



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA

**TÍTULO DE MAGÍSTER EN BIOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN Y
ECOLOGÍA TROPICAL**

**Factores que afectan la abundancia del tapir andino en los Andes del Norte
del Ecuador**

ARTÍCULO ACADÉMICO

AUTOR: Urgilés Verdugo, Carlos Armando

DIRECTOR: Vidal Cisneros, Rodrigo MSc.

LOJA – ECUADOR

2019



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2019

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Magister

Rodrigo Cisneros Vidal

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación denominado: Factores que afectan la abundancia del tapir andino en los Andes del Norte del Ecuador, realizado por Urgilés Verdugo Carlos Armando, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Loja, julio de 2019

Firmado:

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Carlos Armando Urgilés Verdugo, declaro ser autor del presente trabajo de titulación: Factores que afectan la abundancia del tapir andino en los andes del norte del Ecuador, del programa de maestría en Biología de la Conservación y Ecología Tropical, siendo Rodrigo Cisneros Vidal director del presente trabajo; eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

Firmado:

Autor: Carlos Armando Urgilés Verdugo

Cédula: 1714628052

DEDICATORIA

Si bien este estudio ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que me acompañaron en el recorrido laborioso de este trabajo, muchas de las cuales han sido un soporte muy fuerte en momentos difíciles. Deseo dedicar este aporte al conocimiento de la ecología del tapir de montaña, primero a mi esposa Marion, quien me ha apoyado y me sigue apoyando de manera incondicional, con paciencia y amor en mi ausencia de casa por la labor propia del proyecto y, mis estudios en Loja, a mi hijo Liam, quién muestra un enorme amor y curiosidad por el mundo que lo rodea.

También deseo dedicar este estudio, a las personas de las comunidades en las que se realizó, espero que estos resultados, puedan ayudar a tomar decisiones sobre la conservación y manejo del tapir de montaña, los bosques y páramos en los que vive de manera pragmática.

Carlos Urgilés-Verdugo

AGRADECIMIENTOS

Este estudio de investigación se llevó a cabo gracias al apoyo de EcoFondo-Ecuador y Oleoducto de Crudos Pesados OCP-Ecuador. Agradezco al Ministerio de Medio Ambiente de Ecuador (MAE) por la extensión de los permisos de investigación (047-10-IC-FAU / FLO-DPN / MA y 014-IC-FAU / -DPS / MA). Agradezco de manera muy especial a Jorge y Arturo Benavidez y Leopoldo Gómez por su apoyo incondicional y desinteresado en la localidad Los Cedros de la comunidad de Cuyuja, a los guardaparques del MAE: Leopoldo Gómez, Abraham Romero y Ricardo Urcuango, por apoyar nuestro trabajo en el campo. También, a la Fundación para la Supervivencia del Pueblo Cofan (CSF) y sus guardaparques por su apoyo en la comunidad de Monte Olivo, a Norberto Parion y Fabian Ascanta por su apoyo en campo en la comunidad de Oyacachi. Los comentarios de Adrián Escudero, Galo Zapata, Diego Lizcano, Carlos Iván Espinosa, Marion Hiruois y Daniel Griffith, los cuales mejoraron las revisiones iniciales de este manuscrito de manera sustancial.

Finalmente, un agradecimiento especial a mi familia por su apoyo y comprensión en las largas jornadas de ausencia, ya que son ellos quienes me impulsan a seguir en este difícil pero gratificante camino de la investigación y la conservación de nuestra diversidad.

Carlos Urgilés-Verdugo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS	v
TÍTULO-AUTORES.....	1
RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
METODOLOGÍA.....	6
Área de estudio	6
Métodos de muestreo para tapir andino.....	7
Análisis de datos	9
RESULTADOS	11
Densidad de tapir andino.....	11
Variables que afectan la abundancia relativa del tapir andino.....	12
DISCUSIÓN	14
Densidad de tapir andino.....	14
Variables que afectan la abundancia relativa del tapir andino.....	17
Implicaciones para la conservación del tapir andino	18
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19

FIGURAS

- Figura 1** Mapa de área de estudio. Se incluye las dos áreas de estudio: a. Parque Nacional Cayambe Coca, b. Reserva Ecológica Antisana. Los cuadrantes negros indican las localidades de muestreo: 1. Monte Olivo, 2. Oyacachi, 3. Río Cedro, 4. Cuyuja. En la cuadrícula los puntos negros corresponden a cámaras trampa. 7
- Figura 2.** Análisis de sensibilidad de la densidad estimada para tapir andino con base en el parámetro v = rango de movimiento diario: $v = 7$ km (éste estudio); $v = 14.4$ km (Lizcano & Cavellier, 2004); $v = 0.961$ km (Castellanos, 2013); D = Densidad estimada; IC = Intervalos de Confianza (líneas punteadas). La significancia está dada por los IC , si los IC no se solapan es significativo. 12
- Figura 3.** Densidad estimada para tapir andino usando el parámetro v = rango aproximado de movimiento diario: $v = 7$ km estimado por este estudio; D = Densidad estimada; IC = Intervalos de Confianza (líneas punteadas) 16

TABLAS

- Tabla 1** Variables de hábitat y perturbación antrópica medidas en cuatro localidades en los Andes ecuatorianos donde la abundancia del tapir andino fue modelada, set de variables exploratorias, rango de valores de las variables, escala en la que cada variable fue medida y fuente de los datos..... 9
- Tabla 2.** Los siete modelos principales para tapir andino. AbR_{Tp} , abundancia relativa tapir andino; Slope, pendiente; House, distancia más cercana a casas; mm, precipitación media mensual; msnm, elevación; Río, distancia más cercana a fuentes de agua; AbR_{Pc} , Abundancia relativa Puma concolor; Vía, distancia más cercana a vías y caminos. 13
- Tabla 3.** Estimado β coeficientes por el modelo-promedio para la abundancia relativa del tapir andino, MMI modelo. 13
- Tabla 4.** Comparación de la densidad estimada para tapir andino con diferentes metodologías de diseño de muestreo y análisis de datos..... 15

TÍTULO-AUTORES

Factores que afectan la abundancia del tapir andino en los Andes del Norte del Ecuador

Carlos Urgilés-Verdugo^{1,2,3}, Freddy Gallo^{1,3} Randall Borman¹, Rodrigo Cisneros ², Daniel Griffith²

¹ Instituto para la Conservación y Capacitación Ambiental - ICCA, Quito-Ecuador;

² Universidad Técnica Particular de Loja, Departamento de Ciencias biológicas, Loja-Ecuador

³ Comunidad de Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía y en Latinoamérica - ComFauna, Iquitos-Perú

RESUMEN

El tapir andino es una de las especies más amenazada del género *Tapirus*, con poblaciones aisladas por la fragmentación de su hábitat, cacería y una restringida distribución en ecosistemas andinos. Usamos cámaras trampa para comparar la densidad y abundancia relativa del tapir andino en sus dos principales hábitats en el norte de Ecuador. Evaluamos variables de hábitat y perturbación antrópica a escala local y de paisaje que potencialmente afectan su abundancia relativa. La densidad fue estimada con el Modelo de Encuentros Aleatorios (MEA). El efecto relativo de las variables de perturbación en la abundancia relativa del tapir andino se estimó con Multi-Model Inference (MMI). La densidad de tapir andino en bosque montano (23.55 individuos/100km²), fue el doble que en páramo (11.59 individuos/100km²), aunque esta diferencia no fue significativa. La precipitación media mensual, elevación y distancia a caminos y vías tuvieron el mayor efecto sobre la abundancia relativa de la especie. Estas estimaciones permiten determinar variaciones temporales y espaciales que podrían ser significativas para la conservación del tapir andino.

Palabras clave. Abundancia relativa, bosque andino, densidad, fototrampeo, páramo, perturbación antrópica.

ABSTRACT

The mountain tapir is one of the most threatened species of the *Tapirus* genus, with isolated populations due to habitat fragmentation, hunting, and restricted distribution in Andean ecosystems. We estimate the density and relative abundance of mountain tapirs by camera trapping in its two main habitats in the northern Andes of Ecuador, and we evaluate habitat and anthropogenic disturbance variables that potentially affect their relative abundance. Density was analyzed with data obtained from a camera trap through a Random Encounter Model (REM). The effect of variables related to the relative abundance of mountain tapirs was estimated with Multi-Model Inference (MMI). Mountain tapir density was 23.55 individuals/100 km² in montane forest and 11.59 individuals/100 km² in páramo. The variables with the greatest effect on the relative abundance of mountain tapirs were average monthly rainfall; meters above sea level; and distance to roads and paths. In terms of conservation, estimating these parameters allows us to determine temporal and spatial variations that could be significant to generate effective conservation strategies for mountain tapir.

