies, los servicios ecosistémicos y la transformación física del territorio, lo cual facilita en cierta medida la promulgación de modelos de desarrollo más sostenibles, que favorezcan la conservación no solo de la especie sino también del ecosistema al cual pertenece y las diferentes formas de vida a nivel global (MADS, 2012 & Mantilla et al. 2021).

Razón por la cual el proyecto se fundamenta en el uso de los sistemas de información geográfica y la teledetección, como una herramienta que a lo largo de los años se ha potencializado, ya que permite modelar escenarios de la vida real o proyecciones hipotéticas, a partir de datos previamente georreferenciados, con la idea de tener una respuesta aproximada a los sucesos reales. Esto tiene grandes beneficios ya que disminuyen los gastos de inversión en la puesta en marcha de proyectos piloto para la experimentación, además ahorra tiempo y trabajo.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Determinar que variables ambientales explican la distribución potencial del *T. pinchaque* y su relación frente a la concesión de títulos mineros en Colombia.

4.2 Objetivos específicos

4.2 Objetivos específicos

- Generar un modelo de distribución, a partir de algoritmos de máxima entropía.
- Establecer la relación entre el comportamiento de las variables ambientales y la distribución del *T. pinchaque* en Colombia.
- Definir el porcentaje de área de títulos mineros que se sobrepone a la superficie de distribución potencial de *T. pinchaque*.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 Antecedentes

Para el desarrollo del proyecto se tuvo como referencia los trabajos realizados por Pedraza (2005), Arias *et al.* (2009), Lizcano *et al.* (2015), Martínez (2017), Ortiz *et al.* (2020), Herrera *et al.* (2021); a partir de los cuales se evaluó la distribución potencial de algunas especies en diferentes escenarios de cambio climático; la importancia de las áreas no protegidas para la conservación; posibles modelos de conectividad espacial y algunos planes de acción que han sido adoptados para la conservación del *T. pinchaque*.

Recientemente se consolidó el plan de acción nacional para la conservación de la danta de montaña para el área de influencia de Parques Nacionales Naturales, con el objetivo de garantizar la conectividad entre los núcleos de preservación de la especie; teniendo en cuenta que esta es considerada como una especie paisaje y sombrilla, lo que indica que requiere de amplias áreas de distribución para mantener sus poblaciones saludables, así mismo las acciones que se tomen en pro de su protección, representan un beneficio para otras muchas especies de flora y fauna (Gonzales, 2022).

5.2 Marco conceptual

Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos

El proyecto presenta una gran relación con dicha política pública, dado que reconoce la biodiversidad y el suministro de sus productos, como fuente principal del desarrollo del país y como base fundamental de la supervivencia de la vida humana en el planeta. Adicional a esto, la

Distribución Potencial del *Tapirus pinchaque*

política supone la transformación de la gestión que se les da a los servicios ecosistémicos con el fin de alcanzar un equilibrio entre los sistemas ecológicos y sociales (MADS, 2012).

En cierta medida este es uno de los enfoques del proyecto ya que se pretende identificar la manera en la que el desarrollo de actividades antrópicas como la minería y la modificación de diferentes variables ambientales, repercuten en la distribución potencial del tapir de montaña, a partir de lo cual se espera poder influir en la reglamentación de los planes de conservación de la especie desde un punto de vista jurídico y así poder lograr su continuidad.

Objetivos de Desarrollo Sostenible

Para este caso en particular, se apunta al objetivo de desarrollo sostenible 12, dirigido a la producción y consumo responsable, el cual consiste en desvincular el crecimiento económico de la degradación ambiental, a partir del aumento de la eficiencia de recursos y la promoción de estilos de vida más sostenibles. Y el ODS 15 que promueve la transformación positiva y conservación de la vida de ecosistemas terrestres, por medio del desarrollo de diferentes estrategias en las cuales se restaure la relación de los seres humanos con la naturaleza (ONU, 2018).

Género *Tapirus*

El género *Tapirus* conocido desde el Mioceno, hace referencia al único grupo de perisodáctilos de la familia Tapiridae que ha sobrevivido hasta ahora, luego de un periodo de extinción en el Mioceno (Bernal, 2015). A pesar de que existen diversas hipótesis sobre la llegada de las tres especies de *Tapir* existentes en Centro y Sur América, tras la emergencia del istmo de Panamá una de las más influyentes ha sido el análisis de las relaciones taxonómicas entre las especies actuales de tapires, usando técnicas modernas de secuenciamiento de ADN, a partir de lo cual se ha podido evidenciar una relación evolutiva cercana entre *T. pinchaque* y *T. terrestres*. Adicional a esto, dicho estudio sugiere que el *Tapir* asiático se separó de las demás hace más de 20 millones de años

Distribución Potencial del *Tapirus pinchaque*

y las dos especies de linaje Suramericano *T. terrestres* y *T. pinchaque* divergieron hace aproximadamente 3 millones de años (MAVDT & UN, 2005).

Titulo minero

Este hace referencia a la autorización que confiere el estado a un particular, con el fin de adelantar estudios, trabajos y obras para establecer la existencia de minerales sujetos de exploración y explotación en un área determinada; por medio de un contrato de concesión, licencias de exploración, licencias de explotación y contratos en virtud de aporte (MinMinas GM, 2006)

Distribución potencial de especies

Hace referencia a aquellas condiciones bióticas y abióticas ideales en las cuales una especie puede y podría lograr su desarrollo y subsistencia en un ambiente determinado (Mota *et al.* 2019).

5.3 Marco normativo

Para el desarrollo del proyecto se tuvo como referencia el siguiente marco normativo

Ley 165 de 1994

“Tiene como objetivo conservar y utilizar de manera sostenible la diversidad biológica en beneficio de las futuras generaciones. Para lo cual los estados están en la obligación de elaborar estrategias, planes o programas, con el fin de integrar la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica, además de asegurar que se elaboren directrices para la protección de ecosistemas y hábitats naturales, mantenimiento de poblaciones viables de especies en entornos naturales, promover el desarrollo ambiental adecuado y reglamentar y administrar los recursos biológicos”.

Ley 685 de 2001

“Promueve el fomento de la exploración de los recursos mineros en forma armónica con los principios y normas de explotación nacional de los recursos no renovables y del ambiente, dentro de un concepto integral de desarrollo sostenible y fortalecimiento económico. Siempre y cuando se cuente con contrato de concesión minero, debidamente otorgado e inscrito en el Registro Minero Nacional; dichos contratos comprenden la fase de exploración técnica, explotación económica, beneficio de los minerales y el cierre o abandono de los trabajos”.

Decreto 2372 de 2010

“Se tiene como propósito nacional de conservación de la naturaleza, asegurar la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos naturales para mantener la diversidad biológica, garantizar la oferta de bienes y servicios, preservar las poblaciones y los hábitats necesarios para la supervivencia de las especies o conjuntos de especies silvestres que presentan condiciones particulares de especial interés para la conservación y finalmente preservar la capacidad productiva de ecosistemas”.

Decreto 4134 de 2011

“Se crea la Agencia Nacional de Minería – ANM, con el fin de administrar integralmente y promover el aprovechamiento óptimo y sostenible de los recursos mineros de propiedad del estado; además, se encarga de promover, celebrar, administrar y hacer seguimiento a los contratos de concesión y demás títulos mineros para la exploración y explotación de minerales de propiedad privada del subsuelo”.

