

# ¿Qué nos puede enseñar la popo del tapir sobre la salud del bosque?

Autores: Alfredo Yanez-Montalvo, Osiris Gaona, Arit de León-Lorenzana, Bernardo Águila, Luisa I. Falcón, Carla Ximena Neri-Barrios, Jonathan Pérez-Flores

Revisores jóvenes: Y7 Escuela Internacional de Ciencias Laura (edad 10 -11 años), Shrestha (11 años), Smrutiranjana (14 años).



## Resumen

El tapir centroamericano o tapir de Baird es el mamífero terrestre más grande que habita la Selva Maya mexicana, que es el bosque tropical más grande de América después del Amazonas. Los tapires son herbívoros y desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento de la salud de los bosques tropicales mediante la dispersión de semillas en su popo (heces). Los tapires son misteriosos y silenciosos y tienen características nocturnas que dificultan su estudio. En nuestra investigación analizamos los microbios presentes en su popo (heces) para comprender la salud de sus poblaciones en la Selva Maya mexicana. Descubrimos una gran variedad de microbios en la microbiota fecal de los tapires que se asocia con un ecosistema de bosque tropical saludable. Quizás el análisis de los microbios fecales de la fauna silvestre pueda utilizarse como una técnica sencilla para comprender el estado de salud de los animales y el medio ambiente en el que viven.

## El tapir— jardinero de la selva maya mexicana

Oculta en medio de la profundidad de la selva tropical del sureste de México, conocida como la Selva Maya, la ciudad maya de Calakmul permaneció oculta durante cientos de años. Desde entonces un misterioso y silencioso jardinero mantiene la salud de la Selva Maya. Este peculiar jardinero viaja largas distancias y se alimenta de muchas especies de árboles —¡pero tiene una forma interesante de plantarlos! El jardinero deja su popo (heces), que contienen una mezcla de semillas de las frutas que comió y otros materiales digeridos que sirven como fertilizante, en el bosque que rodea Calakmul. Cuando los arqueólogos comenzaron a explorar las antiguas ruinas de Calakmul, fueron cautelosos del poderoso jaguar, se rieron al ver a los monos araña y disfrutaron de los murciélagos que emergían de las cuevas al anochecer, —pero no oyeron ni vieron al jardinero secreto: el tapir. Además de ser un sitio arqueológico protegido, Calakmul también alberga una importante población de tapires (Figura 1). Sin embargo, la Selva Maya experimenta constantemente eventos de

deforestación, incendios (naturales y antropogénicos) y los crecientes efectos del cambio climático, incluyendo frecuentes e intensas sequías [1].

