

Proyecto de puentes arbóreos en el Pacífico Sur de Costa Rica

2020 - 2025



Cítese como: Mendoza-Henao, A.M., Rodríguez-Umaña P., Pinto C., Kemp I., Basto A., Barboza K., Rodríguez-Durán, F., Ortiz-García, J., Flatt E., Beirne C. (2026) Proyecto de Puentes Arbóreos en el Pacífico Sur de Costa Rica
Reporte Técnico. Asociación Conservación Osa en colaboración con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, SINAC, Costa Rica.

Resumen ejecutivo

Las infraestructuras lineales, en particular las carreteras, representan una de las amenazas más extendidas para la integridad de los hábitats naturales en todo el mundo. Las carreteras actúan como barreras físicas que impiden el movimiento de los animales, provocan mortalidad directa por atropellos, reducen el flujo genético entre poblaciones y aumentan la probabilidad de extinciones locales. Estos efectos son especialmente pronunciados en el caso de las especies arbóreas (que habitan en el dosel), las cuales dependen de una cobertura forestal continua para desplazarse, alimentarse y reproducirse. Cuando las carreteras atraviesan los bosques tropicales, crean brechas en el dosel que muchos mamíferos arbóreos son reacios a cruzar o no pueden hacerlo, lo que conduce a poblaciones aisladas y a una mayor vulnerabilidad a la extinción local.



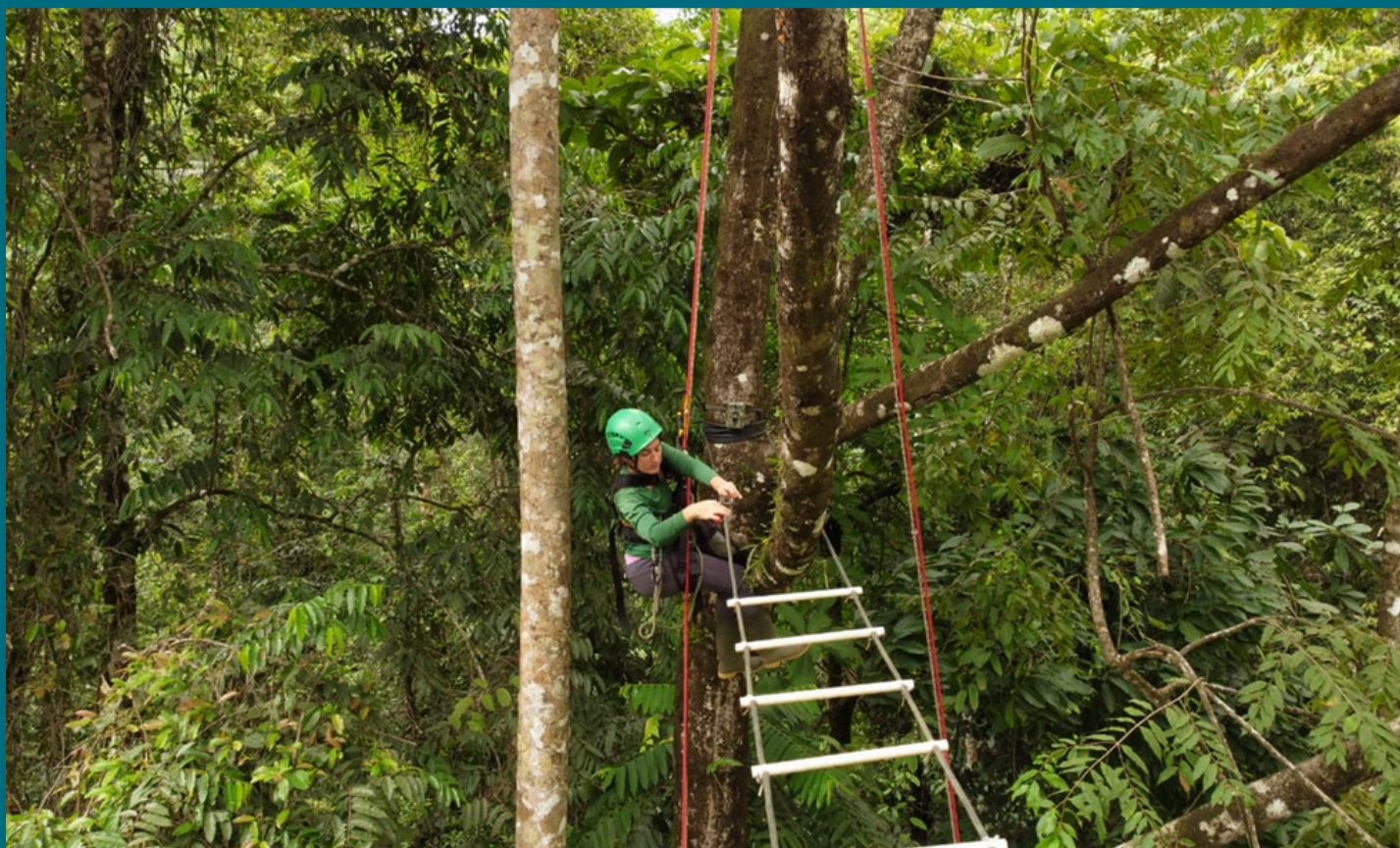
Vista aérea del paisaje de la península de Osa que muestra un puente arbóreo instalado que cruza un camino sin pavimentar. El puente reconecta zonas de bosque secundario a ambos lados del camino, proporcionando un paso seguro a la altura de las copas de los árboles para los mamíferos arbóreos. Nótese la cubierta forestal continua que se extiende más allá del corredor del camino, un criterio clave para la selección del emplazamiento del puente.