Ley 1454 de 2011

“La organización político administrativa del territorio, es un instrumento de planificación y gestión de las entidades territoriales orientadas a la construcción colectiva de país tendiente a

Distribución Potencial del *Tapirus pinchaque*

lograr una adecuada organización político administrativa del estado en el territorio para facilitar el desarrollo institucional, el fortalecimiento de la identidad cultural y un desarrollo económicamente competitivo, socialmente justo, ambientalmente sostenible, regionalmente armónico y culturalmente pertinente”.

Decreto 1666 de 2016

“Se determina si las actividades mineras son de subsistencia, pequeña, mediana y gran minería; además se establecen los requisitos que son tenidos en cuenta para dicha clasificación”.

Resolución 1912 de 2017

*“La especie *T. pinchaque* se clasifica en peligro (EN), según la lista de especies amenazadas de la presente resolución, lo que quiere decir que se tiene una alta probabilidad de extinción en estado silvestre en un futuro cercano, dado que existe una tendencia a la reducción de sus poblaciones naturales y un deterioro de su área de distribución”.*

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Población y muestra

Para efectos del presente proyecto se lleva a cabo una investigación documental, a partir de la cual se identifica cual es la superficie de mayor dominio del *T. pinchaque*, cuál es el nicho ecológico idóneo y cuáles son las variables ambientales y antrópicas; como la temperatura, la precipitación y la superposición del área de influencia de títulos mineros, que explican la distribución potencial del *T. pinchaque* en el Eje Cafetero. Este, comprendido por los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda y algunas regiones del noroccidente del Tolima y el nororiente del Valle del Cauca.

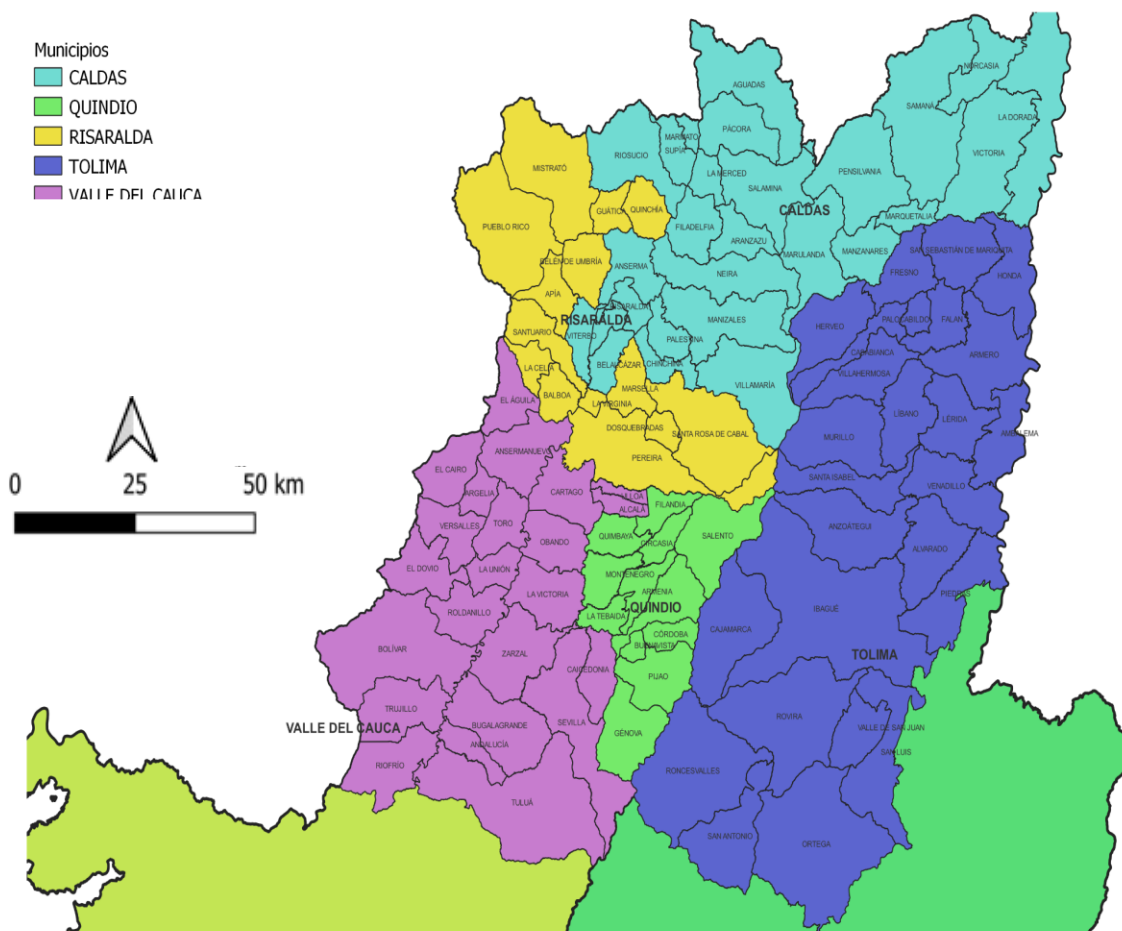


Figura 1. Mapa de la división político - administrativa del eje cafetero. Fuente propia

6.2 Recolección de registros geográficos de *T. pinchaque*

Se generó una base de datos en formato csv, en la cual se realizó la recopilación de los registros geográficos de la especie, a partir de diferentes fuentes de información como el portal de datos de Colombia Tapir Conservation (CTC, <http://colombia-tapir-conservation.com/>); Global Biodiversity Information Facility (GBIF, <https://www.gbif.org/>); Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SIB, <https://biodiversidad.co/>) y publicaciones literarias para Colombia y otros países. Posteriormente se procede a realizar el curado de los datos por medio de ArcGIS, con el fin de obtener información validada y con alta confiabilidad.

6.3 Modelo de distribución de *T. pinchaque* en R

El análisis de los datos requeridos y la comprensión del modelo de distribución potencial de la especie, se efectúa por medio de Kuenm, el cual corresponde a un paquete de R empleado para el desarrollo de modelos de nicho ecológico de MaxEnt, que facilita la creación de modelos finales y su transferencia, dado que permite su calibración y selección de parametrizaciones idóneas para cada hábitat (Cobos et al. 2019).

Es preciso tener en cuenta que antes de llevar a cabo dicho estudio, se debe disponer de una carpeta que contenga el set de variables ambientales que se pretenden modelar; un archivo en formato csv con un subconjunto de los datos totales, en el cual esté relacionada la ubicación geográfica y el nombre de la especie, con el fin de predecir diversos modelos que sirvan como referencia para poder calibrar el modelo final. Adicional a esto, es importante contar con un archivo csv con un subconjunto de datos representativos, diferentes a los que fueron tomados inicialmente para la calibración del modelo, en el cual se encuentren consignadas las ocurrencias de la especie, con el fin de realizar la evaluación final del modelo (Cobos et al. 2019).

5.4 Set de variables ambientales

Con el fin de relacionar las condiciones ambientales con la distribución potencial del *T. pinchaque*, se decide utilizar las 19 variables bioclimáticas de la base de datos *World Clim – Global Climate Date* (Hijmans et al. 2005; <https://www.worldclim.org/>). Dado que representan las tendencias anuales, estacionalidad y los factores ambientales intensos que pueden influir en la modificación del nicho ecológico de la especie.