Keywords: relative abundance, Andean forest, density, camera trapping, páramo, anthropogenic disturbance

INTRODUCCIÓN

El tapir andino *T. pinchaque* (Ruolin) es considerado como una especie clave por su amplia dieta herbívora y frugívora (Acosta *et al.*, 1996; Downer, 2001; Lizcano & Cavelier, 2004a; Loo & Reyes, 2011). Su distribución se restringe a los bosques montanos y páramos de Colombia (Acosta *et al.*, 1996), Ecuador (Downer, 1996) y el Norte de Perú (Padilla *et al.*, 2010), cubriendo un rango altitudinal que va de los 2000 a los 4500 m. La escasa información sobre su abundancia y densidad poblacional actual, la reducción en su rango de distribución histórica, que antes consideraba el oeste de Venezuela, país en el cual no se lo registra desde hace 43 años atrás (Acosta *et al.*, 1996; Downer, 1996); el aislamiento de sus poblaciones por la colonización, actividades extractivas, fuerte presión por caza, comercio ilegal de sus partes y la acelerada destrucción y fragmentación de su hábitat; han colocado al tapir andino en peligro de extinción; y ahora constituye la especie más amenazada del género *Tapirus* (Downer, 1997; Lizcano *et al.*, 2016; Padilla *et al.*, 2010). Los hábitats utilizados por el tapir andino han sido alterados desde tiempos pre-Colombinos (Hofstede *et al.*, 2002; de la Torre *et al.*, 2006); pero en las últimas décadas, la degradación y pérdida del hábitat ha puesto en situación de máximo riesgo a esta especie.

Los Andes es la región más densamente poblada del Ecuador, y sus páramos han sido usados desde hace 3000 años para actividades agropecuarias (Hofstede *et al.*, 2002; Baquero *et al.*, 2004). En la actualidad las actividades se han diversificado con minería, construcción de vías, oleoductos, represas, sistemas de drenaje y introducción de plantas exóticas como monocultivos (Hofstede, 2001), causando un notable incremento en la presión de los recursos naturales del páramo (Baquero *et al.*, 2004). Menos de 1000 km² del total de páramo, se encuentra relativamente en buen estado de conservación y, 8000 km² de superficie han sido transformados por intervención humana sobre los 3000 msnm en Ecuador (Hofstede *et al.*, 2002). Esta situación, de pérdida de hábitat masivo, continua con tasas de deforestación en los bosques andinos que alcanzó la cifra de 1.89% entre los años 2005 y 2010, siendo la más alta de la región andina de Sur América (Tejedor-Garavito *et al.*, 2012). Por otro lado los remanentes mejor conservados de vegetación nativa de páramo y bosques montanos se encuentran en la vertiente oriental de la cordillera (de la Torre *et al.*, 2006).

Si bien se han realizado estimas de la densidad poblacional del del tapir andino, dos estudios se realizaron hace 17 años atrás tanto en Ecuador (Downer, 1996) como en Colombia (Acosta *et al.*, 1996), un estudio hace 13 años atrás (Lizcano & Cavelier, 2000b) y el más reciente en Ecuador hace un año (Castellanos, 2013), todos los años se tomaron a partir de la estimación de la densidad de este estudio. Dos estudios con radio collares en páramos de Ecuador reportaron una densidad de tapir andino de 0.17 individuos/km² y 0.29 individuos/km²

respectivamente (Castellanos, 2013; Downer, 1996). Otros dos estudios en Colombia, basados en el análisis de huellas en páramos y bosques montanos, estimaron densidades parecidas, 0.25 individuos/km², 0.18 individuos/km² respectivamente (Acosta *et al.*, 1996; Lizcano & Cavelier, 2000b). Si bien la metodología de radio collares y collares GPS es robusta, implica dificultades logísticas notables y además exige la captura de individuos de tapir andino (Castellanos, 2013; Downer, 1996). Este método es invasivo y generalmente poco eficaz dado que se suelen capturar pocos individuos, obteniendo estimaciones poco representativas para una población. Además es muy costoso (O'Connell *et al.*, 2011). Por otra parte, las estimaciones generadas por registros indirectos, implicando mucho tiempo de campo y personal muy capacitado, son menos robustas que las estimaciones con radio collares o trampas fotográficas (Acosta *et al.*, 1996; Lizcano & Cavelier, 2000b). Las estimaciones fueron realizadas en un solo tipo de hábitat a la vez, o páramo o bosque montano. Esta situación no permite determinar si existen diferencias en la estima de la densidad del tapir andino entre sus principales hábitats. Datos previos sugieren que el tapir andino utiliza el bosque nublado y montano en un 80.3% de su tiempo y el páramo en 19.7% restante (Downer, 1996). Sin embargo existen discrepancias al respecto, dado que otros autores sugieren que el tapir andino usa preferentemente los páramos (Castellanos, 2013).

La acción simultánea de factores como: uso de hábitat diferenciado, interacción negativa con depredadores como el puma *Puma concolor* y el oso de anteojos *Tremarctos ornatus* (Downer, 1996), la relación inversa entre el tamaño promedio de los individuos con su densidad (Damuth, 1981) y, la perturbación antrópica (Acosta *et al.*, 1996) no permiten una estimación homogénea de la densidad del tapir andino. Asimismo estos factores colocan al tapir andino como una de las especies más raras del mundo (Downer, 1997) y con menor densidad poblacional de las tres especies de tapires del Neotrópico (Lizcano & Cavelier, 2000b). Por otro lado, se ha observado que variaciones en la abundancia relativa podrían estar asociadas al tipo de hábitat que usa el tapir andino, interacción negativa con depredadores nativos, animales exóticos introducidos (perros) y la perturbación antrópica (Acosta *et al.*, 1996; Lizcano & Cavelier, 2000a, 2000b, 2004b; Lizcano *et al.*, 2002; Zapata-Ríos & Branch, 2016; Zapata-Ríos & Branch, 2018).

Determinar si existen diferencias significativas en la densidad poblacional del tapir andino entre sus principales hábitats, es algo que no se había realizado anteriormente, y creemos que estas estimas simultáneas relacionan directamente en la forma de conservar estos hábitats. Por otro lado el uso de variables ambientales y de hábitat han sido utilizadas simultáneamente para modelizar la distribución, estado de conservación y ocupación de

ungulados y carnívoros (Jordan et al., 2016; Schank et al., 2017; Zapata-Ríos & Branch, 2018). Para el tapir andino, solo se evaluó el efecto de la variable animales exóticos (perros) en su abundancia (Zapata-Ríos & Branch, 2016). Sin embargo, no se ha evaluado el impacto relativo de múltiples variables a la vez y a diferentes escalas. En este contexto de incertidumbre, estimar la densidad del tapir andino en sus principales hábitats y determinar cuáles son las variables que afectan su abundancia relativa es esencial para la planificación de estrategias de conservación y manejo a largo plazo del tapir andino y los hábitats en los que ocurre.