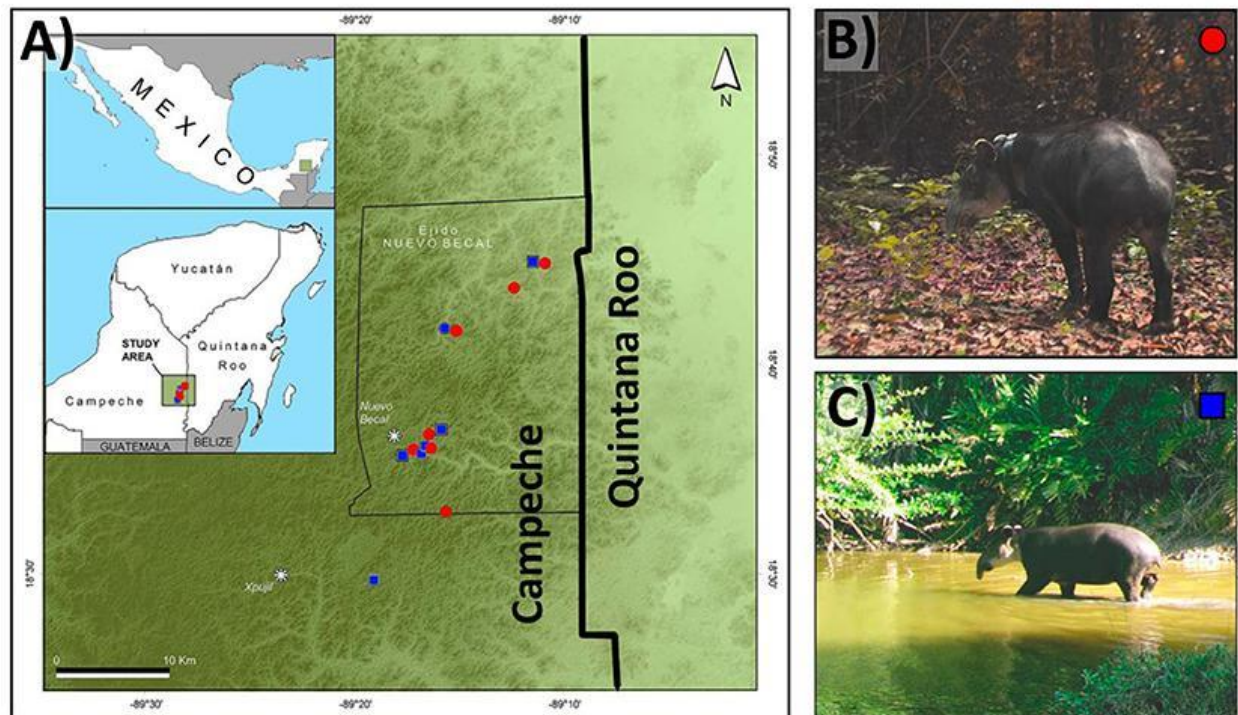


Figura 1 - (A) Realizamos nuestro estudio en el bosque alrededor de Calakmul, en la Selva Maya de México.

Los sitios de muestreo se muestran con puntos de colores en el mapa: temporada seca (círculos rojos) y temporada de lluvias (cuadrados azules). (B) Un tapir en la temporada seca. (C) Un tapir durante la temporada de lluvias (Fotografías: Jonathan Pérez-Flores).

La especie de tapir que habita en los alrededores de Calakmul, conocida como tapir centroamericano o tapir de Baird es el mamífero más grande de la Selva Maya, el bosque tropical más extenso de América después del Amazonas. Lamentablemente, las poblaciones de tapir han disminuido debido a la caza ilegal, los incendios, las sequías y la destrucción del hábitat. La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) considera al tapir centroamericano como una especie en peligro de extinción [2].

Los tapires son animales tímidos y nocturnos que prefieren vivir en bosques bien conservados, lejos del ruido y la gente. Recorren varios kilómetros cada noche, visitando los mismos sitios en busca de alimento y agua. Sus viajes crean senderos a través del bosque, que otros animales pueden utilizar. Los tapires son herbívoros: su dieta consiste principalmente en frutas, hojas, tallos, raíces, corteza y flores de hasta 70 especies de plantas. No son quisquillosos con la comida y comen las semillas y la cáscara de las frutas. Cuando hacen sus necesidades, las semillas regresan al suelo, junto con el mejor fertilizante del bosque: su popo (heces), (Figura 2A). En tan solo un año, un tapir adulto dispersa más de 9000 semillas en una hectárea de bosque tropical. Por eso se les llama los jardineros silenciosos de los bosques tropicales [3]. Las crías de tapir tienen rayas y manchas en el cuerpo que les ayudan a esconderse de depredadores, como los jaguares. Las crías encuentran su propia comida y agua.