Tabla 1. Set de variables bioclimáticas de *World Clim – Global Climate Date*

Código	Variable	Código	Variable
BIO_1	Temperatura media anual	BIO_11	Temperatura media del trimestre más frío
BIO_2	Rango medio diurno	BIO_12	Precipitación anual
BIO_3	Isotermalidad	BIO_13	Precipitación del mes más lluvioso
BIO_4	Estacionalidad de la temperatura	BIO_14	Precipitación del mes más seco
BIO_5	Temperatura máxima del mes más cálido	BIO_15	Estacionalidad de la precipitación
BIO_6	Temperatura mínima del mes más frío	BIO_16	Precipitación del trimestre más húmedo
BIO_7	Rango anual de temperatura	BIO_17	Precipitación del trimestre más seco
BIO_8	Temperatura media del trimestre más húmedo	BIO_18	Precipitación del trimestre más cálido
BIO_9	Temperatura media del cuarto más seco	BIO_19	Precipitación del trimestre más frío
BIO_10	Temperatura media del trimestre más cálido		

5.5 Modelación de nicho ecológico y distribución potencial de *T. pinchaque* con algoritmo de máxima entropía

El código MaxEnt está fundamentado en un enfoque de máxima entropía, basado en un grupo de rasters empleados con el fin de generar los mapas de distribución potencial de la especie, a partir

Distribución Potencial del *Tapirus pinchaque*

del conjunto de coordenadas y capas de variables ambientales, que han sido seleccionados previamente (Phillips et al. 2021).

Algunos de los requisitos del programa es que los archivos estén en formato CSV y ASC, presenten igual tamaño de resolución e iguales límites espaciales para todas las variables; para lo cual es importante tener en cuenta que el proceso de modelamiento es iterativo, por tanto, es necesario generar algunas áreas de influencia y proximidad a las condiciones idóneas de la especie, construir modelos digitales del terreno o completar territorialmente la ausencia de los datos, con el fin de identificar las zonas que presentan una mayor probabilidad de encontrar la especie en aquellas superficies donde no se tengan evidencias de su presencia. Prácticamente el procedimiento de procesamiento de datos es automático, este se lleva a cabo en el software homónimo Maxent v.3.4.1k (Steven et al. 2022; https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/), lo cual facilita el ajuste de la simulación.

5.6 Porcentaje de solapamiento

Una vez realizada la selección del modelo final se procede a efectuar el análisis documental y la recopilación de los datos correspondientes a los contratos mineros que se encuentran activos para Colombia, posteriormente se ejecuta la filtración de los títulos mineros para el eje cafetero; seguidamente se analizan dichas áreas, a partir de la poligonización del raster, el geoprocésamiento y superposición del modelo de distribución de la especie, con relación a las superficies mineras que se encuentran dentro de las zonas que fueron consideradas ideales para que ocurriera dicha distribución, de esta manera se establecen los porcentajes de ocupación y la influencia de dichas actividades para la especie.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Distribución Geográfica del *T. pinchaque*

A partir del análisis de los datos de presencia de la especie que se encuentran disponibles en el portal de datos de Colombia Tapir Conservation (CTC, <http://colombia-tapir-conservation.com/>); Global Biodiversity Information Facility (GBIF, <https://www.gbif.org/>); Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SIB, <https://biodiversidad.co/>), se puede evidenciar que se tiene un sesgo de muestreo, dado que dichos puntos se encuentran agregados, por tanto fue necesario realizar el curado de los datos, con el propósito de disminuir el margen de error del modelo.

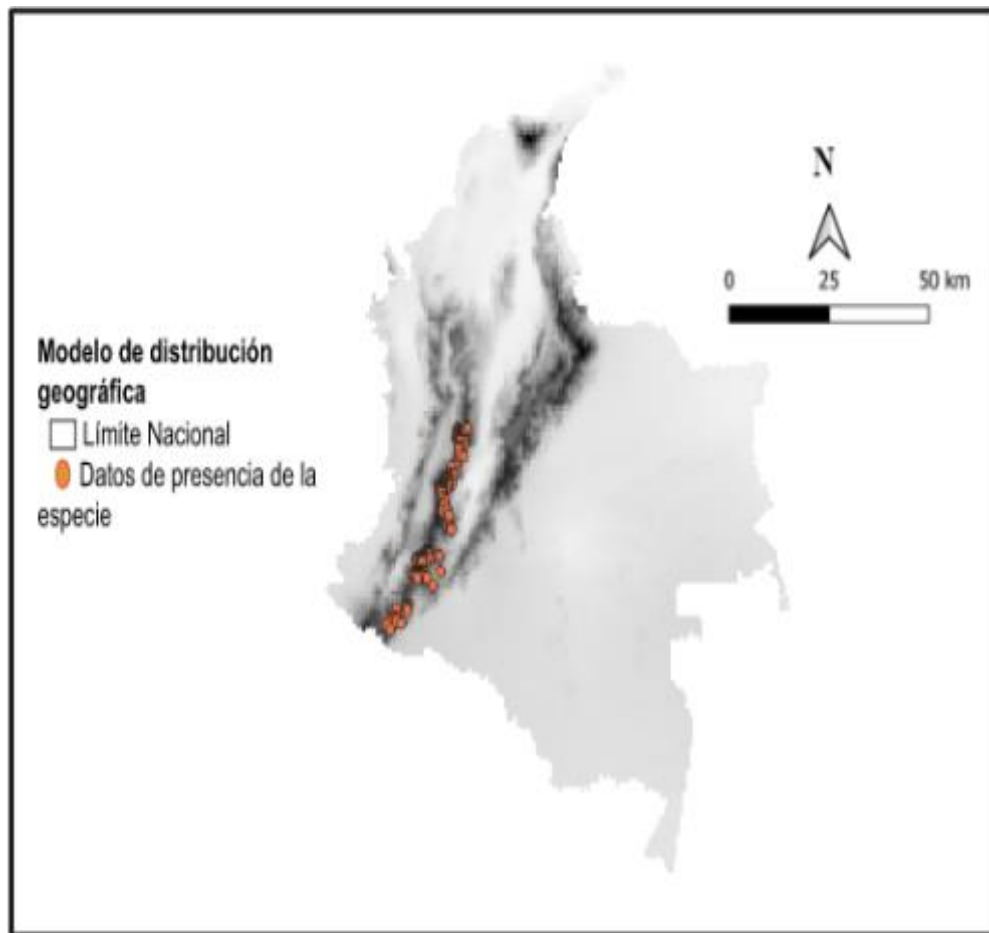


Figura 2. Datos curados de la distribución geográfica del *T. pinchaque* (Puntos rojos indican presencia de la especie). Elaboración propia.

7.2 Variables bioclimáticas de *World Clim*

Las variables scenopoéticas fueron incorporadas al modelo con el fin de establecer el escenario ideal en el que la especie puede existir; algunas variables pueden ser muy similares entre sí, lo cual conlleva a la sobre estimación de la distribución potencial de la especie evaluada. Por tanto, fue necesario realizar un análisis de colinealidad con el fin de identificar cuáles de las variables estaban relacionadas entre sí.

Para dicho fin se tomaron las 19 variables climáticas mundiales y se recortaron para Colombia, a partir de allí se procedió a cruzar la información y a identificar cuáles de ellas se encontraban por encima de un umbral de 0.7, lo cual indicaba que más del 70% de la información representada era similar a la otra variable evaluada.

7.3 Modelo de distribución de *T. pinchaque*

El modelo desarrollado fue de presencias pseudoausencias, teniendo en cuenta que el espacio geográfico en el que no se encontraron puntos de presencia de la especie no representan una ausencia verdadera o una distribución menos densa; sino que se puede asociar a menos esfuerzos de investigación, por tanto, se trabajó con un sesgo de valores con el fin de obtener un mapa de probabilidades.