En este estudio estimamos la densidad poblacional del tapir andino, teniendo en cuenta la variación entre sus dos hábitats principales: bosque andino y páramo; y evaluamos que factores de hábitat y perturbación antrópica afectan la abundancia relativa del tapir andino. Hipotetizamos que la abundancia del tapir andino es mayor en bosque montano que en páramo dado que la productividad y la oferta de recursos nutricionales es mayor en este último hábitat (Downer, 2001; Tejedor-Garavito *et al.*, 2012). También hipotetizamos que factores como: la altitud a nivel del mar, la abundancia relativa de depredadores como el puma y la distancia más cercana a casas y vías, afectan la abundancia relativa del tapir andino de forma negativa.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El estudio se realizó en cuatro localidades de la vertiente nororiental de los Andes tropicales ecuatorianos: Monte-Olivo, Oyacachi y Río Cedro (ubicadas en el Parque Nacional Cayambe-Coca, PNCC), y Cuyuja (en la Reserva Ecológica Antisana, REA) Figura 1. Monte-Olivo y Oyacachi son ecosistemas de páramo, clasificados como herbazal de páramo, mientras Cuyuja y Río Cedro son bosques montanos catalogados como bosque siempreverde montano alto del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013). El ecosistema de páramo es heterogéneo, compuesto por planicies de alta montaña, (páramo herbáceo), páramo de rosetal (almohadillas), páramo de arbustos y páramo de frailejones (Baquero et al., 2004; Tejedor-Garavito et al., 2012; Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013). Los bosques altoandinos están compuestos por bosque de neblina, montano y montano alto (Suárez-Duque, 2008; Tejedor-Garavito et al., 2012; Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013). En cada localidad se seleccionó una parcela de 10 x 10 km (100 km²) con vegetación homogénea de páramo y bosque andino, sin aparentes señales de perturbación antrópica. Las parcelas fueron separadas entre 5 a 10 km, y estas fueron espacialmente independientes (excepto para especies con ámbitos hogareños amplios como el oso de

anteojos y puma). El tamaño de las parcelas respondió a características del ámbito hogareño de las especies que se querían monitorear como: tapir andino, y otras especies que podrían interactuar de forma negativa con él, como oso de anteojos y puma. Las coordenadas geográficas del centroide de cada parcela y su altitud promedio fueron: Monte Olivo ($0^{\circ}20'N$ - $77^{\circ}49'W$ - 3563.08 msnm); Oyacachi ($0^{\circ}13'S$ - $78^{\circ}2'W$ - 3555.28 msnm); Cuyuja ($0^{\circ}28'S$ - $78^{\circ}3'W$ – 2965.78 msnm) y Río Cedro ($0^{\circ}15'S$ - $77^{\circ}54'W$ – 2757.58msnm). La temperatura media mensual en páramo fue de $5.98^{\circ}C$ y en bosque andino fue $9.54^{\circ}C$; la precipitación media mensual durante los meses de muestreo fue: 117.04 mm en páramo y 150.62 mm en bosque. Las localidades de Oyacachi y Cuyuja presentan asentamientos poblados cercanos a una distancia aproximada de 10 km en línea recta al borde de la parcela.

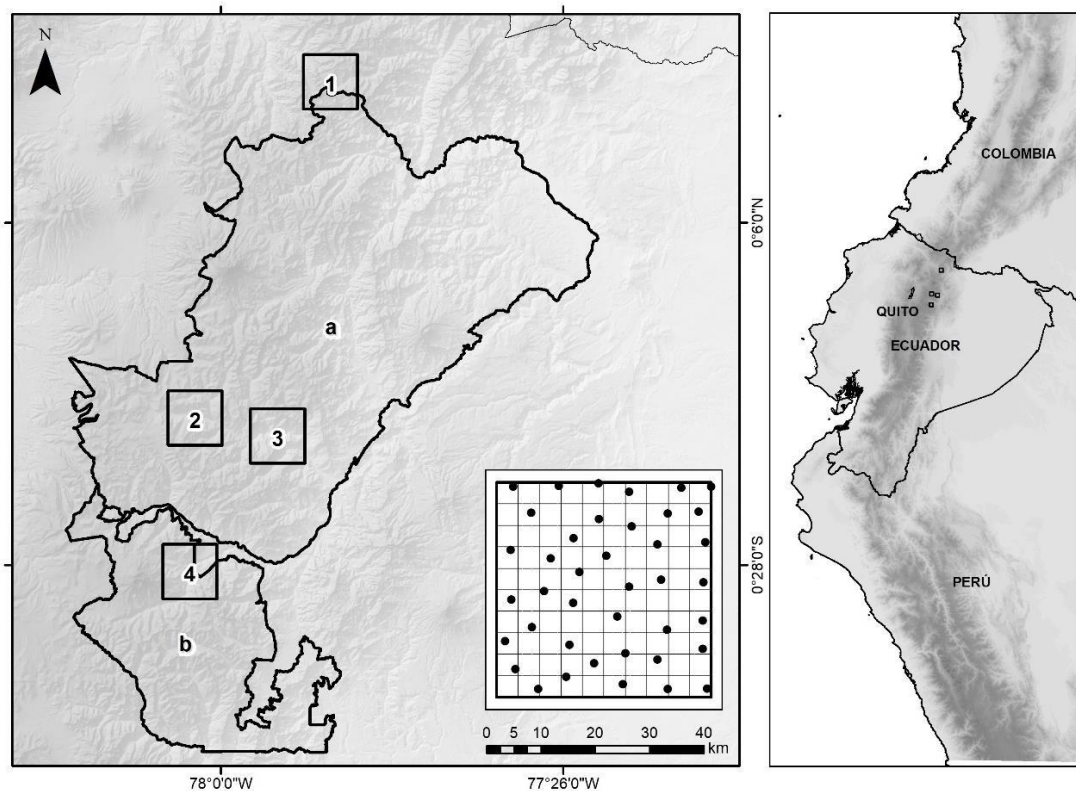


Figura 1 Mapa de área de estudio. Se incluye las dos áreas de estudio: a. Parque Nacional Cayambe Coca, b. Reserva Ecológica Antisana. Los cuadrantes negros indican las localidades de muestreo: 1. Monte Olivo, 2. Oyacachi, 3. Río Cedro, 4. Cuyuja. En la cuadrícula los puntos negros corresponden a cámaras trampa.

Fuente y elaborado por: El autor

Métodos de muestreo para tapir andino

Desde septiembre del 2011 a febrero del 2013, nosotros evaluamos la densidad, abundancia relativa y factores que afectan la abundancia relativa del tapir andino mediante fototrampeo, en cuatro localidades ubicadas al azar en hábitats de páramo y bosque andino. En cada localidad establecimos una cuadrícula de 10 x 10 km, en la que distribuimos al azar 40

estaciones de fototrampeo, compuestas por una cámara trampa (Bushnell Trophy Cam, 119456 C) separadas por al menos 2.5 km de distancia entre ellas. Esta distancia se basó en el ámbito hogareño del tapir andino estimado por Lizcano y Cavelier (2004b). Las cámaras permanecieron en cada localidad durante 51 días en promedio, activas durante 24 horas, y realizaron 3 fotografías por evento de captura a intervalos de 3 minutos. Para minimizar la probabilidad de sobrestimar el total de eventos con base en recaptura incidentales de los mismos individuos, se consideró solo eventos independientes de captura fotográfica con base en los siguientes criterios: a. Fotografías consecutivas de distintos individuos de la misma especie, b. Fotografías no consecutivas de individuos de la misma especie (O'Brien *et al.*, 2003) y c. Fotografías consecutivas de individuos de la misma especie tomadas con al menos 60 minutos de diferencia (O'Brien *et al.*, 2003; Jiménez *et al.*, 2010; Carbajal-Borges *et al.*, 2014; Schank *et al.*, 2017). Nuestro planteamiento es más conservador que el O'Brien *et al.* (2003), quien consideraba exclusivamente, fotografías consecutivas de individuos de la misma especie tomadas con al menos 30 minutos de diferencia.

Para identificar los factores relacionados con la abundancia del tapir andino, desarrollamos una serie de modelos mixtos mediante MMI Multi Model Inference (Burnham & Anderson, 2002), con variables de hábitat y de perturbación antrópica (Tabla 1). Las variables fueron evaluadas a dos escalas: a. escala local: estación de fototrampeo, distancia radial de 20 m desde la cámara trampa y b. escala de paisaje: área total de cada plot de muestreo 100 km² (Tabla 1). Usamos la distancia más cercana a casas, zonas pobladas y vías como variables de perturbación antrópica que podrían afectar negativamente al tapir andino. Estas fueron medidas a escala de paisaje, desde las capas de SIG existentes a escala 1:50.000, al igual que la distancia más cercana a fuentes de agua (Tabla 1). Las Variables de hábitat se midieron a escala local: abundancia relativa de puma y oso se estimaron a partir de datos de cada cámara trampa, con base en la tasa de fotografías (número independiente de fotografías/100 trampas-noche). El puma y el oso se incluyeron en el modelamiento por tener interacción negativa con el tapir andino, dado que son sus potenciales depredadores (Downer, 1996). Las medidas de la temperatura también se obtuvieron de las cámaras trampa. La elevación se midió en campo (Tabla 1). La precipitación media mensual y pendiente se obtuvieron del mapa de ecosistemas del Ecuador (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013), la pendiente tubo tres categorías (Tabla 1). Con base en una imagen espectral LANSAT-8 y el programa ArcGis 10.2 se estimó el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) con un tamaño de pixel de 30 m. Para la estimación se usó las bandas 3-luz visible roja y 4-infrarrojo cercano; la fórmula: banda infrarroja cercana menos banda roja, y el producto se dividió para la banda infrarroja cercana más banda roja. Los resultados del NDVI genera valores que

oscilan entre -1 a 1 para cada pixel de la imagen. Los valores representan el verdor de la vegetación, valores negativos corresponden principalmente a nubes, agua y nieve. Valores cercanos a cero corresponden a rocas y terrenos desnudos o sin vegetación. Valores de 0.2 a 0.3 representan terrenos con arbustos y prados, mientras que valores altos 0.6 a 0.8 indican bosques de zonas templadas y tropicales (Tabla 1). Las variables altamente correlacionadas ($r > 0.5$) se omitieron en el análisis de modelamiento.