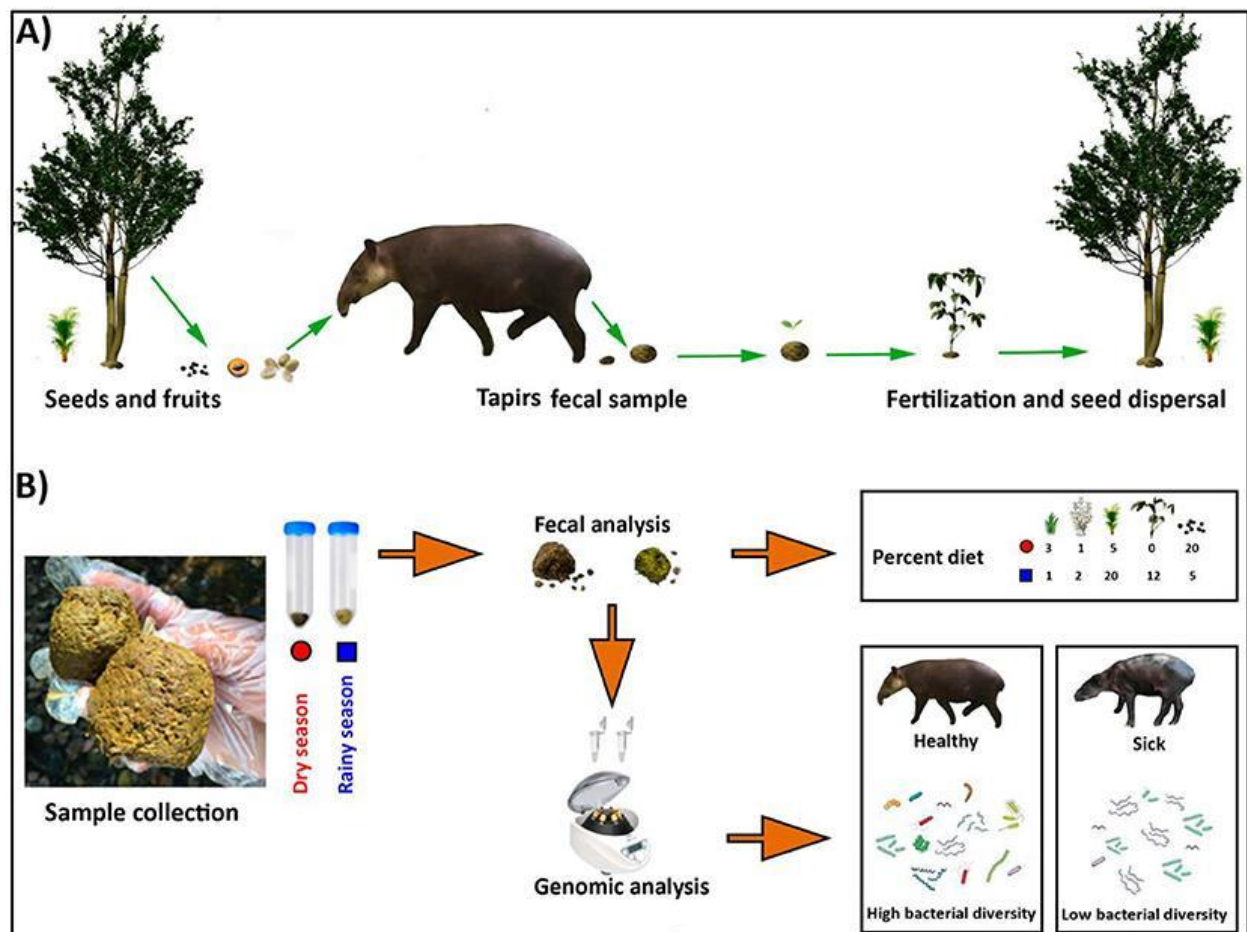


Figura 2 - (A) Los tapires son herbívoros.

Sus heces contienen semillas de las frutas que comen y proporcionan buenos fertilizantes para que las semillas crezcan en ellas. Dado que los tapires recorren la selva tropical en busca de alimento, dispersan las semillas a su paso. (B) Recolectamos muestras de heces frescas de tapires tanto en la estación seca como en la lluviosa. En el laboratorio, analizamos las muestras para determinar la dieta de los tapires y estudiar la diversidad de sus microbiomas fecales.

## Heces de tapir: ¿Una investigación apestosa?

Cuando escuchamos las palabras "bacteria" o "microbios", generalmente pensamos en algo sucio o asociado con una enfermedad. Sin embargo, la gran mayoría de los microbios son inofensivos. De hecho, los microbios viven dentro y sobre cada organismo, y miles de comunidades microbianas ayudan a los animales en los que viven, llamados huéspedes. Muchos estudios recientes han revelado la fuerte conexión que existe entre los animales y sus microbios. Los tipos de microbios que viven sobre y dentro de los animales varían según factores como el estilo de vida, la dieta, la edad, el sexo y la salud del huésped. Esto nos indica que una comunidad de microbios sana probablemente significa un animal sano, lo que a su vez nos indica que el ecosistema en el que vive el animal probablemente también lo sea [4].