A la hora de correr el modelo se usaron los siguientes ajustes:

Tabla 2. Ajustes incluidos en el modelo de distribución potencial de *T. pinchaque* en el software MaxEnt.

Registros de presencia usados para entrenamiento	63
--	----

Distribución Potencial del *Tapirus pinchaque*

Registros de presencia usados para prueba	20
Puntos utilizados para determinar la distribución de MaxEnt	10018
Capas ambientales utilizadas	Bio 1, Bio 3, Bio 6, Bio 9, Bio 12, Bio 14, Bio 17
Tipo de caracterización utilizada	Bisagra lineal cuadrática
Curvas de respuesta	Verdadero
Jackknife	Verdadero
Saltar si existe	Verdadero
Puntos de prueba aleatorios	25

A partir de lo anterior, se determinó que las variables que delimitaron la idoneidad ambiental para el modelo fueron la BIO 1 (Temperatura media anual) 3.6%, BIO 3 (Isotermalidad) 4.4%, BIO 6 (Temperatura mínima del mes más frío) 16.2%, BIO 9 (Temperatura media del cuarto más seco) 59.8%, BIO 12 (precipitación anual) 0.8%, BIO 14 (Precipitación del mes más seco) 15.2% y BIO 17 (Precipitación del trimestre más seco) con una contribución de 0,0016%.

Por su parte, la variable ambiental con mayor ganancia cuando se usó aisladamente fue BIO 1, lo cual indica que puede contener la información más útil por sí sola; la variable ambiental que más disminuyó la ganancia cuando se ignoró fue BIO 3, por lo tanto, parece tener la mayor cantidad de información que no está presente en las otras variables.

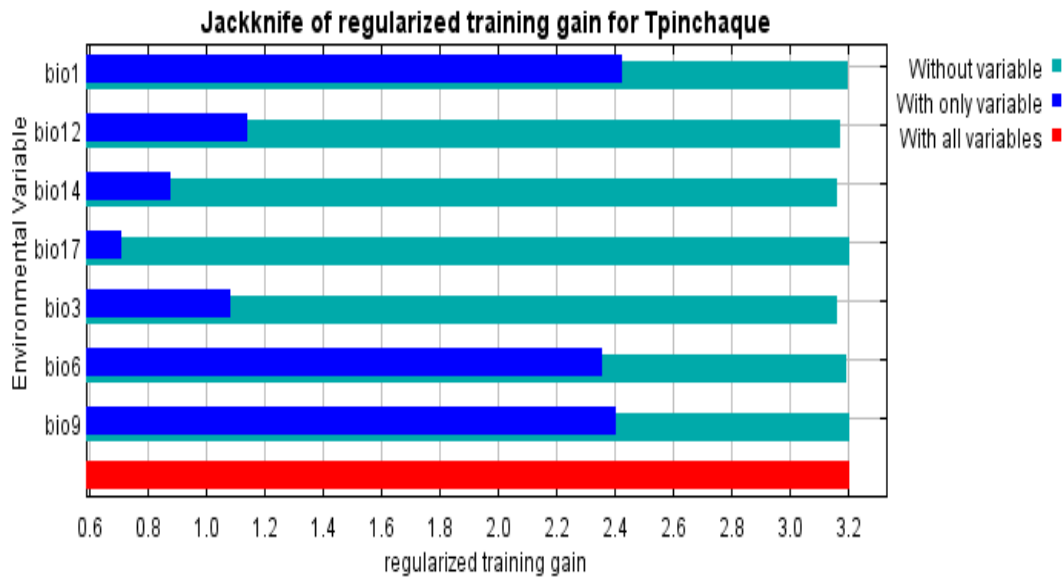


Figura 3. Resultados de la prueba Jackknife para la determinación de la importancia variable. Software MaxEnt.

El software MaxEnt arroja el modelo de distribución potencial con las 7 variables ambientales, con cada una de ellas y con todas las variables descartando la analizada, con el fin de determinar su importancia. Para este caso, la temperatura media anual y temperatura media del cuarto más seco evidenciaron una ganancia de 2.4 y la temperatura mínima del mes más frío una importancia de 2.3, lo cual indica que de las 7 variables scenopoéticas utilizadas para el modelo, estas 3 fueron las más influyentes para la especie, con una ganancia aproximada de 40% de la variación.

Como se especifica en gran parte de literatura científica en la que se describe la especie y sus condiciones de hábitat, esta se encuentra asociada exclusivamente a los ecosistemas altoandinos, donde se tiene un régimen de precipitación anual que oscila entre 600 mm/año y 5000 mm/año aproximadamente y una temperatura media anual que varía entre 3 y 12 °C (Pedraza, 2005). Dicha condición puede explicar el hecho de que las variables asociadas al régimen térmico afectan en primer orden la distribución potencial del *T. pinchaque* en el Eje Cafetero, dado que las bajas temperaturas y por ende el incremento de la precipitación son fundamentales para el crecimiento

Distribución Potencial del *Tapirus pinchaque*

de las plantas herbáceas como las Solanaceae y Melastomataceae, lo cual se traduce en una mayor cantidad de alimento disponible para la especie, considerando que este es un herbívoro ramoneador, que tiene preferencias por los brotes y hojas jóvenes de dichas familias (Molles, 2006).

7.4 Área bajo la curva

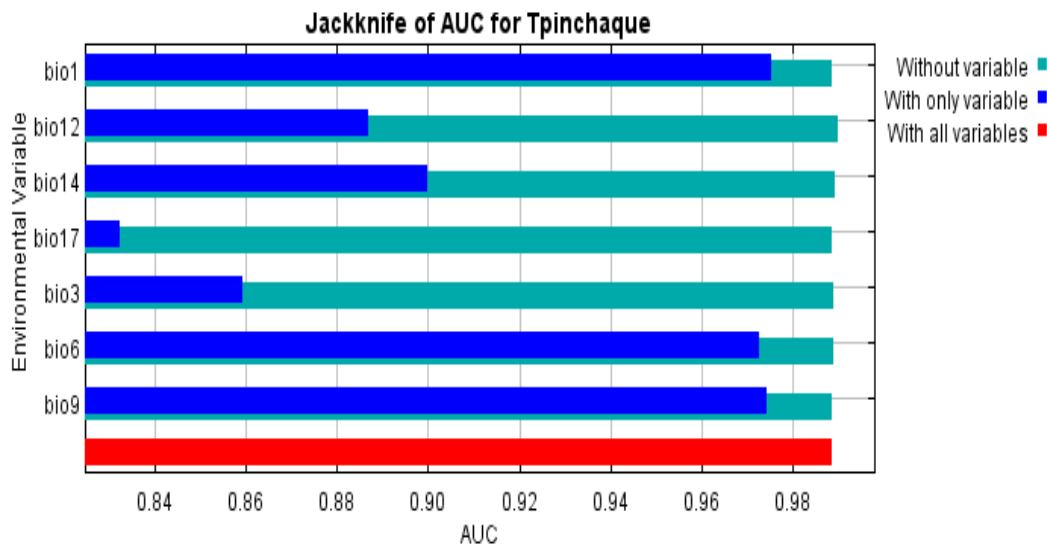


Figura 4. Representación del Área Bajo la Curva - AUC o Característica Operativa del Receptor - ROC. Software MaxEnt.