Tabla 1 Variables de hábitat y perturbación antrópica medidas en cuatro localidades en los Andes ecuatorianos donde la abundancia del tapir andino fue modelada, set de variables exploratorias, rango de valores de las variables, escala en la que cada variable fue medida y fuente de los datos.

El asterisco muestra las variables usadas en el análisis.

Variable	Abreviatura	Tipo de variable	Rango	Escala ¹	Fuente de datos
Abundancia <i>Puma concolor</i>	AbR_Pc*	Hábitat	0.024 - 0.17 fotografías/100 trampas-noche	E-F	Cámara
Abundancia <i>Tremarctos ornatus</i>	AbR_To	Hábitat	0.024 - 0.12 fotografías/100 trampas-noche	E-F	Cámara
Elevación	msnm*	Hábitat	2757.58 - 3563.08 m	E-F	Medido en campo
Precipitación media mensual	mm*	Hábitat	117.04 - 150.62 mm	E-F	Mapa de ecosistemas de Ecuador (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013)
Temperatura	T	Hábitat	5.98 - 9.54 °C	E-F	Cámara
Pendiente	Slope	Hábitat	tres categorías	E-F	Mapa de ecosistemas de Ecuador (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013)
Índice de vegetación de diferencia normalizada	NDVI*	Hábitat	(-) 1 a 1	E-F	Imagen espectral LANSAT-8
Distancia más cercana a fuentes de agua	Rio*	Hábitat	0.004 - 0.99 km	Paisaje	Instituto Geográfico Militar, 2011, Base escala 1:50.000
Distancia más cercana a casas	House*	Perturbación antrópica	0.44 - 7.97 km	Paisaje	Instituto Geográfico Militar, 2011, Base escala 1:50.000
Distancia más cercana a zonas pobladas	Z_pob*	Perturbación antrópica	1.20 - 12.05 km	Paisaje	Instituto Geográfico Militar, 2011, Base escala 1:50.000
Distancia más cercana a caminos y vías	Vía	Perturbación antrópica	0.57 - 13.91	Paisaje	Instituto Geográfico Militar, 2011, Base escala 1:50.000

¹E-F= Estación de fototrampeo, 20 m de distancia radial de la cámara trampa, Paisaje= 100 km² área de estudio de cada localidad.

Fuente y elaborado por: El autor

Análisis de datos

Estimamos la densidad del tapir andino, mediante el Modelo de Encuentros Aleatorios (MEA Rowcliffe *et al*, 2008). El MEA no requiere la identificación de individuos para estimar la

densidad de poblaciones de fauna silvestre y se basa en tres supuestos: a. El modelo se construye con la tasa de encuentro de individuos que asume mantienen movimientos aleatorios e independientes unos de otros, b. las fotografías representan contactos independientes entre individuos y cámaras, y c. la población es cerrada (Carbone *et al.*, 2005; Hutchinson & Waser, 2007; Manzo *et al.*, 2012; Rovero & Marshall, 2009a; Rowcliffe *et al.*, 2008).

La densidad poblacional (D) se calcula como:

$$D = \frac{y}{t} * \frac{\pi}{vr(2 + \theta)}$$

Donde, y = número de fotografías independientes, t = esfuerzo de muestreo (trampas/noche), v = rango aproximado de movimiento diario de la especie (km), r = distancia de detección (km; Rowcliffe *et al.*, 2011) y θ = arco de detección de la cámara (radianes) .

Estimamos el parámetro (v) rango diario de movimiento del tapir andino con el Modelo Alométrico (MA) propuesto por Carbone *et al.* (2005), el cual realiza una aproximación teórica entre el ámbito hogareño y la disponibilidad de alimento. Este supuesto es usado para comparar la relación entre espacios bidimensionales y tridimensionales usados por los mamíferos (Carbone *et al.*, 2005; Dillon & Kelly, 2005, 2007; Rovero & Marshall, 2009a). Sin embargo, el parámetro (v) rango de movimiento diario presenta incertidumbre con respecto a la estimación de su valor real. Por ello realizamos un análisis de sensibilidad de la densidad, estimando la densidad del tapir andino con base en las estimaciones del parámetro (v) realizadas por (Lizcano & Cavelier, 2004) 14.6 km, (Castellanos, 2013) 0.964 km y el valor estimado por este estudio 7 km, los detalles operativos utilizados para realizar la estimación no se describen aquí porque existen publicaciones específicas para el efecto (e. g. Carbone *et al.*, 2005).

Para identificar la contribución de los factores relacionados a la abundancia relativa del tapir andino, relacionamos variables de hábitat y de perturbación antrópica (Tabla 1) con la técnica de Multi Model Inference (MMI): a. definimos los parámetros del modelo y excluimos aquellos con un coeficiente de correlación $r \geq 0.5$; b. estandarizamos todas las variables continuas a valores z, c. construimos un modelo global con todas las variables predictoras (2^n modelos con n variables predictoras; $n=8$ variables de hábitat e interacción negativa con depredadores y $n=3$ variables de perturbación antrópica); d. construimos modelos mixtos para seleccionar la mejor estructura de los efectos aleatorios mediante el estimador de Máxima Verosimilitud Restringida (REML), de los cuales cada plot de 10x10 km fueron variables aleatorias; e. generamos sub-set de modelos posibles; f. promediamos los mejores modelos basado en el

Criterio de Información de Akaike ($<2AIC$) y Akaike peso (w_i); g. finalmente obtuvimos el peso relativo de cada predictor (w_x). El w_x posee un rango de 0 a 1, donde los valores cercanos a 1 indica la variable con mayor importancia. La dirección y magnitud de los efectos fijos se estimaron mediante el promedio de las estimaciones de los coeficientes de cada modelo, ponderando su AIC peso (w_i) (Burnham & Anderson, 2002). Para explicar el efecto de las variables predictoras sobre la variable respuesta se utilizó la varianza explicada por el mejor modelo promedio. Todos los análisis se realizaron con los paquetes lme4 (Douglas et al, 2017) y MuMIn (Barton, 2013) en R versión 3.5.0 (R Core Team, 2018).

RESULTADOS

Densidad de tapir andino

Entre septiembre del 2011 y febrero del 2013, obtuvimos un esfuerzo de muestreo de: 2027 trampas/noche en bosque andino y 2060 trampas/noche en páramo. Registramos 220 capturas independientes de tapir andino, 179 en bosque andino y 41 en páramo. La densidad poblacional estimada de tapir andino en bosque andino usando el MEA fue 0.24 individuos/km² [IC 95% = 0.16-0.34; $y = 179$; $t = 2027$ trampas-noche; $v = 7$ km; $r = 0.0308$ km; $\Theta = 0.733$ rad; (23.55 individuos/100km²)], y en páramo fue 0.12 individuos/km² [IC 95% = 0.05-0.18; $y = 41$; $t = 2060$ trampas-noche; $v = 7$ km; $r = 0.0141$ km; $\Theta = 0.733$ rad; (11.59 individuos/100km²)]. El análisis de sensibilidad mostro que el incremento del rango de movimiento diario del tapir andino $v \geq 7$; $v = 14$ km no afecta de manera significativa la estimación de la densidad; sin embargo, valores $v < 7$; $v = 0.961$ km produjeron un incremento significativo de la densidad (Figura 2).

