

Estimación de la condición corporal del tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) a partir de datos de fototrampeo en la Selva Lacandona, México

Body condition score in Baird's tapir (*Tapirus bairdii*) from camera trapping data in the Lacandon Rain Forest, Mexico

Carlos E. Trillanes¹, Eduardo J. Naranjo^{1*}, Neptalí Ramírez-Marcial¹, Juan C. Pérez-Jiménez²,
José G. Perera-Marín³, Carlos Chávez-Hernández⁴, Fredy Falconi-Briones¹

¹ Departamento de Conservación de la Biodiversidad, El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.

² Departamento de Ciencias de la Sustentabilidad, El Colegio de la Frontera Sur, Lerma, Campeche, México.

³ Departamento de Reproducción, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

⁴ Zoológico Regional Miguel Álvarez del Toro, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

*Autor de correspondencia: enaranjo@ecosur.mx ORCID: 0000-0002-8680-8777

Resumen

Se aplicó una modificación propia del índice de condición corporal, técnica no invasiva, para evaluar las condiciones de salud de tapires (*Tapirus bairdii*) registrados mediante fototrampeo en 2019 y 2020 en sitios conservados de la Reserva de la Biósfera Montes Azules (Rebima) y en dos fragmentos de selva adyacentes (Reservas Ejidales [RE]) con perturbación moderada. En los 40 registros evaluados, los de categoría de condición corporal 3 (regular, $n = 22$, 55%) y 4 (musculoso, $n = 16$, 40%) fueron más frecuentes que los de categoría 2 (delgado, $n = 2$, 5%), 1 (emaciado, $n = 0$, 0%) y 5 (obeso, $n = 0$, 0%). No se encontraron diferencias significativas en las frecuencias de registros entre sitios ni con los de un muestreo previo (2015). Se discute el papel de las RE en el mantenimiento del buen estado de salud de los tapires en la Selva Lacandona y el uso del fototrampeo para evaluar su condición corporal de manera no invasiva.

Palabras clave: Condición corporal; fototrampeo; fragmentación del hábitat; Selva Lacandona; *Tapirus bairdii*.

Abstract

A modified version of the body condition score, a non-invasive technique, was applied to assess the health of Baird's tapirs (*Tapirus bairdii*) through photo-trapping records obtained in 2019-2020 from pristine sites within Montes Azules Biosphere Reserve (MABR) and two nearby rain forest fragments (ejido reserves [ER]) with moderate disturbance. Among the 40 records assessed, those corresponding to body conditions 3 (regular, $n = 22$, 55%) and 4 (strong, $n = 16$, 40%) were more frequent than those of conditions 2 (thin, $n = 2$, 5%), 1 (emaciated, $n = 0$, 0%), and 5 (obese, $n = 0$, 0%). There were no differences in record frequencies between sites, nor were there differences between the records of this study and those from a previous survey (2015) in the study area. The role of RE in maintaining healthy tapirs in the Lacandon Rainforest and the use of photo-trapping to estimate their body condition in a non-invasive way are discussed.

Keywords: Body condition; photo-trapping; habitat fragmentation; Lacandon Rainforest; *Tapirus bairdii*.

Recibido: 30 de mayo de 2023

Aceptado: 05 de octubre de 2023

Publicado: 08 de noviembre de 2023

Cómo citar: Trillanes, C. E., Naranjo, E. J., Ramírez-Marcial, N., Pérez-Jiménez, J. C., Perera-Marín, J. G., Chávez-Hernández, C., & Falconi-Briones, F. (2023). Estimación de la condición corporal del tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) a partir de datos de fototrampeo en la Selva Lacandona, México. *Acta Universitaria* 33, e3890. doi: <http://doi.org/10.15174/au.2023.3890>

Introducción

El tapir centroamericano (*Tapirus = Tapirella bairdii*) es un importante dispersor de semillas en los ecosistemas donde habita (Camargo-Sanabria & Mendoza, 2016). Su distribución abarca desde el sur de México hasta el norte de Colombia. En México, este mamífero se encuentra en peligro de extinción y habita bosques tropicales y de montaña con grandes extensiones en los estados de Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Veracruz y Yucatán (García *et al.*, 2016; Naranjo *et al.*, 2015). Uno de los espacios donde se localizan poblaciones importantes de esta especie en México es la Selva Lacandona en el estado de Chiapas. No obstante, entre 1970 y 1990 la región de la Selva Lacandona perdió gran parte de su cobertura forestal debido al avance de la frontera agrícola fuera de las áreas protegidas (De Jong *et al.*, 2000). Ante dicha tendencia, en 1978 el Gobierno Federal de México decretó la creación de la Reserva de la Biósfera Montes Azules (Rebima: 3312 km²), que actualmente es la mayor área protegida de la región y donde se encuentran las mejores condiciones de hábitat para los tapires (Naranjo, 2018a; Naranjo *et al.*, 2015).

Algunos ejidos en la periferia de la Rebima (e.g., Playón de la Gloria, Chajul, El Pirú, Santa Rita y Galacia, entre otros) establecieron Reservas Ejidales Comunitarias (RE) durante la primera década del presente siglo (Zermeño *et al.*, 2015). Estas áreas contribuyen a proteger la flora y fauna nativas mediante programas de Pago por Servicios Ambientales (PSA) (Pisanty *et al.*, 2016), constituyendo refugios para especies amenazadas fuera de la Rebima. La Rebima y otras áreas protegidas aportan ejemplares nuevos a las poblaciones de ungulados en las zonas agrícolas y en las RE donde son cazados, funcionando probablemente como un sistema de fuente-sumidero (Naranjo & Bodmer, 2007).