Dicho modelo de distribución potencial de *T. pinchaque* presentó una validación buena (AUC = 0.9 +- 0.08) con una ganancia de 3.2 y una desviación estándar de 0.002, lo que indica que el modelo es informativo y está lejos de ser al azar.

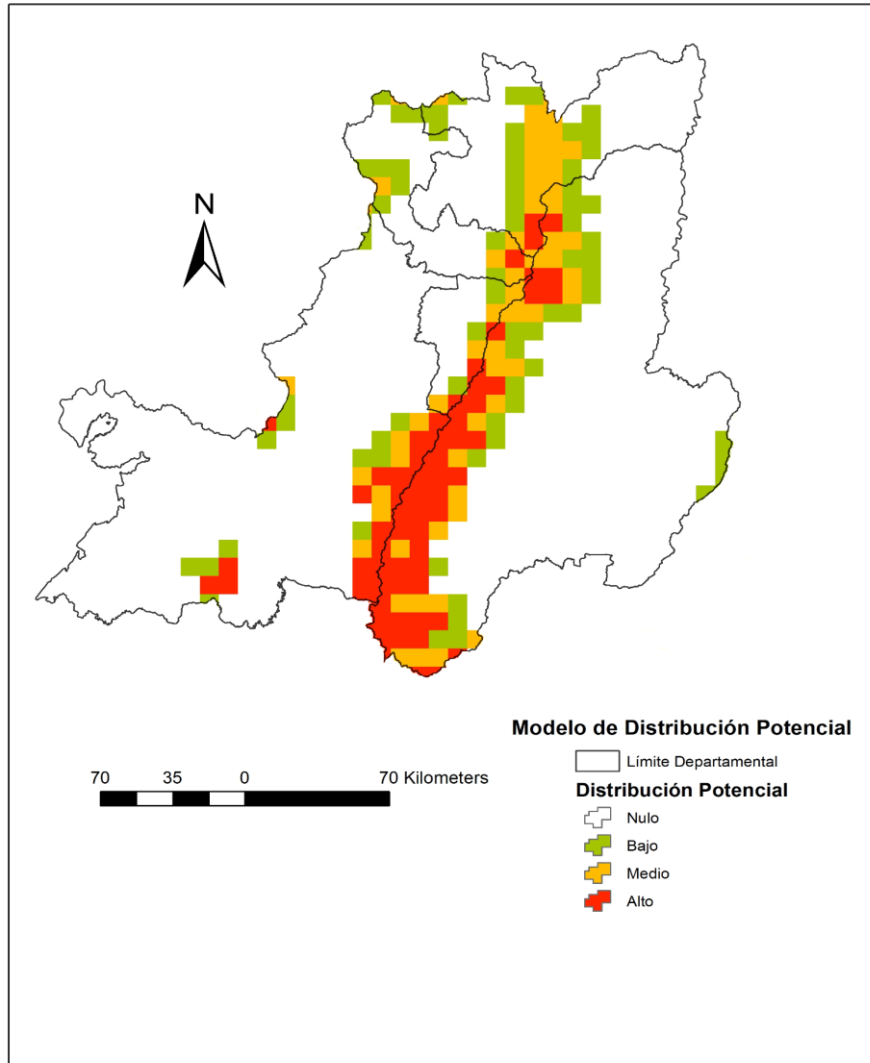


Figura 5. Modelo de Distribución Potencial del *T. pinchaque*. Elaboración propia.

El área de estudio abarca una superficie aproximada de 4.893.921,6 ha, de las cuales el modelo de distribución potencial de *T. pinchaque* ocupa en promedio el 16,75%; estas áreas idóneas predichas para la especie se localizan en gran parte de la cordillera central y excluye las áreas bajas como la Región Pacífica, Región de la Orinoquia, Región de la Amazonia y Región Caribe. Lo cual puede estar relacionado con que el nicho del *T. pinchaque* se encuentra entre el páramo y el bosque de niebla, entre los 2000 y 4300 m, como se mencionaba anteriormente; sin embargo, se

Distribución Potencial del *Tapirus pinchaque*

hace evidente la desconexión que se tiene entre las posibles áreas de distribución potencial que predijo el modelo, dado que gran parte de estos ecosistemas estratégicos están siendo fuertemente transformados por actividades productivas como la ganadería extensiva, plantaciones forestales y concesiones minero - energéticas, que a su vez promueven la variabilidad climática. Disminuyendo así las áreas de distribución de la especie, la conectividad con otras zonas de vida y por ende la diversidad genética del ecosistema.

7.5 Posibles áreas de ocurrencia y solapamiento con Títulos mineros

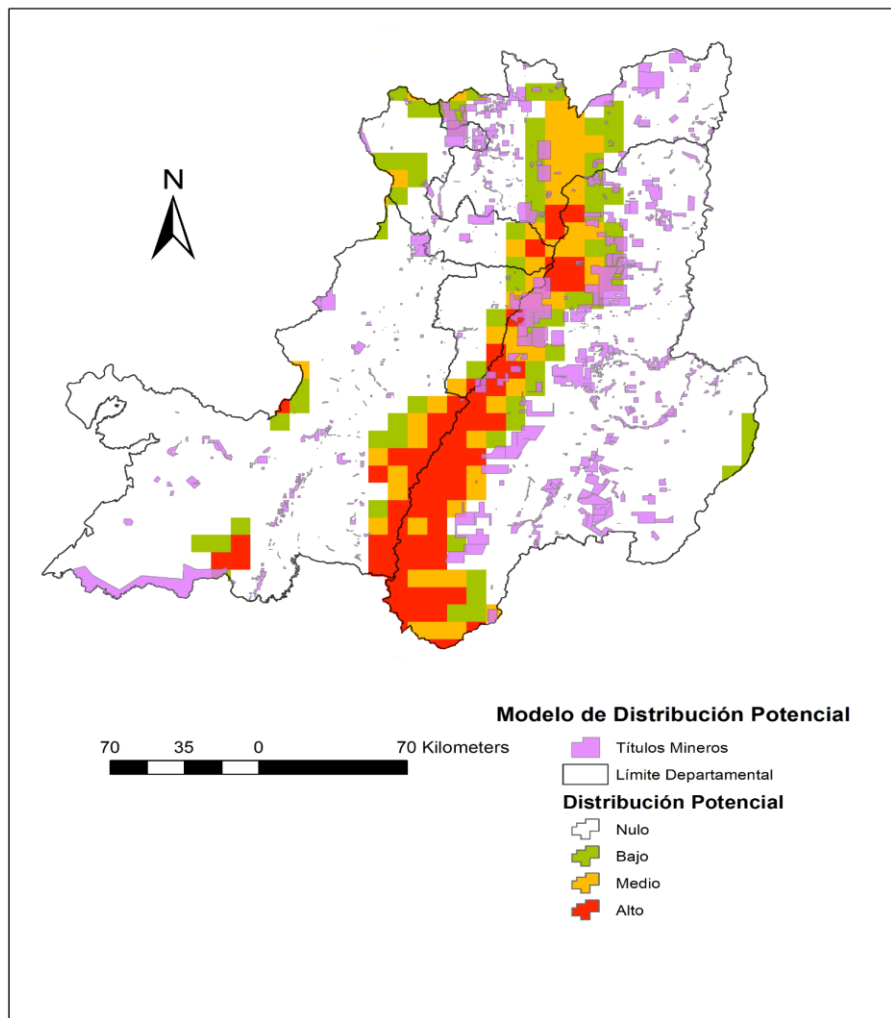


Figura 6. Modelo de Distribución Potencial del *T. pinchaque* y superposición de títulos mineros recortados para los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda, Noroccidente del Tolima y Nororiente del Valle del Cauca. Elaboración propia.