En la naturaleza, equipos de científicos y veterinarios capacitados pueden atrapar animales brevemente y liberarlos después de tomar medidas y muestras, lo cual les permite conocer su estado de salud. Trabajar con

tapires representa un gran problema debido a su dificultad para capturarlos. Además, los animales salvajes se estresan mucho cuando se les atrapa, y el tímido tapir no es la excepción. Recientemente, se ha desarrollado un nuevo enfoque que permite a los científicos estudiar la salud animal mediante el análisis de la microbiota fecal presente en sus heces. Decidimos estudiar la diversidad de los microbiomas fecales de los tapires de Baird de la Selva Maya para conocer su estado de salud durante las estaciones lluviosa y seca.

## La búsqueda de heces del tapir de Baird

Nuestro equipo realizó largas caminatas por el interior de la Selva Maya en busca de letrinas para tapires como se les conoce a los “baños” que usan los tapires. Al encontrar una muestra fecal fresca, la almacenamos cuidadosamente y la llevamos al laboratorio. Primero, utilizamos las muestras fecales para estudiar la dieta de los tapires, analizando el porcentaje de frutos, hojas y tallos presentes. Posteriormente, una parte de la muestra se utilizó para el análisis genómico, que nos indica la cantidad y los tipos de microbios presentes en las heces de los tapires. Durante nuestro año de muestreo, incluso pudimos incluir muestras de un tapir enfermo, lo que nos proporcionó información valiosa sobre las diferencias entre los microbiomas fecales de animales sanos y enfermos.

## Microbios fecales: una pista sobre la salud de los tapires

Nuestro estudio utilizó muestras de heces de tapires como una técnica segura, respetuosa y amigable con los animales para estudiar su salud. Analizamos 47 muestras, y la diversidad microbiana encontrada en ellas confirmó que los tapires gozan de buena salud tanto en la temporada seca como en la lluviosa, pero el tapir enfermo presentó menos bacterias en sus heces (Figura 2B). Los tapires (y otros animales) con mala salud suelen presentar una menor diversidad microbiana en sus microbiomas fecales; esto se conoce como disbiosis.

Los nombres de las bacterias suelen ser un poco complicados de pronunciar, incluso para los científicos, pero es importante conocer sus nombres y sus funciones dentro del huésped. Los microbios más abundantes que viven en las heces de tapir fueron Firmicutes, Bacteroidetes, Proteobacteria y Kiritimatiellaeota, entre otros. Conocer qué microbios están presentes nos ayuda a comprender su función. Las hojas, las ramas y los frutos no son fáciles de digerir, pero con la ayuda de los microbios, pueden descomponerse en sustancias que los animales necesitan para mantenerse sanos, como proteínas, vitaminas, lípidos y azúcares. Cuando un animal se alimenta del mismo alimento durante mucho tiempo, como cuando vive en cautiverio y tiene una dieta poco variada, se pierde la diversidad del microbioma fecal y se vuelve más susceptible a ciertas enfermedades. ¡Nos sorprendieron gratamente nuestros resultados! A pesar de las grandes diferencias climáticas entre las estaciones lluviosa y seca en la Selva Maya, el microbioma fecal de los tapires no cambió significativamente (Figura 3). Para que se produzca esta estabilidad, el ambiente también debe ser saludable, porque nuestros resultados mostraron que los tapires consumieron cantidades y tipos de alimentos similares tanto durante la estación seca como en la estación lluviosa.



Figura 3 - Descubrimos que los tapires de la Selva Maya, alrededor de Calakmul, gozan de buena salud gracias a que sus microbiomas se mantuvieron diversos durante las estaciones lluviosa y seca. Esto nos indica que el bosque tropical también goza de buena salud porque contiene una gran diversidad de plantas de las que se alimentan los tapires durante todo el año.