La península de Osa, situada en el suroeste de Costa Rica, es un punto de biodiversidad de importancia mundial que alberga la mayor extensión restante de bosque húmedo de tierras bajas del Pacífico en Mesoamérica. La región alberga más de 15 especies de mamíferos arborícolas de tamaño mediano a grande, entre los que se incluyen primates en peligro de extinción como el mono araña centroamericano (*Ateles geoffroyi*) y el mono ardilla centroamericano (*Saimiri oerstedii*). A pesar de la presencia de áreas protegidas —el Parque Nacional Corcovado, el Parque Nacional Piedras Blancas, el Humedal Nacional Térraba-Sierpe y la Reserva Forestal Golfo Dulce—, la península está atravesada por una red cada vez mayor de carreteras pavimentadas y sin pavimentar. Estas carreteras fragmentan el hábitat, restringen el movimiento de la fauna silvestre y aumentan el riesgo de atropellos. Estudios recientes han documentado que especies como el tamandúa del norte (*Tamandua mexicana*), la zarigüeya común (*Didelphis marsupialis*) y el puercoespín mexicano (*Coendou mexicanus*) son particularmente vulnerables a las colisiones con vehículos en la región.

Para hacer frente a este reto de conservación, la Asociación Conservación Osa puso en marcha un programa de puentes aéreos para la fauna silvestre en diciembre de 2020. Los puentes aéreos son estructuras artificiales (cuerdas, escaleras o mallas) instaladas sobre las carreteras para volver a conectar los hábitats del dosel forestal fragmentados, lo que permite a la fauna silvestre cruzar con seguridad sin tener que bajar al suelo, donde se enfrentan al riesgo de depredación y al tráfico. Desde diciembre de 2020, hemos instalado un total de 35 puentes arbóreos de cinco diseños diferentes (cuerda simple, cuerda doble, cuerda triple, escalera y malla) sobre caminos sin asfaltar en la Península de Osa y el Corredor Biológico AmistOsa.

Los resultados de los tres primeros años de seguimiento (2020-2023) demostraron que los puentes arbóreos son muy eficaces para restablecer la conectividad del dosel. En todos los puentes se registraron cruces de fauna silvestre de al menos 13 especies de mamíferos. Los usuarios más frecuentes fueron la zarigüeya lanuda centroamericana (*Caluromys derbianus*) y el kinkajú (*Potos flavus*). El uso de los puentes aumentó notablemente con el tiempo desde su instalación —la frecuencia de cruces se multiplicó casi por 100 entre los 3 y los 30 meses posteriores a la instalación—, lo que subraya la importancia del seguimiento a largo plazo. Los diseños basados en cuerdas, en particular las configuraciones de doble y triple cuerda, superaron a los puentes de escalera tanto en frecuencia de cruces como en riqueza de especies. Los puentes más largos y aquellos con una cubierta de dosel circundante menos densa también se asociaron con un mayor uso.