Aunque existen indicios de que algunas poblaciones de tapir en la Selva Lacandona presentan signos de recuperación (Naranjo, 2018a), también se ha documentado que la deforestación, la cacería y las enfermedades transmitidas por animales domésticos amenazan su presencia en la región (Cruz, 2006; Naranjo *et al.*, 2015). A la fecha se han realizado muy pocos estudios de salud en los ungulados de la Selva Lacandona (Romero-Castañón *et al.*, 2008) y aún no se ha determinado si a largo plazo las RE son suficientes para albergar poblaciones saludables de tapires que salen de la Rebima en busca de nuevos territorios.

El índice de condición corporal (ICC) (BCS, por sus siglas en inglés) es un método subjetivo para evaluar la grasa corporal almacenada en el cuerpo de animales, el cual se desarrolló primero en ovejas y posteriormente se adaptó para bovinos (Edmonson *et al.*, 1989). Desde entonces se ha utilizado en una gran cantidad de ungulados domésticos y silvestres, ya que es una manera no invasiva de evaluar la salud de los ejemplares y su estado nutricional (Guerrero-Cárdenas *et al.*, 2020). El ICC en estudios de conservación proporciona información predictiva sobre la calidad del hábitat y la reproducción, lo que ayuda a los manejadores de recursos naturales en la toma de decisiones (Stevenson & Woods, 2006).

Clauss *et al.* (2009) establecieron los parámetros de condición corporal para tapires malayos (*Tapirus indicus*) y de tierras bajas (*T. terrestris*). Posteriormente, Pérez-Flores *et al.* (2016) y Pérez-Flores *et al.* (2020) propusieron parámetros y aplicaron una metodología para realizar dicha evaluación en el tapir centroamericano por medio de cámaras-trampa, asignando un puntaje de 1 a 5 para cada una de las seis regiones corporales (cabeza, cuello, hombro, dorso, tórax y pelvis). Estos puntajes se suman hasta obtener un máximo posible de 30, clasificando a cada individuo en una de cinco categorías que van desde "emaciado" a "obeso" (Pérez-Flores *et al.*, 2016, 2020).

La utilización de cámaras trampa permite aplicar esta técnica en animales que son difíciles de observar en la naturaleza. Sin embargo, en condiciones de campo, usualmente no se logran registros que muestren el cuerpo completo de los individuos. En la metodología propuesta por Pérez-Flores *et al.* (2016, 2020), solo se suman los puntajes obtenidos en cada región corporal para determinar el ICC, por lo que en imágenes que no expongan las seis regiones corporales no es posible categorizar de manera confiable a los individuos.

Aplicamos esta metodología con algunas modificaciones (ver descripción en los métodos) a una población de tapires en vida libre, con el objetivo de comparar la condición corporal obtenida mediante fototrampeo en un sitio con escasa perturbación antrópica (Rebima) y en dos sitios con perturbación moderada (RE). Hipotetizamos que los individuos fotografiados dentro de la Rebima tendrían mejor condición corporal que los registrados en las RE. Además, comparamos nuestros resultados con los registros fotográficos de un muestreo previo (2015) realizado por dos de los autores en los mismos sitios. En este caso, esperábamos encontrar ICC similares en los tapires de la Rebima entre periodos de muestreo y mayores en las RE muestreadas en el presente estudio (2019-20) como resultado de la recuperación de los ecosistemas de bosque tropical en dichas áreas durante los últimos años (Naranjo, 2018a; Zermeño *et al.*, 2015).

Materiales y métodos

Área de estudio

La región de la Selva Lacandona, Chiapas, México, tiene un clima cálido húmedo con precipitación y temperatura medias anuales de 2500 mm-3500 mm y 25 °C, respectivamente (Comisión Nacional del Agua [Conagua], 2023). El trabajo de campo se realizó de mayo de 2019 a septiembre de 2020 en tres sitios de la subregión Marqués de Comillas de la Selva Lacandona. El primer sitio se encuentra dentro de la Rebima (sector sureste) y presenta mínima actividad humana. La vegetación se caracteriza por bosque tropical maduro con árboles de más de 20 m de altura, suelo con abundante hojarasca y pocas herbáceas y arbustivas. En el sitio se presentan numerosas lianas, palmas corozos (*Attalea cohune*), árboles de sonzapote (*Licania platypus*), ramón (*Brosimum alicastrum*) y mamey (*Pouteria sapota*), entre otros. En algunas áreas existe bosque sucesional, caracterizado por árboles de 10 m a 20 m, presencia de palmas y abundantes lianas, herbáceas y arbustos (Camargo-Sanabria & Mendoza, 2016; Manzo-Delgado & López-García, 2020).

Los otros dos sitios fueron las RE localizadas en dos fragmentos de bosque tropical contiguo a la Rebima en el margen derecho del Río Lacantún: el primero dentro de los ejidos Playón de la Gloria y Chajul; y el segundo dentro de los ejidos El Pirú, Galacia y Santa Rita (Figura 1). Dichos fragmentos presentan distintos grados de conservación, que van desde el bosque tropical maduro y bosque sucesional hasta vegetación secundaria con árboles de altura menor a 10 m, abundantes lianas y jimbas (*Guadua longifolia*).