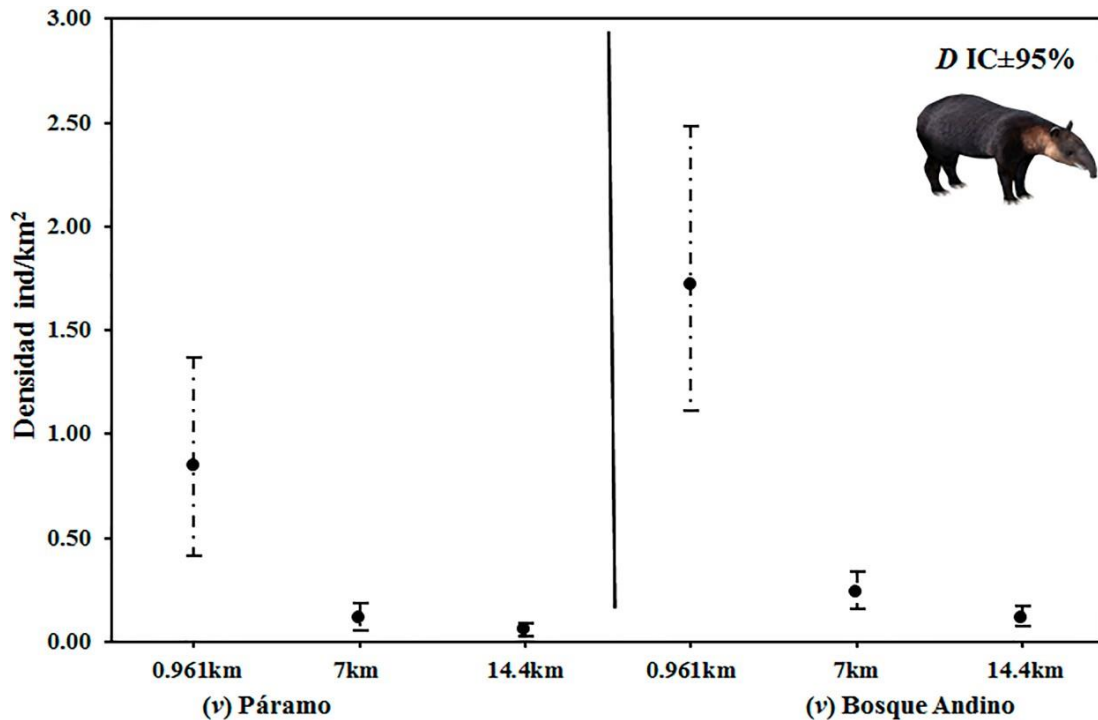


Figura 2. Análisis de sensibilidad de la densidad estimada para tapir andino con base en el parámetro ν = rango de movimiento diario: $\nu = 7$ km (éste estudio); $\nu = 14.4$ km (Lizcano & Cavelier, 2004); $\nu = 0.961$ km (Castellanos, 2013); D = Densidad estimada; IC = Intervalos de Confianza (líneas punteadas). La significancia está dada por los IC, si los IC no se solapan es significativo.
Fuente y elaborado por: El autor

Variables que afectan la abundancia relativa del tapir andino

Generamos 71 modelos para identificar la contribución relativa de los factores relacionados a la abundancia relativa del tapir andino. De estos, siete modelos fueron seleccionados con $<2AIC$ (Tabla 2 **Tabla 1**); los cuales usamos para estimar la importancia relativa de cada co-variable. La varianza explicada por el mejor modelo promedio estimada por IMM para la abundancia relativa del tapir andino fue 27%. De las siete co-variables evaluadas, las que presentaron mayor importancia relativa fueron: la precipitación, elevación y distancia más cercana a caminos y vías $w_x = 1$ para el modelo IMM (Tabla 3). Co-variables con mediana importancia fueron: la pendiente en dos categorías (b= moderada de 9-40% y c= fuerte de $>40\%$) $w_x = 0.59$ y distancia más cercana a casas $w_x = 0.54$. Otros predictores como la distancia más cercana a fuentes de agua y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** la abundancia relativa del puma tuvieron efectos explicativos débiles (Tabla 3). La estimación de los coeficientes por el modelo promedio muestra que, ambos el incremento de la precipitación y la distancia a vías y caminos tiene afectos positivos en la abundancia relativa

del tapir andino. Por otro lado, el incremento de la elevación afecta de manera negativa a la abundancia relativa de tapir andino (Tabla 3).

Tabla 2. Los siete modelos principales para tapir andino. AbR_Tp, abundancia relativa tapir andino; Slope, pendiente; House, distancia más cercana a casas; mm, precipitación media mensual; msnm, elevación; Río, distancia más cercana a fuentes de agua; AbR_Pc, Abundancia relativa *Puma concolor*; Vía, distancia más cercana a vías y caminos.

Modelos	K	df	AICc	AICc Δ	w _i
AbR_Tp~Slope, mm, msnm, Via_km	4	8	643.83	0.00	0.23
AbR_Tp~House_km, mm, msnm, Via_km	4	7	644.23	0.40	0.19
AbR_Tp~House_km, mm, msnm, Rio_km, Via_km	5	8	644.83	1.00	0.14
AbR_Tp~Slope, House_km, mm, msnm, Via_km	5	9	645.06	1.22	0.12
AbR_Tp~Slope, mm, msnm, Rio_km, Via_km	5	9	645.09	1.25	0.12
AbR_Tp~Slope, mm, msnm, R_Pc, Via_km	5	9	645.27	1.43	0.11
AbR_Tp~House_km, mm, msnm, R_Pc, Via_km	5	8	645.78	1.95	0.09

Fuente y elaborado por: El autor

Tabla 3. Estimado β coeficientes por el modelo-promedio para la abundancia relativa del tapir andino, MMI modelo.

Parámetros	Estimado (log)	SE	Pr(> z)	95% IC	w _x
Slope-b	0.296	0.496	0.551	-0.677 1.269	0.59
Slope-c	-0.593	0.586	0.312	-1.741 0.555	0.59
mm	0.932	0.357	0.009	0.233 1.632	1.00
msnm	-0.910	0.387	0.019	-1.669 -0.152	1.00

Vía	1.043	0.384	0.007	0.290	1.795	1.00
House	0.523	0.362	0.148	-0.186	1.232	0.54
Río	-0.331	0.299	0.269	-0.917	0.256	0.26
AbR_Pc	0.248	0.294	0.400	-0.329	0.824	0.20

w_x = Importancia relativa de cada predictor en el IMM. Las abreviaturas se indican en la Tabla 1.

Fuente y elaborado por: El autor

DISCUSIÓN

Densidad de tapir andino

El método de muestreo usado en este estudio para grandes mamíferos (fototrampeo) produjo resultados consistentes con otros estudios de tapir andino realizados en otros países (Acosta et al., 1996; Downer, 1996; Lizcano & Cavelier, 2000b; Castellanos, 2013). Pese a las diferencias metodológicas en el diseño de muestreo utilizado en cada uno de ellos y análisis de datos (Tabla 4), el uso de fototrampeo es una herramienta efectiva para detectar especies raras y esquivas como el tapir andino (O'Connell et al., 2011; Zapata-Ríos & Araguillin, 2013; Botello et al., 2017), y el MEA proporciona resultados similares a los obtenidos con técnicas como la telemetría, que logísticamente es más complicada y costosa de implementar. Nosotros usamos la técnica del MEA debido a que nos permitió estimar la densidad poblacional y abundancia relativa del tapir andino sin la necesidad de identificar individuos por la dificultad que esto representa en nuestra especie (Rowcliffe et al., 2008; Rovero & Marshall, 2009b; Manzo et al., 2012; Carbajal-Borges et al., 2014). Decidimos tomar como base $v = 7$ km para la estimación de la densidad de tapir andino por ser una estimación media entre las distancias estimadas por otros autores Castellanos (2013) y Lizcano y Cavelier (2000b).