Los análisis complementarios de los patrones de actividad diurna (2023-2025) revelaron que la comunidad de mamíferos arbóreos es predominantemente nocturna (83 % de las observaciones), con especies que presentan picos de actividad distintos que facilitan la coexistencia mediante la partición temporal de los recursos. Solo se observó variación estacional en la actividad en el mono capuchino de cara blanca (*Cebus imitator*), que desplazó su pico de actividad de la tarde en la estación seca a la mañana en la estación húmeda.



Muy por encima del suelo del bosque: un miembro del equipo instala un puente de escalera y una cámara trampa. Cada puente requiere escaladores expertos y apoyo coordinado en tierra para restablecer el paso seguro de la fauna arbórea.

En este informe resumimos los principales hallazgos de nuestros primeros cinco años de estudio, aportando evidencia científica sobre los puentes arbóreos para la fauna silvestre como una estrategia de mitigación viable y eficaz para reducir el impacto de las carreteras en las comunidades de mamíferos arbóreos tropicales.

Este informe sintetiza las lecciones aprendidas en cuanto al diseño de puentes, la selección de sitios, el monitoreo de la biodiversidad y la participación comunitaria, y ofrece recomendaciones concretas para ampliar este enfoque en la Península de Osa y otras regiones.

Tabla de contenidos

1. Diseño e instalación de puentes
2. Selección de sitios
3. Usuarios de los puentes arbóreos
4. Resumen de datos
5. Recomendaciones y siguientes pasos
6. Agradecimientos

Diseño e instalación de puentes

Aquí está el artículo científico con toda la información de esta sección: Flatt, E., Basto, A., Pinto, C., Ortiz, J., Navarro, K., Reed, N., ... & Whitworth, A. (2022). Arboreal wildlife bridges in the tropical rainforest of Costa Rica's Osa Peninsula. *Folia Primatologica*, 93(3-6), 419-435.

Uno de los objetivos principales del Proyecto de Puentes Arbóreos fue identificar infraestructuras eficaces y viables que pudieran instalarse a lo largo de la península de Osa para restablecer la conectividad del dosel. Para lograrlo, seleccionamos y probamos tres diseños de puentes basándonos en su éxito demostrado en estudios anteriores (principalmente de Australia y Asia) y en la disponibilidad local de materiales en Costa Rica: (1) puente de una sola cuerda, (2) puente de doble cuerda y (3) puente de escalera.



El equipo de instalación reúne el material necesario antes de dirigirse a los árboles. El éxito en el montaje del puente depende de una coordinación perfecta entre los escaladores y el equipo de tierra, una colaboración que hace posible cada cruce.



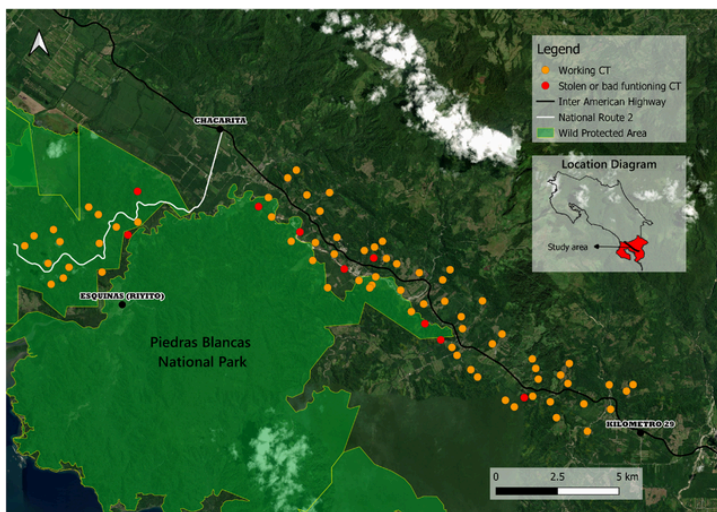
Tipos de carreteras, diseños de puentes instalados y métodos de supervisión en Osa: (a) puente de malla, (b) puente de doble cable, (c) puente de triple cable, (d) puente de doble cable paralelo, (e) puente de escalera

La instalación de los puentes requirió un equipo mínimo de cuatro personas: dos escaladores de árboles cualificados y dos miembros del equipo de tierra. Mediante un sistema de escalada con doble cuerda, los escaladores subieron a los árboles seleccionados a ambos lados de la carretera. Se utilizó una cuerda de lanzamiento para tender una cuerda intermedia a través del hueco del dosel, a la que se fijó el puente prefabricado. A continuación, el puente se colocó en su sitio y se fijó.