Distribución Potencial del *Tapirus pinchaque*

Según el censo minero - energético de Colombia, en los 5 departamentos en los cuales se corrió el modelo de distribución potencial del *T. pinchaque* predominan las actividades extractivas de minerales de construcción (agregados pétreos, arcillas, calizas, piedras ornamentales), metales y minerales preciosos (oro), minerales energéticos (carbón) y minerales industriales (yeso); de los cuales la exploración de los metales y minerales preciosos y minerales de construcción son las que mayor incidencia tienen sobre el entorno. Lo cual afecta gravemente el territorio, dado que dichas actividades promueven la deforestación, fragmentación de hábitats y efectos de cambio climático que ya se hacen evidentes en dichas zonas (UPME).

Adicional a esto, las actividades mineras promueven la generación de movimientos en masa, principalmente durante los procesos de exploración, cortes para la apertura de vías, trincheras, pozos, perforaciones y piscinas de lodos. Para el caso de las explotaciones a cielo abierto, dicho impacto se da en la fase de edificación de patios de acopio, construcción y adecuación de vías, perforaciones y voladuras (Ayala, 2019).

Esto indica que uno de los factores naturales que presenta mayor afectación por el desarrollo de esta actividad productiva es el suelo, sin dejar a un lado los demás. Allí se evidencia remoción de material vegetal, erosión, aporte de sedimentos, modificación de la orogénesis, lo cual promueve la incidencia de fallas geológicas, conflictos económicos - sociales y ambientales, pérdida de la capacidad de adaptación de las especies a las tensiones antrópicas provocadas, reducción de la diversidad biológica y pérdida de servicios ecosistémicos. asociados principalmente a las metodologías y componentes que se requieren para provocar el colapso del material que se encuentra por debajo de la corteza superficial de la tierra (Ayala, 2019).

Distribución Potencial del *Tapirus pinchaque*

Dichas intervenciones disminuyen indudablemente las áreas de distribución del *T. pinchaque* y por ende la cultura y las costumbres de la región, considerando que en la medida en la que se extingue una especie también se pierden una cantidad de servicios ecosistémicos y la información y cosmovisión que están ligadas a ellas.

La proporción de la superficie de áreas de títulos mineros que se encuentran dentro del área de distribución potencial del *T. pinchaque* es de 238.942,6 ha equivalentes al 29.14% aproximadamente. En términos de área puede representar una pequeña fracción; sin embargo, es preciso tener en cuenta que los impactos sobre el territorio no solo se manifiestan de manera directa, es decir que no son exclusivos de esa área de intervención; sino que también, repercuten indirectamente a nivel global, dado que los ecosistemas estratégicos responden a ciclos que de verse afectados alterarán en cadena todo el ecosistema. Por tanto, dicha proporción podría llegar incluso a triplicarse, considerando que para este caso en particular solo se está teniendo en cuenta el área directa de influencia de la actividad minera.

Esto conlleva a que el área de distribución geográfica del *T. pinchaque* se convierta en parches aislados cada vez con menor superficie, debido a que los ambientes físicos en los cuales se tienen concesiones mineras limitan dicha distribución; lo cual incide en la reducción de los intercambios genéticos entre las poblaciones y el incremento de los niveles de endogamia, aumentando el riesgo de extinción local de la especie (Molles, 2006).

7.6 Áreas protegidas

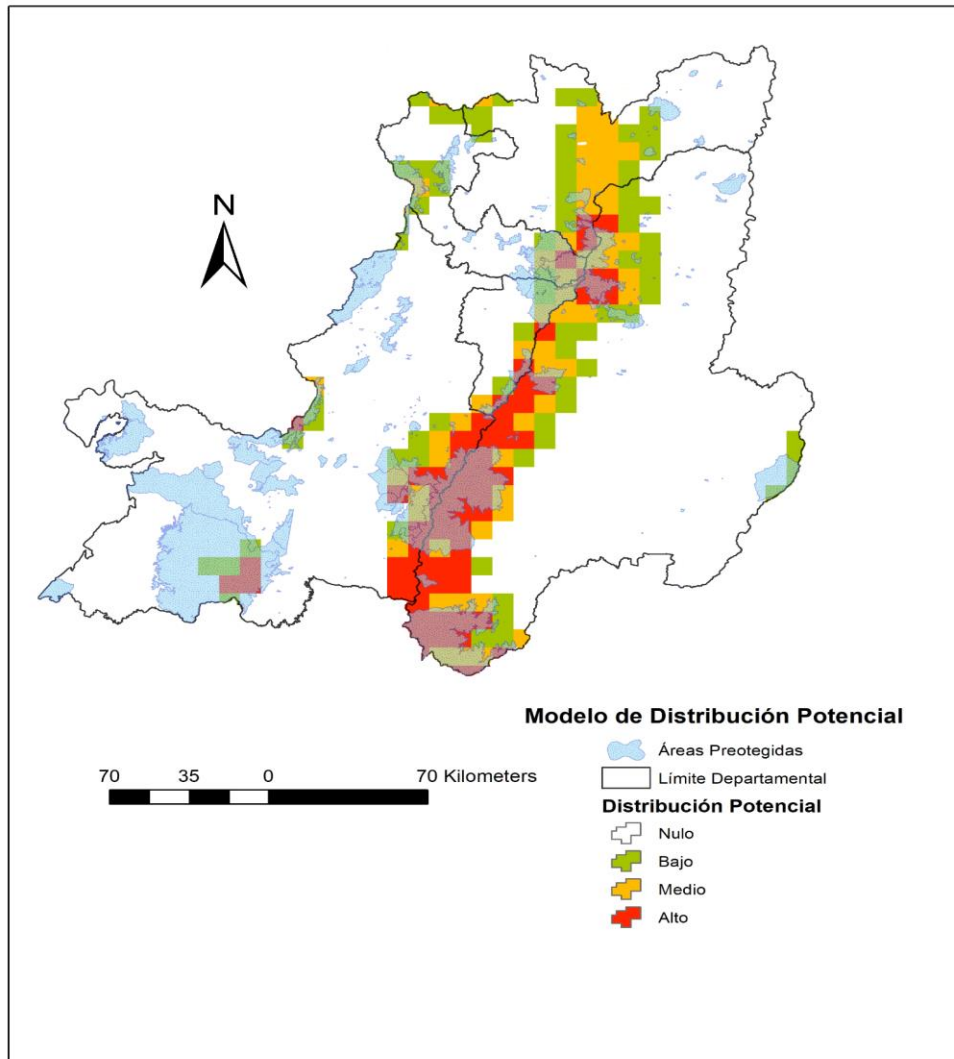


Figura 7. Modelo de distribución potencial del *T. pinchaque* y superposición del Sistema Nacional de Áreas Protegidas recortadas para los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda, Noroccidente del Tolima y Nororiente del Valle del Cauca. Elaboración propia.

Dentro del área de estudio se encuentran 349 áreas protegidas que equivalen a 1.218.606 ha, estas están clasificadas dentro de la categoría de Parques Nacionales Naturales, Reservas Naturales de la Sociedad Civil, Reservas Forestales Protectoras Regionales, Reservas Forestales Protectoras Nacionales, Distritos Regionales de Manejo Integral, Distritos de Conservación de Suelos y

Distribución Potencial del *Tapirus pinchaque*

Santuarios de Fauna y Flora; sin embargo dichas áreas protegidas no abarcan completamente las áreas idóneas para la especie, sólo el 60%, aproximadamente (740.779 ha) albergan mayor superficie de hábitat potencial para el *T. pinchaque*.