Nuestros resultados sugieren que la Selva Maya es un bosque tropical preservado, con abundante agua disponible y una gran diversidad de plantas. La diversidad de microbiomas fecales de los tapires contribuye a mantener un bosque tropical saludable, ya que un microbioma saludable les permite digerir diversos tipos de alimentos y dispersar diversas semillas a través de sus heces. En el futuro, también podríamos estudiar muestras fecales para evaluar la salud de otros animales. Imaginen lo que podríamos descubrir sobre otros animales en los bosques alrededor de Calakmul.

## Glosario

**Heces:** Material que se evacua durante la defecación. Las heces están compuestas de alimentos no digeridos, bacterias, moco y células intestinales.

**Bacteria:** Grupos de organismos diminutos, son los organismos más diversos del planeta.

**Microbios:** Organismos diminutos, generalmente bacterias u hongos, que sólo pueden verse con un microscopio..

**Huesped:** Un organismo sobre o en el cual vive otro organismo (como una bacteria).

**Microbioma Fecal:** Todos los diversos microorganismos que forman parte de las heces de un animal.

**Diversidad:** Variedad y número de especies en una comunidad.

**Análisis Genómico:** Estudio (identificación, medición o comparación) de todos los genes de un organismo (plantas, animales, hongos o microbios). Casi todas las células de un organismo poseen una copia completa del genoma.

Disbiosis: Pérdida de diversidad microbiana que puede afectar la salud del animal.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran que la investigación se llevó a cabo en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un posible conflicto de intereses.

## Agradecimientos

El financiamiento para esta investigación fue proporcionado por el Instituto de Ecología, UNAM y Soluciones Ambientales ITZENI, AC.

Fuente del artículo original

Yanez-Montalvo, A., Gaona, O., Águila, B., Arias-Domínguez, N., Falcón, L. I., and Pérez-Flores, J. 2021. *Tapirus bairdii*-associated fecal microbiome from a critical conservation area: Calakmul, México. *Curr. Microbiol.*, 78:2648–59. doi: 10.1007/s00284-021-02531-8

Referencias

[1] Pérez-Flores, J., Mardero, S., López-Cen, A., and Contreras-Moreno, F. M. 2021. Human-wildlife conflicts and drought in the greater Calakmul Region, Mexico: implications for tapir conservation. *Neotrop. Biol. Conserv.* 16:539. doi: 10.3897/neotropical.16.e71032

[2] Naranjo, E. J., Amador-Alcalá, S. A., Falconi-Briones, F. A., and Reyna-Hurtado, R. A. 2015. Distribución, abundancia y amenazas a las poblaciones de tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) y pecarí de labios

blancos (*Tayassu pecari*) en México. *Therya* 6:227–49. doi: 10.12933/therya-15-246

[3] Paolucci, L. N., Pereira, R. L., Rattis, L., Silverio, D. V., Marques, N. C., Macedo, M. N., et al. 2019. Lowland tapirs facilitate seed dispersal in degraded Amazonian forests. *Biotropica* 51:245–52. doi: 10.1111/btp.12627

[4] Zolti, A., Green, S. J., Sela, N., Hadar, Y., and Minz, D. 2020. The microbiome as a biosensor: functional profiles elucidate hidden stress in hosts. *Microbiome* 8:1–18. doi: 10.1186/s40168-020-00850-9

## Información del artículo

### Citas

Yanez-Montalvo A, Gaona O, de León-Lorenzana A, Águila B, Falcón LI, Neri-Barrios CX and Pérez-Flores J (2023) What Can Tapir Poop Teach Us About Healthy Forests?. *Front. Young Minds.* 11:947799. doi: 10.3389/frym.2023.947799

### Editor

Nathan Good

### Mentores Científicos

Fred Junghans , BISWAJIT PANDA

### Fechas de la publicación

Enviado: 19 de Mayo del 2022; Aceptado: 20 de Abril del 2023;  
Publicado en línea: 12 de Mayo del 2023.

Copyright © 2023 Yanez-Montalvo, Gaona, de León-Lorenzana, Águila, Falcón, Neri-Barrios and Pérez-Flores

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución (CC BY). Se permite su uso, distribución y reproducción en otros foros, siempre que se cite al autor original y al titular de los derechos de autor, y se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. No se permite ningún uso, distribución ni reproducción que no cumpla con estos términos.