Los tres diseños presentaban diferencias significativas en cuanto a coste, tiempo de construcción y tiempo de instalación. El puente de una sola cuerda de 25 mm fue el más económico (aproximadamente 70 dólares por un puente de 20 m) y no requería tiempo de construcción, con un tiempo de instalación de unas 3 horas. El de doble cable costaba entre aproximadamente 140 dólares (25 mm) y 590 dólares (50 mm) y requería unas 4-5 horas de instalación. El puente de escalera era el diseño más costoso (937 dólares por un puente de 20 m), requería unas 6 horas de preparación previa a la construcción y tardaba unas 6 horas en instalarse.

Selección de sitios

La identificación de los lugares prioritarios para la instalación de infraestructuras de paso de fauna silvestre es un primer paso fundamental para garantizar que las medidas de mitigación sean tanto ecológicamente eficaces como financieramente eficientes. En la península de Osa, donde los recursos para la conservación son limitados y la red de carreteras sigue expandiéndose, se requiere un enfoque estratégico basado en múltiples fuentes de datos para determinar con precisión dónde la fauna silvestre necesita más un paso seguro. Con este fin, combinamos tres métodos complementarios: (1) estudios con cámaras trampa para medir la actividad de la fauna silvestre y la riqueza de especies en los fragmentos de bosque adyacentes a las carreteras, (2) datos de atropellos de animales recopilados por la ciencia ciudadana para identificar los puntos críticos de colisión, y (3) análisis de conectividad Circuitscape para modelar las restricciones de movimiento a nivel del paisaje.



Ubicaciones de las cámaras trampa (puntos naranjos y rojos) a lo largo de la Carretera Interamericana y la Ruta Nacional 245 en el Pacífico Sur de Costa Rica, con el fin de evaluar la actividad de la fauna silvestre en los hábitats forestales cercanos a las carreteras.



Una pérdida que se podría haber evitado. Esta martilla representa el número de víctimas invisibles de la fragmentación de las carreteras. Identificar estos puntos críticos es el primer paso para una mitigación eficaz.

Aquí está el artículo científico con toda la información de esta sección: Pinto, C. M., Soto, J. S. V., Flatt, E., Barboza, K., & Whitworth, A. (2024). Identifying wildlife road crossing mitigation sites using a multi-data approach—a case study from southwestern Costa Rica. *Journal of environmental management*, 361, 121263.

Nuestro estudio se centró en dos importantes carreteras asfaltadas que atraviesan la región de Osa: la Carretera Interamericana (tramo Chacarita-Río Claro, 19 km) y la Ruta Nacional 245 (tramo Mogos-Chacarita, 7 km). Estas carreteras constituyen barreras críticas entre las áreas protegidas de la Península de Osa —el Parque Nacional Corcovado, el Parque Nacional Piedras Blancas y la Reserva Forestal Golfo Dulce— y el Parque Internacional La Amistad, situado en el continente.