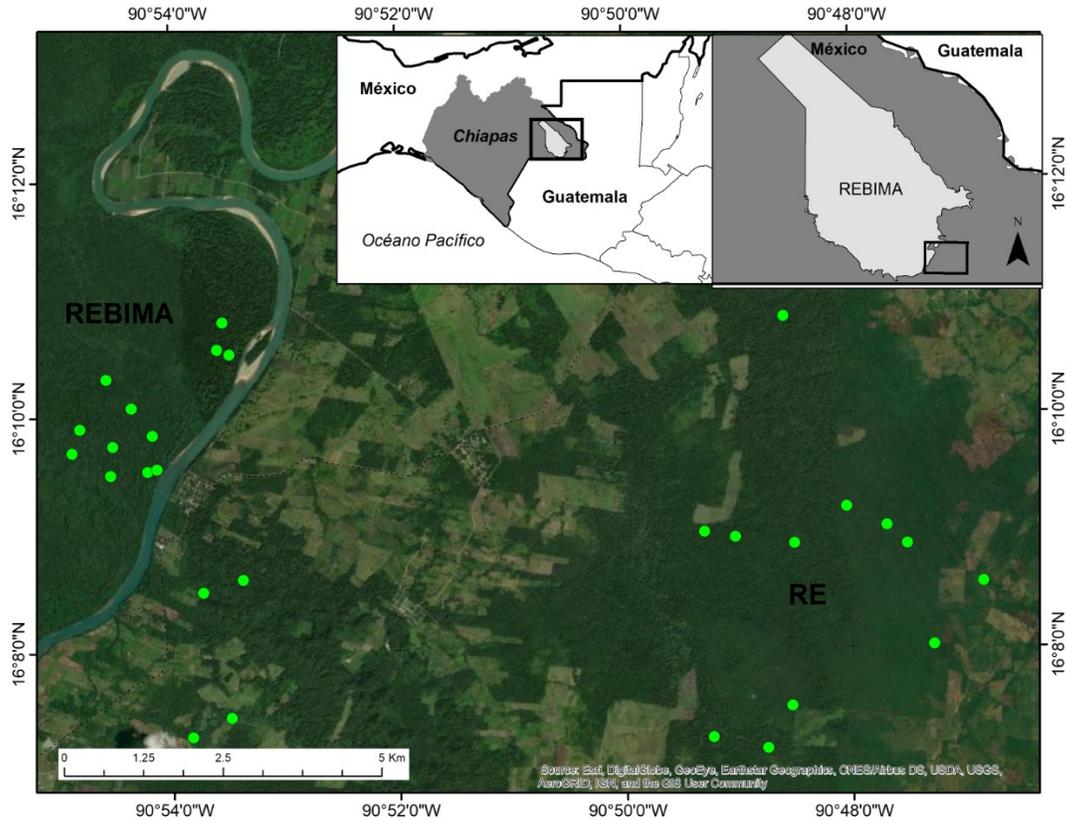


Figura 1. Sitios de colocación de las cámaras trampa en la Reserva de la Biósfera Montes Azules (Rebima) y las Reservas Ejidales (RE) de los ejidos Playón de la Gloria, Chajul, Santa Rita, El Pirú y Galacia en 2015 y 2019-2020.
Fuente: Elaboración propia.

Las RE están rodeadas por una matriz de áreas agrícolas y pastizales delimitadas con alambre de púas, caminos rurales y senderos cortafuegos (Manzo-Delgado & López-García, 2020; March & Flamenco, 1996; Naranjo *et al.*, 2015; Rzedowski, 2006). La zona donde se localizan ambos parches fue afectada por los incendios de 1998, 2003 y 2015 (Manzo-Delgado & López-García, 2020), lo cual fue confirmado por los ejidatarios. Se tuvo particular cuidado de que la distancia entre los tres sitios de muestreo (Rebima y las dos RE) fuera mayor al ámbito hogareño más grande registrado para el tapir centroamericano (1.8 km^2) (Naranjo, 2019) para disminuir la probabilidad de ocurrencia de un mismo individuo en dos o más sitios.

Fototrampeo

Colocamos 12 cámaras-trampa (modelos Moultrie D55 y Cuddeback E3) en el primer sitio (Rebima) y 16 distribuidas en las dos RE, procurando guardar una distancia mínima de 0.6 km entre sí. Las cámaras se sujetaron a los troncos de los árboles a una altura de 50 cm-70 cm del suelo y se programaron para tomar tres fotografías y 20 segundos de video por evento con un tiempo de espera de 10 minutos entre eventos. Las cámaras permanecieron de 30 a 40 días en un mismo punto de cada sitio (Naranjo *et al.*, 2015), sumando un esfuerzo total de muestreo de 2887 días cámara (Rebima: 1797; RE: 1090).

Determinación de la condición corporal

Analizamos visualmente los 40 registros fotográficos independientes (Rebima: 29; RE: 11) (Tabla 1) obtenidos durante 2019-2020. Consideramos como un evento independiente aquel que tuvo al menos 24 horas de diferencia con otros eventos en una misma cámara. En cada fotografía observamos entre una y seis regiones corporales (cabeza, cuello, hombro, dorso, tórax y pelvis) de cada tapir detectado, asignando a cada región visible un puntaje de 1 a 5. Calculamos el índice de condición corporal (ICC) de cada individuo promediando los puntajes obtenidos de las regiones visibles en las fotografías. Con base en los ICC calculados, clasificamos a cada tapir fotografiado en una de las cinco categorías propuestas por Pérez-Flores et al. (2016, 2020), las cuales se describen en la Figura 2.

Categoría 1 (emaciado: 1-1.9): Las estructuras óseas en la cabeza son muy prominentes, la probóscide es ancha y sin grasa, el cuello es marcado y estrecho y la piel floja en la base, las vértebras cervicales son muy aparentes. Las estructuras de la escápula son extremadamente visibles. Las costillas son prominentes, con profundas depresiones entre ellas. En la región dorsal, las apófisis espinosas vertebrales dorsales y transversales son muy prominentes, y el surco a lo largo de la columna vertebral es muy evidente. Los huesos pélvicos son muy prominentes, la base de la cola muy delgada y huesuda, mostrando depresión obvia en la grupa.