Pese a que el bosque andino es considerado un hábitat crítico y con mayor abundancia de tapir andino, por ofrecer mayor cantidad de alimento y refugio que el páramo (Downer, 2001). La densidad estimada para tapir andino en este estudio, no mostró diferencias estadísticamente significativas entre bosque andino y páramo (Figura 3). Consideramos que esto se puede deber a migraciones altitudinales anuales del tapir andino entre bosque andino y páramo causadas por estacionalidad (Acosta et al., 1996; Downer, 1996), no consideradas en este estudio. Sin embargo estudios anteriores realizados en hábitats similares en Ecuador (Downer, 1996) y Colombia (Acosta et al., 1996; Lizcano & Cavelier, 2000b) muestran resultados de densidad del tapir andino similares a los reportados por este estudio. Por otro

lado, un estudio realizado en el páramo de Papallacta-Ecuador reporto la presencia de siete individuos (tres hembras y cuatro machos) en un área de 1442 ha, con una densidad de 0.29 ind./1 km² (Castellanos, 2013). Esta densidad es mayor que la reportada por otros autores y este estudio en páramo (Tabla 4; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Si bien las diferencias metodológicas en el diseño de muestreo, y análisis de datos utilizados en cada uno de ellos, no permiten un análisis exhaustivo de los patrones de la densidad relacionados con el hábitat del tapir andino, creemos que las diferencias en la densidad se deben a las características de las localidades de estudio páramos y bosque andino. Las densidades estimadas por Downer (1996) y Acosta *et al.* (1996) no hacen una diferencia entre hábitats, y consideran el páramo y el bosque andino como una sola área de muestreo. Sin embargo, la densidad de tapir andino obtenida por Lizcano y Cavelier (2000) y este estudio solo en bosque andino son similares a las registradas por Downer (1996) y Acosta *et al.* (1996) (Tabla 4). Estos resultados sugieren un mayor uso de los bosques montanos por el tapir andino (Downer, 1996; Padilla *et al.*, 2010), relacionado a la riqueza y productividad del bosque montano y como este ofrece al tapir andino, recursos alimenticios y protección contra depredadores (Downer, 1997, 2001; Lizcano & Cavelier, 2000b)

Tabla 4. Comparación de la densidad estimada para tapir andino con diferentes metodologías de diseño de muestreo y análisis de datos.

Autor	Downer 1996	Acosta et al. 1996	Lizcano y Cavelier 2000	Castellanos 2013
Tipo de hábitat	Páramo-Bosque	Páramo-Bosque	Bosque	Páramo
Método	Radio collar	Caminos de reconocimiento	Caminos de reconocimiento	Collares GPS
Área en km²	1km ²	1km ²	1km ²	1km ²
D ind/km²	0.17	0.25	0.18	0.29
D ind/km² este estudio/Foto-Trampeo	0.20	0.20	0.24	0.12

D = Densidad, número de individuos por kilómetro cuadrado.

Fuente y elaborado por: El autor

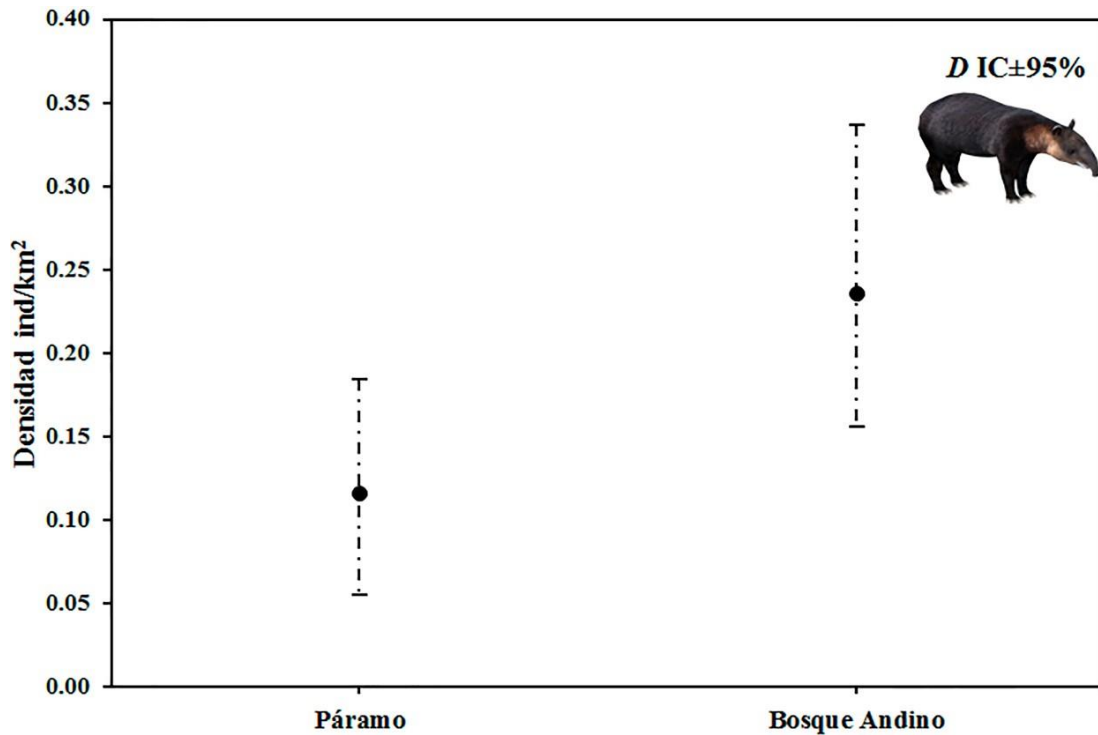


Figura 3. Densidad estimada para tapir andino usando el parámetro v = rango aproximado de movimiento diario: $v = 7$ km estimado por este estudio; D = Densidad estimada; IC = Intervalos de Confianza (líneas punteadas).

Fuente y elaborado por: El autor

El uso del MEA es efectivo (Manzo *et al.*, 2012) para la estimación de la densidad y abundancia relativa del tapir andino. Sin embargo, existe incertidumbre asociado al rango aproximado de movimiento diario de la especie (v ; km) sensible a la estimación de la densidad (Carbajal-Borges *et al.*, 2014). La densidad estimada de tapir andino presentó alta sensibilidad; así, si el parámetro real v fuera menor ($v < 7$ km), incrementa la densidad estimada substancialmente (Figura 2). Este mismo efecto de sensibilidad de la densidad a la disminución de parámetro v es reportado por un estudio realizado con *T. bairdii* (Carbajal-Borges *et al.*, 2014). Este resultado es intuitivo, ya que, al tener un menor rango de movimiento diario, la especie podría ser detectada en las cámaras un mayor número de ocasiones. Sin embargo, el valor real del rango de movimiento diario para el tapir andino sigue siendo un factor de incertidumbre. El valor de 14.4 km/día (Lizcano & Cavelier, 2004b), no es representativo de la población de tapires andinos, este resultado corresponden a un solo individuo de tapir por seis meses de muestreo. A demás, este valor puede variar por el tipo de hábitat, genero, edad del individuo y la estacionalidad (Lizcano & Cavelier, 2004b; Castellanos, 2013). Otros autores obtuvieron estimaciones más robustas del rango medio de

movimiento diario, basadas en radio-tracking y modelo alométrico, con cuatro a catorce individuos muestreados (Rovero & Marshall, 2009a; Manzo *et al.*, 2012). Obtener mejores estimaciones sobre el rango de movimiento diario para el tapir andino permitirá despejar esta duda y mejorar la estimación de su densidad.

Variables que afectan la abundancia relativa del tapir andino

El modelo MMI, mostro que variables como la precipitación media mensual, la altitud y la distancia a caminos y vías son de los factores con mayor peso y efecto relacionados a la abundancia relativa del tapir andino. Estudios realizados en zonas similares de Ecuador, muestran que la presencia de perros, como un efecto antrópico, cambia su patrón de actividad y reduce su abundancia relativa (Zapata-Ríos & Branch, 2016). La presencia de perros es un factor que no evaluamos directamente en este estudio ya que el registro de los mismo fue mínimo. Sin embargo, es probable que los perros estén correlacionados con las carreteras, por lo que los perros pueden representar el mecanismo subyacente que explica la relación negativa entre la abundancia del tapir y las carreteras.

Nuestros resultados determinaron un conjunto de predictores específicos a escala local y de paisaje que afectan la abundancia relativa del tapir andino. A escala local, la mayor precipitación incrementa la abundancia relativa del tapir andino, mientras que a mayor elevación la disminuye. La relación positiva entre precipitación y el incremento de la abundancia relativa se debe probablemente al elevado requerimiento energético del tapir andino (Bermúdez-Loor, Reyes-Puig, 2013), y, a que en la época lluviosa un gran número de especies vegetales de las que se alimenta están disponibles: hojas frescas, plántulas, arbustos, árboles pequeños, frutos, pastos y plántulas acuáticas (Acosta *et al.*, 1996). Es probable que la disminución de la abundancia relativa con el incremento de la elevación, se deba a que los páramos no ofrece al tapir andino sitios “seguros” de protección y refugio contra depredadores, evitando los espacios abiertos (Acosta *et al.*, 1996; Downer, 1996; Padilla *et al.*, 2010). En este contexto el uso promedio de bosque andino versus páramo reportado para el tapir andino es de 6.4%, frente al 28.7% respectivamente (Downer, 1996). Sin embargo, una investigación en una área aledaña a este estudio, reporta que el tapir andino usó el páramo de manera exclusiva pese a las limitaciones de productividad y refugio de este hábitat (Castellanos, 2013).