Esto quiere decir que las áreas que se encuentran bajo alguna medida de protección ambiental en el eje cafetero siguen siendo declaradas sin tener en cuenta los modelos de distribución de especies de importancia para el ecosistema y que tal vez coinciden con áreas que históricamente han sido zonas de reserva o han sido reconocidas por su amplia diversidad.

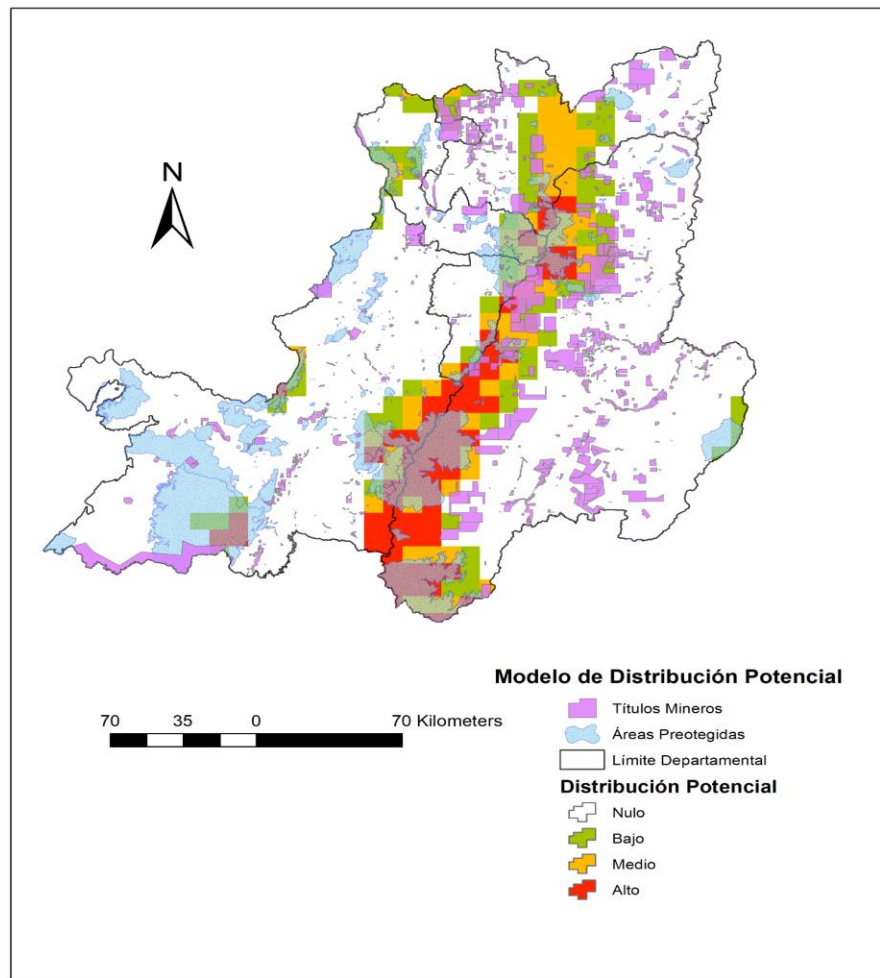


Figura 8. Modelo de distribución potencial del *T. pinchaque* y superposición del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y títulos mineros recortados para los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda, Noroccidente del Tolima y Nororiente del Valle del Cauca. Elaboración propia.

Distribución Potencial del *Tapirus pinchaque*

De acuerdo a la clasificación de Rareza de Molles, 2006, se podría decir que el *T. pinchaque* se encuentra incluido dentro de la categoría de rareza extrema; ya que su rango de distribución está restringido únicamente a los páramos y bosques alto andinos, son sensibles a las transformaciones ambientales de su entorno y sus poblaciones son pequeñas debido a la tardía y escasa tasa de reproducción. Estas especies claramente son las más vulnerables a la extinción.

Es por ello, que las tensiones antrópicas como la minería, la expansión de la frontera agrícola y ganadera, la caza, la deforestación y demás, en el área de nicho ecológico del *Tapir*, responden a un daño ambiental puro, dado que el riesgo de extinción de la especie impacta de manera directa e indirecta sobre los bienes colectivos que conforman el medio y no sobre el patrimonio individual del ser humano. Adicional a esto, es indispensable dar aplicación al principio de precaución, ya que como se mencionaba anteriormente no se cuenta con validación absoluta, fundamentada en estudios científicos en campo que expliquen las ausencias de la especie en el área estudiada (Vanegas, 2002).

8. CONCLUSIONES

- De las 349 áreas protegidas que se tienen en los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda, Noroccidente del Tolima y Nororiente del Valle del Cauca, el Parque Nacional Natural Las Hermosas (125.000 ha), Parque Nacional Natural Nevado del Huila (158.000 ha), Parque Nacional Natural los Nevados (38.000 ha) y Parque Nacional Natural Farallones de Cali (150.000 ha), albergan el 57.4% de la superficie de distribución potencial de la especie. A partir de allí se puede inferir que dichas áreas son establecidas por que históricamente han sido zonas de reserva o han sido reconocidas por su amplia diversidad; sin embargo, no se consideran las especies bioindicadoras para definir sus áreas potenciales de distribución y mantener su conexión a través de corredores ecológicos.
- A pesar de que la superficie de área de títulos mineros que se sobrepone a la distribución potencial del *Tapir*, solo abarca el 29.14% del área idóneo para su distribución, es evidente que su incidencia representa una interrupción de los corredores o posibles rutas de movimiento. Adicional a ello, promueve la disminución de heterogeneidad ambiental, dado que dichas prácticas reducen la variación espacial del territorio.
- La tolerancia a bajas temperaturas es un factor clave asociado con la distribución de la especie, a esto sumado los usos de la tierra que son fundamentales para que la especie pueda sobrevivir.
- Se considera que la idoneidad ambiental del *T. pinchaque* determinada en este trabajo puede proporcionar una base para la toma de decisiones y estrategias de control y prevención de la especie. Adicional a esto, realizar muestreos en las áreas potenciales podría confirmar la presencia de la especie lo que puede ayudar a enriquecer los datos para determinar la categoría de amenaza.

Distribución Potencial del *Tapirus pinchaque*

- El modelo puede llegar a ser mucho más informativo, dado que dicha probabilidad de ocurrencia depende exclusivamente de los datos reales de presencia de la especie. A partir de los resultados de este trabajo se pueden explorar aquellas áreas predichas por el modelo, con el fin de determinar si realmente la especie se encuentra o no en dicho lugar, de esta manera se podrá ampliar su rango de conservación.