Categoría 2 (delgado: 2-2.9): Las estructuras óseas son prominentes en la cabeza, hay presencia de una pequeña cantidad de grasa en la cabeza y probóscide amplia. El cuello es estrecho y la piel floja en la base, con pocos depósitos de grasa. Las vértebras cervicales son aparentes. Las estructuras óseas de la escápula son obvias. Las costillas son visibles en todas partes. En la región dorsal, las apófisis espinosas vertebrales dorsales y transversales son prominentes; hay un surco profundo y evidente a lo largo de la columna vertebral. Los huesos pélvicos son prominentes, la base de la cola ligeramente huesuda y la rabadilla cóncava.

Categoría 3 (regular: 3-3.9): Las estructuras óseas de la cabeza son visibles, hay cantidad moderada de grasa en la cabeza y la probóscide es moderadamente redondeada. El cuello presenta un aspecto regular (ni delgado ni grueso), con cantidad moderada de depósitos de grasa, y vértebras cervicales aparentes. Las estructuras óseas del hombro (ángulos escapular craneal y caudal) son visibles. Hay pocas costillas visibles hacia el abdomen. En la región dorsal, las apófisis espinosas dorsales y transversales son visibles y hay surco visible a lo largo de la columna vertebral. Los huesos pélvicos son visibles, la base de la cola angosta y la rabadilla ligeramente cóncava.

Categoría 4 (musculoso: 4-4.9): Las estructuras del hueso de la cabeza son levemente visibles y la probóscide redondeada. El cuello es grueso, bien musculado, y las vértebras cervicales son discretas. La escápula está cubierta por grasa y músculo. Las costillas no son visibles. En el dorso las apófisis espinosas vertebrales son ligeramente visibles y la columna vertebral ligeramente angular. Los huesos pélvicos son ligeramente visibles, la base de la cola redondeada y la rabadilla aplanada.

Categoría 5 (obeso: 5): Las estructuras óseas de la cabeza (ángulo mandibular, hueso cigomático y nucal crestal) están cubiertas, la cabeza tiene abundante grasa y la probóscide es redondeada. El cuello es grueso, con abundante grasa, redondeado, y las vértebras cervicales no se observan. La escápula no es visible, los hombros son redondeados, y los depósitos detrás del hombro están rellenos de grasa. Las costillas no son visibles y hay una capa de grasa sobre y entre las costillas. Las apófisis de las vértebras están cubiertas en el dorso, y la columna vertebral es redondeada. Los huesos están cubiertos y redondeados, la base de la cola redondeada (abultada), la piel distendida y la grupa bien redondeada.



Figura 2. Ejemplos de condición corporal de tapires centroamericanos. (a) 1.0-1.9, (b) 2.0-2.9, (c) 3.0-3.9, (d) 4.0-4.9, (e) 5.0. Imágenes a y b tomadas y adaptadas de Gómez-Lucio et al. (2015).
Fuente: Elaboración propia.

Para tener un punto de comparación en el tiempo, con los mismos criterios se analizaron imágenes de un muestreo previo realizado por dos de los autores en los mismos sitios de muestreo entre febrero y noviembre de 2015 ($n = 14$; 6452 días cámara). Salvo dos casos (uno en 2019-2020 y otro en 2015), cada registro fotográfico correspondió a un solo individuo. Se excluyeron del análisis dos registros en los que la calidad de la fotografía o el video no permitieron determinar la condición corporal de los tapires.

Análisis estadístico

Los índices de condición corporal se dividieron en grupos considerando dos variables: sitio de muestreo y periodos de muestreo. En el primer caso, todos los ICC obtenidos en la Rebima ($n = 29$) durante el muestreo de 2019-2020 se consideraron como un grupo, y todos los ICC de las RE de Chajul, Playón de la Gloria, Galacia y El Pirú ($n = 11$) se consideraron como otro grupo independiente. Como en el muestreo de 2019-2020 no se registraron individuos de condición corporal 1 y 5, y sólo se fotografiaron dos individuos de condición corporal 2 (uno en cada sitio), entonces sólo se tomaron en cuenta los grupos de condición corporal 3 y 4 para realizar la comparación entre ambos sitios (Tabla 1). Para ello, las frecuencias se registraron en una tabla de contingencia de 2×2 , en la cual las columnas fueron los sitios de muestreo (Rebima y RE) y las filas fueron las frecuencias de condición corporal (categoría 3: Rebima = 16 y RE = 6; categoría 4: Rebima = 12 y RE = 4). Posteriormente, se realizó una prueba de independencia para comparar las proporciones entre las frecuencias de condición corporal 3 y 4 de ambos sitios (Christensen, 2020; Durán et al., 2005; Zar, 2010).

En el segundo caso, se compararon las frecuencias de condición corporal entre periodos de tiempo. Se consideraron las frecuencias de ambos sitios como un solo grupo independiente en cada temporada de muestreo (2019-20 y 2015). Como en la categoría de condición corporal 1 no se obtuvieron registros fotográficos en ambos muestreos, en la categoría 2 sólo se registraron dos ejemplares en ambos periodos, y de la categoría 5 sólo se registró un tapir en 2015; solamente se utilizaron los registros de condiciones corporales 3 y 4 para hacer la comparación estadística entre ambos periodos de tiempo (Tabla 1). Dichos registros se ordenaron en otra tabla de contingencia de 2x2, en la que las columnas representaron los periodos de muestreo (2019-20 y 2015) y las filas significaron las frecuencias de condición corporal (categoría 3: 2019-20 = 22 y 2015 = 8; categoría 4: 2019-2020 = 16 y 2015 = 3). Posteriormente se realizó otra prueba de independencia para comparar las proporciones entre las frecuencias de condición corporal entre ambos periodos de muestreo (Christensen, 2020; Durán *et al.*, 2005; Zar, 2010). Para evaluar posibles diferencias en la condición corporal de los tapires entre sitios y periodos de muestreo, los ICC de los individuos de la Rebima y las RE en ambos muestreos se consideraron como muestras independientes (Rebima 2015: $n = 7$; RE 2015: $n = 7$; Rebima 2019-2020: $n = 29$; RE 2019-2020: $n = 11$) y se analizaron mediante una prueba de Kruskal-Wallis, seguida de una prueba post-hoc múltiple de Dunn (Christensen, 2020; Durán *et al.*, 2005; Zar, 2010). Las comparaciones se realizaron en el programa Statistica 10 (StatSoft, 2011).