La pendiente tuvo una importancia media con dos efectos derivados de sus categorías (Tabla 3). Pendientes moderadas, entre 9 a 40% de inclinación permiten una mayor abundancia relativa de tapir andino, mientras pendientes >40% reduce la misma. Este resultado es consistente con lo reportado por Castellanos (2013), en áreas de páramo aledañas a este

estudio en el PNCC y el Parque Nacional Sangay (Padilla *et al.*, 2010) . Si bien no hay un soporte sólido sobre la depredación de las tres especies de tapires existentes en el Neotrópico, es posible que tapir de tierras bajas y tapir centroamericano (*T. terrestris*, *T. bairdii*) tengan como depredador principal al jaguar (*Panthera onca*) (Rodríguez *et al.*, 2014). En el área de distribución de tapir andino sus potenciales depredadores naturales son el oso de anteojos y puma (Downer, 1996; Rodríguez *et al.*, 2014). Se reportó la presencia de pelos de tapir andino en las heces de oso de anteojos y puma, así como cicatrices de garras de las dos especies en individuos capturados (Castellanos, 2011; Downer, 1996). Peyton (1980) documentó la depredación de un tapir andino por oso de anteojos en Perú, Rodríguez *et al.* (2014) registraron en cámara trampa el ataque de un oso de anteojos a un tapir andino adulto. Sin embargo, en este estudio la abundancia relativa del puma como potencial depredador tuvo un efecto explicativo débil (Tabla 3) y la del oso no tuvo ningún efecto. A escala de paisaje la distancia a caminos y vías tiene mayor peso; y su influencia es positiva en la abundancia relativa del tapir andino, al igual que la distancia más cercana a casas con una importancia media (Tabla 3). En términos de perturbación antrópica, es intuitivo que la abundancia relativa del tapir andino sea mayor, mientras incrementa la distancia a caminos, vías y casas, por ser una especie tímida, solitaria y que frecuenta zonas de bosque y páramos en buen estado de conservación (Padilla *et al.*, 2010). Información sobre la probabilidad de detectabilidad es clave en los índices de abundancia absoluta o relativa (Mackenzie & Kendall, 2002). Sin embargo, nuestro objetivo no fue evaluar la ocupación del tapir andino en este modelamiento, y no se consideró el error de detección como una variable aleatoria que denota la probabilidad que un miembro de la densidad estimada aparezca en el conteo (MacKenzie *et al.*, 2006).

Implicaciones para la conservación del tapir andino

Los resultados de este estudio muestran que el tapir andino tiene una clara necesidad de conservación en los Andes ecuatorianos. La densidad estimada por este estudio y por otros autores a lo largo del área de distribución del tapir andino, sugieren que esta especie es naturalmente rara, con densidades poblacionales bajas en comparación con *T. terrestris* y *T. bairdii* (Lizcano & Cavelier, 2000a). En términos de conservación la estimación de la población y parámetros demográficos del tapir andino es clave para su manejo y conservación dentro y fuera de áreas protegidas. En este contexto es necesario realizar evaluaciones periódicas del tamaño poblacional del tapir andino, que permita detectar variaciones significativas, así como una estimación más robusta de su tamaño poblacional a nivel regional y los países en los que se distribuye (Downer, 1996; Lizcano & Cavelier, 2000b).

Nuestros resultados también muestran que las variables explicativas evaluadas a escala de paisaje como distancia a caminos, vías y casas son amenazas importantes que influyen en la abundancia relativa del tapir andino; así como otras amenazas no evaluadas en este estudio,

por ejemplo perros (Zapata-Ríos & Branch, 2016). Por lo tanto, según nuestro hallazgo, identificar los factores críticos que afectan la abundancia relativa del tapir andino, en los pocos remanentes de hábitats nativos continuos que esta especie usa, es clave para hacer una gestión efectiva para su conservación y manejo a mediano y largo plazo.

Los mayores esfuerzos de investigación para el tapir andino se concentraron en el Parque Nacional Sangay hasta el año 2001 (Downer, 1996). Sin embargo, estimar el estado poblacional de tapir andino en áreas donde se pruebe su presencia, e identificar sus principales amenazas pasadas y presentes, son parte de las actividades en las líneas estratégicas para la conservación del tapir andino en Ecuador y la región (Brooks *et al.*, 1997; Tapir Specialist Group-Ecuador, 2011; Achig & Tapia, 2013). Este estudio presenta estimas de la densidad poblacional y abundancia relativa del tapir andino, así como sus principales amenazas en dos áreas protegidas del norte del Ecuador. Los datos de este estudio permitirán actualizar el estado del conocimiento del tapir andino en Ecuador, y actualizar la estrategia nacional para la conservación de los tapires en Ecuador. Permitirá también enfocar esfuerzos de conservación y manejo con base en sus principales amenazas en las áreas en las que fueron detectadas. Optimizar recursos humanos y económicos en la ejecución de más actividades dentro de las líneas estratégicas para la conservación del tapir andino en Ecuador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achig, L., & Tapia, A. (2013). *Recomendaciones al plan de acción de la estrategia nacional para la conservación de los tapires en el Ecuador, con énfasis en el tapir andino*. Quito-Ecuador.
- Acosta, H., Cavelier, J., & Londoño, S. (1996). Aportes al Conocimiento de la Biología de la Danta de Montana, *Tapirus pinchaque*, en los Andes Centrales de Colombia. *Biotropica*, 28(2), 258–266.
- Baquero, F., Sierra, R., Ordóñez, L., & Tipán, M. (2004). La vegetación de los Andes del Ecuador. Quito, Ecuador: EcoCiencia/CESLA/Corporación EcoPar/MAG/SIGAGRO/CDC - Jatun SAcha/División Geográfica - IMG.
- Barton, K. (2013). MuMIn: multi-model inference. R package.
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1–48.
- Bermúdez-Loor, D., Reyes-Puig, J., Tapia, A., & Sandoval, L. (2013). Dieta y hábitos

- alimenticios del tapir andino en tres localidades del corredor ecológico Llanganates-Sangay, Ecuador. In F. Nogales, S. Burneo, P. Moscoso, & D. Tirira (Eds.), *I Congreso Latinoamericano de Tapires y II Congreso Ecuatoriano de Mastozoología* (p. 123). Puyo - Ecuador.
- Bermúdez, D., & Reyes-Puig, J. (2011). Dieta del tapir de montaña (*Tapirus pinchaque*) en tres localidades del corredor ecológico Llangantes – Sangay. *Serie Zoológica*, 10(7), 1–13.
- Botello, F., Romero-Calderón, A. G., Sánchez-Hernández, J., Hernández, O., López-Villegas, G., & Sánchez-Cordero, V. (2017). Densidad poblacional del tapir centroamericano (*Tapirella bairdii*) en bosque mesófilo de montaña en Totontepec Villa de Morelos, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(4), 918–923.
- Brooks, D. M., Bodmer, R. E., & Matola, S. (Eds.). (1997). *Status Survey and Conservation Action Plan Tapirs*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN/SSC Tapir Specialist Group.
- Burnham, K. P., & Anderson, D. J. (2002). *Model Selection and Multimodel Inference*.
- Carbajal-Borges, J. P., Godínez-Gómez, O., & Mendoza, E. (2014). Density, Abundance and Activity Patterns of the Endangered *Tapirus Bairdii* in One of its Last Strongholds in Southern Mexico. *Tropical Conservation Science*, 7(1), 100–114.
- Carbone, C., Cowlshaw, G., Isaac, N. J. B., & Rowcliffe, M. J. (2005). How Far Do Animals Go? Determinants of Day Range in Mammals. *The American Naturalist*, 165(2), 290–297.
- Castellanos, A. (2011). Do Andean Bears Attack Mountain Tapirs? *International Bear News*, 20(4), 41–42.
- Castellanos, A. (2013). Iridium/GPS Telemetry to Study Home Range and population Density of Mountain Tapirs in the Rio Papallacta Watershed, Ecuador. *Tapir Conservation*, 22(31), 20–25.
- Damuth, J. (1981). Population density and body size in animals. *Nature*, 290, 699.
- de la Torre, L., Muriel, P., & Balslev, H. (2006). Etnobotánica en los Andes del Ecuador. *Botánica Económica de Los Andes Centrales*, (July), 247–267.
- Dillon, A., & Kelly, M. J. (2005). Ocelot density and home range in Belize, Central America: Camera-trapping and radio telemetry. *Fisheries and Wildlife Sciences, Master of*, 150.
- Dillon, A., & Kelly, M. J. (2007). Ocelot *Leopardus pardalis* in Belize: the impact of trap spacing and distance moved on density estimates. *Oryx*, 41(04), 469–477.