Lista de referencias

- Aghón G, Alburquerque F, Cortés P. (2001). *Desarrollo económico local y descentralización en América Latina*. CEPAL. LC/L.1549.
- Agudelo, WJ. & Armenteras, D. (2018). *Cambio Climático en Ecosistemas Andinos de Colombia: Una Revisión de sus Efectos Sobre la Biodiversidad*.
- Ayala HJ, Gómez S, Calencia AJ & Vasquez OY. (2019). *Identificación y Análisis de Impacto de la Actividad Minera y la Explotación Ilícita en los Ecosistemas del Territorio Nacional*. Sentencia T 445.
- Bernal LA. (2015). *El Tapir de Montaña, Análisis de Riesgo y Estrategias para la Conservación de una Especie en Peligro de Extinción*. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales.
- Cobos ME, Peterson AT, Barve N & Osorio L. (2019). *Un Paquete R para el Desarrollo de Modelos de Nicho Ecológico Utilizando MaxEnt*. PeerJ. Vol. 7: e6281
- Congreso de la Republica. (1994). *Ley 165 – Aprobación del Convenio sobre la Diversidad Biológica*.
- Congreso de la Republica. (2001). *Ley 685 - Código de Minas*.
- Congreso de la Republica. (2011). *Ley 1454 – Organización Política administrativa del Territorio Colombiano*.
- Diaz RF. (2019). *Distribución Potencial de las Especies de Ranas de Cristal (ANURA: Centrolenidae) Registradas en el Departamento de Caldas*. Universidad de Caldas. Manizales - Colombia.
- Elith, J. & Leathwick, J.R. 2009. *Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time*. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 40: 677–700.
- Gallagher, R.V., Hughes, L., Leishman, M.R. & Wilson, P.O. 2010. *Predicted impact of exotic vines on an endangered ecological community under future climate change*. Biological Invasions 12: 4049–4063.
- Garay LJ. (2013). *Minería en Colombia: Derechos, Políticas Públicas y Gobernanza*
- González NE. (2014). *La Concesión Minera en Colombia: Un Análisis desde el Marco Normativo y Regulatorio Frente a los Principios de Seguridad y Estabilidad Jurídica*. Universidad Colegio Mayor Nuestra Señora del Rosario – Bogotá.
- Guisan, A. & Thuiller, W. 2005. *Predicting species distribution: offering more than simple habitat models*. Ecology Letters 8: 993–1009.
- Gligo N. (2001). *La dimensión ambiental en el desarrollo de america latina*. CEPAL. LC/G.2110- P. ISBN: 9213218257.
- Instituto Von Humboldt. (2017). *Biodiversidad Colombiana: Números Para Tener en Cuenta*.
- Instituto Von Humboldt. (2019). *Biodiversidad en cifras*.
- Instituto Von Humboldt. (2019). *Evaluación Nacional de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos*.
- Lizcano DJ & Caliever J. (2000). *Densidad Poblacional y Disponibilidad de Hábitat de la Danta de Montaña (Tapirus Pinchaque) en los Andes Centrales de Colombia*. BIOTROPICA 32(1): 165-173.
- Lizcano DJ & Caliever J. (2004). *Características Químicas de Salados y Hábitos Alimenticios de la Danta de Montaña (Tapirus Pinchaque Roulin, 1829) en los Andes Centrales de Colombia*. Mastozoología Neotropical 11(2): 193-201

- Mantilla H., Mosquera F., Trujillo F., Lizcano DJ., Sandoval T., González M & Londoño MC. (2017). *Plan de Manejo para la Conservación de la Danta de Montaña (Tapirus Pinchaque) en el Departamento del Quindío*. Corporación Autónoma del Quindío (CRQ).
- Mapplecroft. (2014). *Índice de Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en la Región de América Latina y el Caribe*. CAF Banco de Desarrollo de América Latina.
- Martínez C. D. (2021). *Cumbres Blancas*. ISBN: 978 – 958 – 53428 – 0 – 4.
- Martínez BG. (2017). *Distribución Potencial de (Oxysternon Conspicillatum Weber, 1801) en Diferentes Escenarios de Cambio Climático en Colombia*. Universidad de Manizales. Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas.
- Ministerio de Minas y Energía. (2011). *Política nacional de seguridad minera*. Dirección de minas. Bogotá D. C.
- Ministerio de minas y energía. (2016). *Decreto 1666 – Clasificación de la Minería y Requisitos*.
- Ministerio de Minas y Energía. (2011). *Decreto 4134 – Creación de la Agencia Nacional de Minería*.
- Ministerio de Minas y Energía. (2006). *Proceso Minero Colombiano*. República de Colombia. Unidad de Planeación Minero energética.
- República de Colombia & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE)*. ISBN: 978-958-8343-71-6.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial & Universidad Nacional de Colombia. (2005). *Programa nacional para la conservación del género Tapirus en Colombia*. Primera edición. Bogotá, D.C.
- Molles MC. (2006). *Distribución y Abundancia de las Poblaciones*. Cap. 9. Pág. 240.
- Mota C, Luévano AE, Ortega HM & Prieto DA. (2019). *Una Breve Introducción a los Modelos de Nicho Ecológico*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Ciudad de México.
- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. LC/G.2681 – P/ Rev.3. ISBN: 978-92-1-058643-6. [Versión PDF], Santiago.
- Olaya V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*. Libro digital.
- Ortega-Andrade, H.M., Rojas-Soto, O. & Pucar, C. 2013. *Novel data on the ecology of Cochranella mache (Anura: Centrolenidae) and the importance of protected areas for this critically endangered glassfrog in the Neotropics*. PLoS ONE 8: e81837
- Ortega HM, Prieto DA, Gómez I, Lizcano DJ. (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.
- Ortiz S. (2020). *Modelado de Conectividad Espacial para el Tapir de Montaña (Tapirus pinchaque) y el Tapir de Zonas Bajas (Tapirus terrestris) en el Magdalena Medio, en Colombia*. Universidad de los Andes. Bogotá D. C, Colombia.
- Pedraza CA. (2005). *Hábitat Idóneo de la Danta de Montaña (Tapirus pinchaque, Roulin 1829) en los Andes Colombianos*. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Biológicas. Bogotá. 46 pp.
- Peterson, A.T., Soberón, J., Pearson, R.G., Anderson, R.P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M. & Bastos, M. 2011. *Ecological niches and geographic distributions*. Princeton University Press, New Jersey. 330 pp.
- Phillips SJ, Dudík M & Schapire RE. (2021). *Software MaxEnt para Modelar Nichos y Distribución de Especies*. [Internet]. Versión 3.4.1.

Distribución Potencial del *Tapirus pinchaque*

- Ramírez F. (2015). *Minería, territorio y conflicto en Colombia*. Memoria y Sociedad. Vol. 19. N°. 39. ISSN: 0122 – 5197.
- Santuario de Fauna y Flora Otún Quimbaya Colombia. (2004). *Taller de Conservación de la Danta de Montaña (Tapirus Pinchaque), Evaluación de Viabilidad Poblacional y del Hábitat (PHVA)*.
- Tavares M., & Miguel C. (2014). *El Desafío de la Sostenibilidad Ambiental en América Latina y el Caribe*. CEPAL. LC/M. 23. ISBN: 978 – 92 – 1 – 057087- 9.
- UICN. (2018). *IUCN Red List of Threatened Species*. Versión 2012.1. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org>. Último ingreso 20 enero 2018.
- Unidad de Planeación Minero Energética - UPME. (s.f). *Censo Minero*.
- Vanegas R. (2002). *Sentencia C - 293*. Bogota, D.C.



Universidad[®]
Católica
de Manizales

VIGILADA MINEDUCACIÓN

*Obra de Iglesia
de la Congregación*



Hermanas de la Caridad
Dominicas de La Presentación
de la Santísima Virgen

Universidad Católica de Manizales
Carrera 23 # 60-63 Av. Santander / Manizales - Colombia
PBX (6)8 93 30 50 - www.ucm.edu.co