Resultados

De los 40 registros fotográficos de tapires obtenidos en el muestreo de 2019-2020, la mayoría fueron de la Rebima ($n = 29$) y poco menos de la mitad ($n = 11$) de las RE. Las categorías de condición corporal 3 (regular) y 4 (musculoso) fueron las que más registros fotográficos tuvieron, y durante el muestreo de 2015 ($n = 14$) la categoría de condición corporal más frecuente fue la 3 (Tabla 1). Del total de registros, en dos se observaron las seis regiones corporales antes citadas, en cuatro registros se observaron cinco regiones, en cinco registros se observaron cuatro regiones, en nueve registros se visualizaron tres regiones, en 12 registros se detectaron dos regiones, y en ocho registros se observó una sola región corporal (Tabla 1).

Tabla 1. Frecuencias de condición corporal del tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) estimadas a partir de registros fotográficos en la Selva Lacandona, Chiapas, México (2015-2020).

Categoría	Rebima 2015 (2909 d-c)*	Rebima 2019-2020 (1797 d-c)*	RE 2015 (3543 d-c)*	RE 2019-2020 (1090 d-c)*
1. Emaciado	0	0	0	0
2. Delgado	0	1 (3%)	2 (29%)	1 (9%)
3. Regular	3 (43%)	16 (55%)	5 (71%)	6 (55%)
4. Musculoso	3 (43%)	12 (41%)	0	4 (36%)
5. Obeso	1 (14%)	0	0	0
Total	7	29	7	11
Promedio**	3.9 ± 0.61 DE	3.8 ± 0.42 DE	3.1 ± 0.58 DE	3.6 ± 0.57 DE

Nota. Rebima: Reserva de la Biósfera Montes Azules; RE: Reservas Ejidales; DE: desviación estándar; *Esfuerzo de muestreo en días-cámara (d-c); **Promedio general del índice de condición corporal (ICC). Categorías de condición corporal adaptadas de Pérez-Flores *et al.* (2016, 2020).
Fuente: Elaboración propia.

En la Rebima, en 2019-2020 no se detectaron individuos de condición corporal 1 (emaciado), solamente se detectó un individuo de condición corporal 2 (delgado, 3%), 16 de condición corporal 3 (regular, 55%), 12 de condición corporal 4 (musculoso, 41%) y no se registraron individuos de condición corporal 5 (obeso). En las RE, en 2019-2020 tampoco se detectaron individuos de condición corporal 1, sólo se detectó uno de condición corporal 2 (9%), seis de condición corporal 3 (55%) y cuatro de condición corporal 4 (36%). No se encontraron diferencias significativas entre las frecuencias de condición corporal 3 (Rebima: $n = 16$, 42.1%; RE: $n = 6$, 15.7%) y 4 (Rebima: $n = 12$, 31.5%; RE: $n = 4$, 10.5%) entre sitios en el muestro de 2019-2020 ($\chi^2 = 0.02$, $gl = 1$, $p = 0.87$).

Para los registros de 2015, en las RE sólo se detectó un individuo de condición corporal 2 (29%), cinco de condición corporal 3 (71%) y no se obtuvieron registros de tapires con condición corporal 1, 4 y 5. En la Rebima, en el mismo periodo, sólo se registraron tres individuos de condición corporal 3 (43%), tres de condición corporal 4 (43%) y uno de condición corporal 5 (14%). No se obtuvieron registros de individuos con condición corporal 1 y 2. Cuando se compararon los registros de 2019-2020 contra los de 2015, no se detectaron diferencias significativas entre las frecuencias de condición corporal 3 (2019-2020: $n = 22$, 44.8%; 2015: $n = 8$, 16.3%) y 4 (2019-2020: $n = 16$, 32.6%; 2015: $n = 3$, 6.1%) entre ambos muestreos ($\chi^2 = 0.79$, $gl = 1$, $p = 0.37$). Sin embargo, se encontraron mayores valores de los ICC en la Rebima 2019-2020 que en las RE 2015 ($H_{3,54} = 9.11$, $p = 0.02$) (Tabla 1).

Discusión

ICC del tapir en la Selva Lacandona

De acuerdo con nuestra hipótesis, esperábamos que los tapires de la Rebima, al estar en una zona con muy escasa perturbación antrópica, tendrían mayores ICC que aquellos de las RE durante el muestreo de 2019-2020. De igual manera, suponíamos que los tapires en 2019-2020 presentarían mayor ICC que los registrados en 2015 como reflejo probable de un mejor estado nutricional debido a la recuperación reciente de selvas degradadas en el área de estudio. Sin embargo, las frecuencias de condición corporal 3 y 4 en los tapires no variaron significativamente entre sitios ni entre periodos de muestreo.

La ausencia de diferencias entre sitios podría deberse en parte a una disminución en la presión de cacería como resultado de cambios en el estilo de vida de los ejidatarios de la región (las nuevas generaciones están menos interesadas en la caza y en actividades en ambientes naturales en general) (Naranjo, 2018b) y también a que la calidad del hábitat (e.g., alimento disponible) y la conectividad para el desplazamiento de los tapires dentro y entre las RE y la Rebima se ha incrementado con el tiempo como producto de la sucesión ecológica (Zermeño-Hernández *et al.*, 2015).