- Downer, C. C. (1996). The mountain tapir, endangered 'flagship' species of the high Andes. *Oryx*, 30(1), 45–58.
- Downer, C. C. (1997). Un caso de mutualismo en los Andes: observaciones sobre dieta del tapir de montaña. In *Memorias del V Congreso Internacional de Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía y Latinoamérica*. Santa Cruz - Bolivia: Comfauna.
- Downer, C. C. (2001). Observations on the diet and habitat of the mountain tapir (*Tapirus pinchaque*). *Journal of Zoology*, 254(3), 279–291.
- Hofstede, R. (2001). El impacto de las actividades humanas sobre el páramo. *Particularidades, Problemas y Perspectivas*, 161–181.
- Hofstede, R., Coppus, R., Mena Vásconez, P., Segarra, P., Wolf, J., & Sevink, J. (2002). El estado de conservación de los páramos de pajonal en el Ecuador. *Ecotropicos*, 15(1), 3–18.
- Hutchinson, J. M. C., & Waser, P. M. (2007). Use, misuse and extensions of "ideal gas" models of animal encounter. *Biological Reviews*, 82(3), 335–359.
- Jiménez, C. F., Quintana, H., Pacheco, V., Melton, D., & Tello, G. (2010). Camera trap survey of medium and large mammals in a montane rainforest of northern. *Rev. Peru. Biol.*, 17(2), 191–196.
- Jordan, C. A., Schank, C. J., Urquhart, G. R., & Dans, A. J. (2016). Terrestrial mammal occupancy in the context of widespread forest loss and a proposed interoceanic canal in Nicaragua's decreasingly remote south Caribbean region. *PLoS ONE*, 11(3), 1–15.
- Lizcano, D. J., & Cavelier, J. (2000a). Daily and seasonal activity of the mountain tapir (*Tapirus pinchaque*) in the Central Andes of Colombia. *Journal of Zoology*, 252(4), 429–435.
- Lizcano, D. J., & Cavelier, J. (2000b). Densidad Poblacional Y Disponibilidad De Habitat De La Danta De Montana (*Tapirus Pinchaque*) Enlos Andes Centrales De Colombia. *Biotropica*, 32(1), 165–173.
- Lizcano, D. J., & Cavelier, J. (2004a). 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.
- Lizcano, D. J., & Cavelier, J. (2004b). Using GPS collars to study mountain tapirs (*Tapirus pinchaque*) in the central Andes of Colombia. *Tapir Conservation*, 13(2), 18–23.
- Lizcano, D. J., Pizarro, V., Cavelier, J., & Carmona, J. (2002). Geographic distribution and population size of the mountain tapir (*Tapirus pinchaque*) in Colombia. *Journal of*

Biogeography, 29, 7–15.

- Mackenzie, D. I., & Kendall, W. L. (2002). How should detection probability be incorporated into estimates of relative abundance? *Ecology*, *83*(9), 2387–2393.
- MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Pollock, K. H., Bailey, L. L., & Hines, J. E. (2006). *Occupancy Estimation and Modeling. Inferring patterns and dynamics of species occurrence. Wildlife Biology* (Vol. 12).
- Manzo, E., Bartolommei, P., Rowcliffe, M. J., & Cozzolino, R. (2012). Estimation of population density of European pine marten in central Italy using camera trapping. *Acta Theriologica*, *57*(2), 165–172.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.*
- O'Brien, T. G., Kinnaird, M. F., & Wibisono, H. T. (2003). Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation*, *6*(2), 131–139.
- O'Connell, A. F., Nichols, J. D., & Karanth, U. K. (Eds.). (2011). *Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses*. Tokyo Dordrecht Heidelberg London New York: Springer.
- Padilla, M., Dowler, R. C., & Downer, C. C. (2010). Tapirus pinchaque (Perissodactyla: Tapiridae). *Mammalian Species*, *42*(863), 166–182.
- Peyton, B. (1980). Ecology, Distribution, and Food Habits of Spectacled Bears, *Tremarctos ornatus*, in Peru. *Journal of Mammalogy*, *61*(4), 639–652.
- R Core Team. (2018). R.
- Rodriguez, A., Gomez, R., Moreno, A., Cuellar, C., & Lizcano, D. J. (2014). Record of a mountain tapir attacked by an Andean bear on a camera trap. *Tapir Conservation*, *23*(32), 25–26.
- Rovero, F., & Marshall, A. R. (2009a). Camera trapping photographic rate as an index of density in forest ungulates. *Journal of Applied Ecology*, *46*(5), 1011–1017.
- Rovero, F., & Marshall, A. R. (2009b). Camera trapping photographic rate as an index of density in forest ungulates. *Journal of Applied Ecology*, *46*(5), 1011–1017.
- Rowcliffe, J. M., Carbone, C., Kays, R., Kranstauber, B., & Jansen, P. A. (2012). Bias in estimating animal travel distance: The effect of sampling frequency. *Methods in Ecology and Evolution*, *3*(4), 653–662.
- Rowcliffe, M. J., Carbone, C., Jansen, P. A., Kays, R., & Kranstauber, B. (2011). Quantifying

- the sensitivity of camera traps: An adapted distance sampling approach. *Methods in Ecology and Evolution*, 2(5), 464–476.
- Rowcliffe, M. J., Field, J., Turvey, S. T., & Carbone, C. (2008). Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition. *Journal of Applied Ecology*, 45, 1228–1236.
- Schank, C. J., Cove, M. V., Kelly, M. J., Mendoza, E., O’Farrill, G., Reyna-Hurtado, R., Meyer, N., Jordan, C. A., González-Maya, J. F., Lizcano, D. J., Moreno, R., Dobbins, M. T., Montalvo, V., Sáenz-Bolaños, C., Jimenez, E. C., Estrada, N., Cruz Díaz, J. C., Saenz, J., Spínola, M., Carver, A., Fort, J., Nielsen, C. K., Botello, F., Pozo Montuy, G., Rivero, M., de la Torre, J. A., Brenes-Mora, E., Godínez-Gómez, O., Wood, M. A., Gilbert, J., & Miller, J. A. (2017). Using a novel model approach to assess the distribution and conservation status of the endangered Baird’s tapir. *Diversity and Distributions*, 23(12), 1459–1471.
- Suárez-Duque, D. (2008). Formación de un corredor de hábitat de un bosque montano alto en un mosaico de Páramo en el norte del Ecuador. *Ecología Aplicada*, 7, 9–15.
- Tapir Specialist Group-Ecuador. (2011). *Estrategia nacional para la conservación de los tapires (Tapirus spp.) en Ecuador* (Primera Ed). Quito, Ecuador: Grupo Especialistas de Tapires de la UICN.
- Tejedor-Garavito, N., Álvarez, E., Caro, A. S., Murakami, A. A., Blundo, C., Espinoza, B. T. E., La Torre, C. M. A., Gaviria, J., Gutierrez, N., Jorgensen, P. M., León, B., López Camacho, R., Malizia, L., Millán, B., Moraes, M., Pacheco, S., Benayas, R. J. M., Reynel, C., Timaná de la Flor, M., Ulloa Ulloa, C., Vacas Cruz, O., & Newton, A. C. (2012). Evaluación del estado de conservación de los bosques montanos en los Andes tropicales. *Ecosistemas*, 21(1–2), 148–166.
- Zapata-Ríos, G., & Araguillin, E. (2013). Estado de conservación del jaguar y el pecarí de labio blanco en el Ecuador occidental. *Review Biodiversity Neotropical*, 3(1), 21–29.
- Zapata-Ríos, G., & Branch, L. C. (2016). Altered activity patterns and reduced abundance of native mammals in sites with feral dogs in the high Andes. *Biological Conservation*, 193, 9–16.
- Zapata-Ríos, G., & Branch, L. C. (2018). Mammalian carnivore occupancy is inversely related to presence of domestic dogs in the high Andes of Ecuador. *PLOS ONE*, 13(2), 1–17.