Una explicación alterna consistiría en que la calidad del hábitat en las RE no haya mejorado sustancialmente, pero que los tapires estén utilizando mejor los recursos disponibles para alimentarse. Por ejemplo, ante la escasez evidente de árboles frutales nativos útiles en las RE, los tapires incursionan en las zonas agrícolas vecinas para consumir maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*), entre otras plantas. Durante la realización de este estudio, en el ejido Playón de la Gloria se encontró evidencia de lo anterior, lo que resultó en la caza de dos tapires (uno en 2019 y otro en 2020), situación análoga a la registrada por Serrano-Mac-Gregor *et al.* (2021) en Calakmul & Dunn *et al.* (2012) en Honduras. El consumo de cultivos habría facilitado que los tapires habitantes de la RE mejoraran su condición corporal reflejada en ICC similares a los de la Rebima y que además tuvieran éxito reproductivo (la presencia de huellas de adultos y crías observadas durante el trabajo de campo sugiere esa posibilidad).

La diferencia en el ICC de los tapires registrados en las RE en 2015 con relación a la Rebima en 2019-2020 podría estar relacionada con los distintos tamaños de muestra (Rebima 2019-2020: $n = 29$; RE 2015: $n = 7$) y esfuerzos de muestreo entre ambos periodos y sitios (Rebima 2019-2020: 1797 días-cámara; RE 2015: 3543 días-cámara) (Tabla 1). Sin embargo, en este estudio no tuvimos evidencia de lo anterior y sugerimos explorar esta posibilidad en futuras investigaciones con tapires. Por otra parte, consideramos que la probabilidad de que dicha diferencia entre periodos de muestreo estuviera relacionada con variaciones climatológicas es baja, dado que los registros oficiales de los promedios de temperatura y precipitación de 2015 y 2020 muestran gran similitud (Conagua, 2023). No obstante, en futuros estudios sugerimos aplicar esfuerzos de muestreo más equitativos y tomar en cuenta estas y otras covariables ambientales y antrópicas que podrían estar asociadas con los registros de condición corporal de los tapires y otras especies en el área de estudio.

Aplicación del ICC en campo

Pérez-Flores *et al.* (2016, 2020) propusieron asignar un puntaje de 1 a 5 a cada región corporal observada en fotografías de cuerpo entero y sumar los puntos de cada una, obteniendo un valor de ICC entre 6 y 30. De acuerdo con el intervalo en que se sitúe el ICC, se le asigna una categoría de condición corporal. Sin embargo, cuando se trabaja con poblaciones silvestres de tapires, es difícil que en un registro fotográfico se observen las seis regiones corporales (cabeza, cuello, hombro, dorso, tórax y pelvis), lo que limita notablemente el tamaño de la muestra y dificulta la aplicación de este sistema de puntaje en condiciones de campo. En el presente estudio, sólo en dos de los 40 registros fotográficos de 2019-2020 se observaron las seis regiones corporales. En general, el promedio de regiones corporales observadas por registro fotográfico fue de 2.8. Debido a lo anterior, en el presente estudio se aplicó una modificación en el cálculo del ICC promediando los valores de las regiones corporales visibles en las fotografías (que no siempre fueron las seis), en vez de solamente considerar las imágenes de cuerpo completo y sumar sus puntajes como en el método original de Pérez-Flores *et al.* (2016, 2020). Por otra parte, el hecho de obtener un promedio de las regiones observadas permite flexibilizar la aplicación de esta técnica, incluyendo fotografías donde no se observa el cuerpo entero del animal, lo cual es muy frecuente en estudios con fototrampeo. De esta manera, puede aumentarse el tamaño de muestra y disminuir el margen de error en la evaluación de cada individuo, ya que la determinación de la condición corporal es un proceso subjetivo.

Durante el trabajo de campo también se detectaron dos dificultades principales para obtener registros fotográficos útiles para la determinación del ICC. En primer lugar, cuando los tapires se desplazaban rápidamente frente a la cámara, las imágenes obtenidas aparecían borrosas, por lo que no fue posible determinar la condición corporal en dos casos. En segundo lugar, cuando las cámaras trampa se colocaban muy cerca del sendero o a una altura de 50 cm-70 cm del piso, era más probable que los registros fotográficos fueran menos precisos o no fueran útiles para la determinación del ICC debido a que los tapires son grandes y su cercanía a la cámara no favorece la posibilidad de que las regiones corporales captadas en las imágenes estén completas, o en su defecto, que se observe una sola región corporal, haciendo menos preciso el cálculo del ICC.

Tomando en cuenta lo anterior, consideramos que las siguientes recomendaciones pueden ser útiles para la aplicación del ICC mediante fototrampeo en condiciones de campo: (1) No colocar las cámaras directamente sobre los senderos que los tapires utilizan en el bosque, sino a una distancia de 5 m a 10 m de estos. (2) Posicionar la cámara a una altura mínima de 1 m del suelo y con una inclinación que permita enfocar el sendero. Estos dos puntos favorecen que el cuerpo del tapir se fotografíe completo o en su defecto que se registren una mayor cantidad de regiones corporales. (3) De ser posible, programar la cámara para que tome tres fotografías sucesivas y también videos de 10 a 20 segundos. La combinación de fotografías y videos permite lograr mayor objetividad al analizar las imágenes. En el presente estudio, la utilización de ambos recursos facilitó decidir cuál valor asignar a cada región corporal registrada. (4) Utilizar dos cámaras en cada estación de muestreo. Si bien algunos trabajos han logrado determinar el ICC utilizando tres regiones corporales (Guerrero-Cárdenas *et al.*, 2020), el tener varios registros de un mismo evento fotográfico podría ayudar a que el ICC sea más preciso. (5) Realizar futuras evaluaciones de condición corporal aplicando simultáneamente el método original y el modificado en este estudio, comparando los resultados obtenidos entre ambos.

Calidad del hábitat en las RE

En general, los tapires centroamericanos prefieren hábitats con grandes extensiones de bosque tropical maduro y cuerpos de agua permanentes, utilizando con menor frecuencia los hábitats con intensa presencia humana (Naranjo 2018a, 2019; Naranjo *et al.*, 2015; Tejeda-Cruz *et al.*, 2009). En estudios previos en la zona suroeste de la Rebima, Tejeda-Cruz *et al.* (2009) recomendaron medidas de protección del hábitat para preservar al tapir y otros ungulados silvestres. En este sentido, las RE del área de estudio han permitido conservar algunos fragmentos importantes de selva donde los tapires pueden refugiarse, sobrevivir y probablemente reproducirse.

La supervivencia de los ungulados y en particular de los individuos jóvenes depende de factores tales como sus valores sanguíneos, peso al nacimiento (reflejo de la condición corporal), experiencia de las madres y factores ambientales como la calidad del hábitat, densidad y tipo de depredadores (Barber-Meyer & Mech, 2008), de ahí la importancia de continuar el monitoreo de la condición corporal de los tapires en las RE y realizar futuros estudios fenológicos, botánicos y poblacionales para evaluar la disponibilidad y calidad de alimento potencial para los tapires. Una mayor disponibilidad de alimento para los tapires dentro de las RE no solo contribuiría a reducir el riesgo de depredación de cultivos (Serrano-Mac-Gregor *et al.*, 2021), sino que también favorecería un posible incremento en la abundancia de estos mamíferos fuera de la Rebima.

Conclusiones

Los índices de condición corporal calculados con las modificaciones propuestas en este estudio permitieron estimar de una manera no invasiva las condiciones de salud de los tapires en sitios conservados y perturbados de la Selva Lacandona, Chiapas, México. Las frecuencias de individuos de tapir centroamericano que presentaron condiciones corporales 3 y 4 dentro de las RE no fueron significativamente distintas a las de la Rebima. Dichas frecuencias tampoco variaron apreciablemente entre los dos periodos de muestreo, aunque podrían haber sido diferentes de haber obtenido mayores tamaños de muestra con esfuerzos de muestreo más parecidos. En el presente estudio se encontró evidencia de que los tapires en la región de la Selva Lacandona consumen cultivos (maíz y frijol) y esto puede ser fuente de posibles conflictos con los agricultores. Para mitigar este problema podrían promoverse programas de apoyo económico (e.g., pagos por servicios ambientales) y comunicación ambiental que compensen parcialmente las pérdidas. Las RE han permitido que algunos tapires se refugien y sobrevivan fuera de la Rebima con un ICC semejante a los que habitan en ella, lo que significaría una alternativa para aumentar la viabilidad de sus poblaciones a largo plazo en el área de estudio.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Referencias

- Barber-Meyer, S. M., & Mech, L. D. (2008). Factors influencing predation on juvenile ungulates and natural selection implications. *Wildlife Biology in Practice*, 4(1), 8–29. <https://doi.org/10.2461/wbp.2008.4.2>
- Camargo-Sanabria, A. A., & Mendoza, E. (2016). Interactions between terrestrial mammals and the fruits of two neotropical rainforest tree species. *Acta Oecologica*, 73, 45–52. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2016.02.005>
- Christensen, H. B. (2020). *Estadística paso a paso* (3a ed.). Trillas.
- Clauss, M., Wilkins, T., Hartley, A., & Hatt, J. M. (2009). Diet composition, food intake, body condition, and fecal consistency in captive tapires (*Tapirus* spp.) in UK collections. *Zoo Biology*, 28(4), 279–291. <https://doi.org/10.1002/zoo.20225>
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2023). *Normales climatológicas por Estado: Estación Meteorológica Lacantún, Ocosingo, Chiapas 1991-2020*. <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=chis>
- Cruz, E., Lira, I., Güiris, D. M., Osorio, D., & Quintero, M. T. (2006). Parásitos del tapir centroamericano *Tapirus bairdii* (Perissodactyla: Tapiridae) en Chiapas, México. *Revista de Biología Tropical*, 54(2), 445–450. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442006000200021
- De Jong, B. H. J., Ochoa-Gaona, S., Castillo-Santiago, M. A., Ramírez-Marcial, N., & Cairns, M. A. (2000). Carbon flux and patterns of land-use/land-cover change in the Selva Lacandona, Mexico. *Ambio*, 29(8), 504–511. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-29.8.504>
- Dunn, M., Estrada, N., & Smith, D. A. (2012). The coexistence of Baird's tapir (*Tapirus bairdii*) and indigenous hunters in northeastern Honduras. *Integrative Zoology*, 7(4), 429–438. <https://doi.org/10.1111/j.1749-4877.2012.00322.x>
- Durán, A., Cisneros, A., & Vargas, A. (2005). *Bioestadística* (2a ed.). Facultad de Estudios Superiores Iztacala-UNAM.
- Edmonson, A. J., Lean, I. J., Weaver, L. D., Farver, T., & Webster, G. (1989). A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 72(1), 68–78. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(89\)79081-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79081-0)

- García, M., Jordan, C., O'Farril, G., Poot, C., Meyer, N., Estrada, N., Leonardo, R., Naranjo, E., Simons, A., Herrera, A., Urgilés, C., Schank, C., Boshoff, L., & Ruiz-Galeano, M. (2016). Baird's tapir (*Tapirus bairdii*). *The IUCN Red List of Threatened Species*, 8235, 1–15.
<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T21471A45173340.en>
- Gómez-Lucio, F., Carballar, J., Casanova, F., Jiménez, J. L., Aguilar, G., Gómez-Hernández, Y., & Pat, J. (2015). *Promoción de la participación social para la conservación del tapir y pecarí de labios blancos en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). <https://inefectividad.conanp.gob.mx/i-efectividad/i-efectividad%20atendido/RB%20Sian%20Ka%C2%B4an/DOCUMENTOS/PROGRAMA%20DE%20MONITOREO/MAMIFEROS%20JAGUAR%20TAPIR%20PECARI/Informe%20Final%20Tapir%20PLB%20SK%202015.pdf>
- Guerrero-Cárdenas, I., Álvarez-Cárdenas, S., Gallina, S., Corcuera, P., Romero-Figueroa, G., Lozano-Cavazos, E. A., Tovar-Zamora, I., & Guerrero-Tovar, I. Y. (2020). Estimación de cambios temporales de la condición corporal del borrego cimarrón (*Ovis canadensis wemmsi*) a partir de fotointerpretación en La Sierra El Mechudo, BCS, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 36, 1-14. <https://doi.org/10.21829/azm.2020.3612235>
- Manzo-Delgado, L. L., & López-García, J. (2020). Análisis espacial y temporal de áreas quemadas en 1998, 2003 y 2015 en la Reserva de la Biosfera Montes Azules, Chiapas, México. *Bosque*, 41(1), 11–24. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002020000100011>
- March, I. J., & Flamenco, A. (1996). *Evaluación rápida de la deforestación en las áreas naturales protegidas de Chiapas (1970-1993)*. El Colegio de la Frontera Sur. https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/1309/1/100000018195_documento.pdf
- Naranjo, E. J. (2018a). Baird's tapir ecology and conservation in Mexico revisited. *Tropical Conservation Science*, 2018,11. <https://doi.org/10.1177/1940082918795558>
- Naranjo, E. J. (2018b). La cacería de subsistencia y el manejo de fauna silvestre en Chiapas. En R. Mariaca, C. Elizondo & F. Ruan (eds.), *Etnobiología y patrimonio biocultural de Chiapas* (pp. 334–361). El Colegio de la Frontera Sur. https://patrimoniobiocultural.com/archivos/publicaciones/libros/Etnobiologia_2018.pdf
- Naranjo, E. J. (2019). Tapirs of the Neotropics. En S. Gallina-Tessaro (ed.), *Ecology and conservation of tropical ungulates in Latin America* (pp. 439-451). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28868-6_18
- Naranjo, E. J., Amador, S. A., Falconi, F. A., & Reyna, R. A. (2015). Distribución, abundancia y amenazas a las poblaciones de tapir (*Tapirus bairdii*) y pecarí de labios blancos (*Tayassu pecarí*) en México. *Therya*, 6(1), 227–249. <https://doi.org/10.12933/therya-15-246>
- Naranjo, E. J., & Bodmer, R. E. (2007). Source-sink systems and conservation of hunted ungulates in the Lacandon Forest, Mexico. *Biological Conservation*, 138(3-4), 412-420. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.05.010>
- Pérez-Flores, J., Calmé, S., & Reyna-Hurtado, R. (2016). Scoring body condition in wild Baird's tapir (*Tapirus bairdii*) using camera traps and opportunistic photographic material. *Tropical Conservation Science*, 9(4), 1-12. <https://doi.org/10.1177/1940082916676128>
- Pérez-Flores, J., Weissenberger, H., López-Cen, A., & Calme, S. (2020). Environmental factors influencing the occurrence of unhealthy tapirs in the southern Yucatan Peninsula. *EcoHealth*, 17, 359–369. <https://doi.org/10.1007/s10393-020-01496-7>
- Pisanty, I., Urquiza-Haas, E., & Vargas-Mena, A. (2016). Instrumentos de conservación *in situ* en México: logros y retos. En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) (ed.), *Capital Natural de México Vol IV: Capacidades Humanas e Institucionales* (pp. 245–302). Conabio. http://www2.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol_IV/IV08_Pisanty.pdf
- Romero-Castañón, S., Ferguson, B. G., Güiris, D., González, D., López, S., Paredes, A., & Weber, M. (2008). Comparative parasitology of wild and domestic ungulates in the Selva Lacandona, Chiapas, Mexico. *Comparative Parasitology*, 75(1), 115–126. <http://dx.doi.org/10.1654/4267.1>
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México* (1a Ed.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf

Serrano-Mac-Gregor, I., Reyna-Hurtado, R., Molina-Rosales, D., & Naranjo-Piñera, E. (2021). Baird's tapir: predicting patterns of crop damage surrounding the Calakmul Biosphere Reserve, Campeche, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 92(e923520), 1-13. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.92.3520>

StatSoft (2011). *Statistica Version 10. Data Analysis Software System*. StatSoft Inc. <http://www.statsoft.com>.

Stevenson, R. D., & Woods, W. A. (2006). Condition indices for conservation: new uses for evolving tools. *Integrative and Comparative Biology*, 46(6), 1169-1190. <https://doi.org/10.1093/icb/icl052>

Tejeda-Cruz, C., Naranjo, E. J., Cuarón, A. D., Perales, H., & Cruz-Burguete, J. L. (2009). Habitat use of wild ungulates in fragmented landscapes of the Lacandon Forest, Southern Mexico. *Mammalia*, 73(3), 211-219. <https://doi.org/10.1515/MAMM.2009.044>

Zar, J. H. (2010). *Biostatistical Analysis* (5a ed.). Pearson.

Zermeño-Hernández, I., Méndez-Toribio, M., Siebe, C., Benítez-Malvido, J., & Martínez-Ramos, M. (2015). Ecological disturbance regimes caused by agricultural land uses and their effects on tropical forest regeneration. *Applied Vegetation Science*, 18(3), 443-455. <https://doi.org/10.1111/avsc.12161>