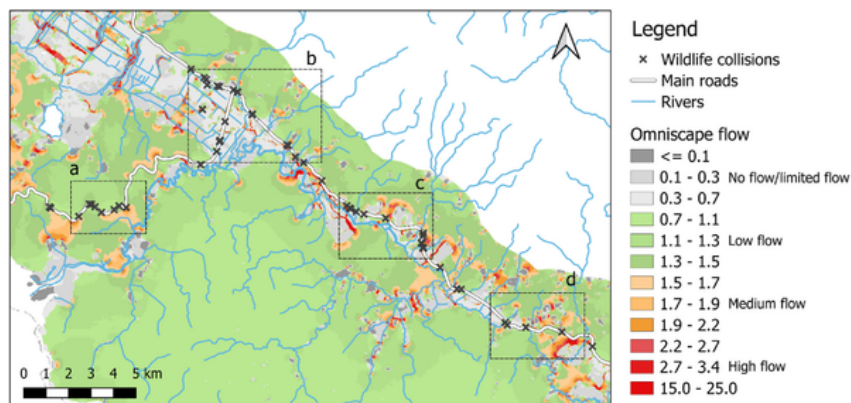
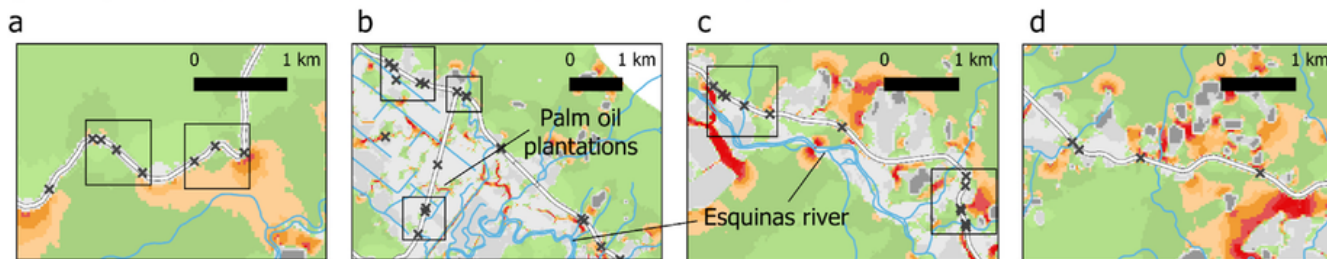
REGISTROS DE ACTIVIDAD DE FAUNA SILVESTRE

Para evaluar la presencia y la actividad de la fauna silvestre cerca de las carreteras, instalamos 78 cámaras trampa en parcelas y franjas de bosque secundario a distintas distancias de la carretera (entre 200 m y 1 km) durante un periodo de seis meses (febrero-agosto de 2021). Las cámaras se colocaron cada 1 km a lo largo de la carretera, a una distancia de entre 200 y 500 m, y cada 2 km, a una distancia de entre 700 m y 1 km. Registramos 30 especies terrestres (25 mamíferos y 5 aves terrestres). Los taxones detectados con mayor frecuencia fueron los pizotes (*Nasua narica*), los agutíes (*Dasyprocta punctata*) y las palomas (Columbidae), presentes en el 81,5 %, el 76,9 % y el 66,2 % de las estaciones de cámaras, respectivamente. Los menos comunes fueron los tapires (*Tapirus bairdii*), las nutrias (*Lontra longicauda*) y las martillas (*Potos flavus*), cada uno de ellos detectado en una sola estación.

En total, el grupo de seguimiento de ciencia ciudadana registró 70 observaciones de 21 especies en total, de las cuales el 88,4 % se encontraron muertas y el 11,4 % vivas. Las especies más frecuentes avistadas en la carretera fueron el tamandúa (*Tamandua mexicana*) (25 % de las observaciones), el mapache (*Procyon lotor*) (12 %), el pizote (*Nasua narica*) (12 %) y el zorro pelón (*Didelphis marsupialis*) (10 %).

INTEGRACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE SITIOS

Al superponer las tres capas de datos (alta actividad y riqueza de fauna silvestre, zonas con alta incidencia de atropellos y puntos de cuello de botella), identificamos cuatro ubicaciones prioritarias para la construcción de pasos de fauna, todas ellas situadas a lo largo de la Carretera Interamericana.



El análisis de Omniscape basado en la cobertura del suelo muestra la conectividad prevista en el sur de Costa Rica. Los colores más intensos (naranja y rojo) indican zonas con un flujo previsto mayor, donde el movimiento de los animales está más restringido y que constituyen puntos de cuello de botella. Estos puntos suelen coincidir con las zonas donde se concentran las colisiones con fauna silvestre (cruces negras).

Estos hallazgos ponen de relieve que preservar una elevada cobertura forestal junto a las carreteras es esencial para mantener la presencia de fauna silvestre, y que las estructuras de paso deben ubicarse allí donde la conectividad forestal sea mayor a ambos lados.

Siguiendo el proceso descrito anteriormente, cada posible ubicación para el puente se evaluó en función de cinco criterios:

01

Parches de bosque a ambos lados de la vía

Debe haber buena cobertura arbórea a ambos lados de la carretera para garantizar que el puente conecte hábitats viables, y no árboles aislados.

02

Árboles robustos a ambos lados

Los árboles de apoyo adecuados deben ser capaces de soportar tanto la estructura del puente como el peso de un técnico trepador durante la instalación.

03

Carretera en uso

Se da prioridad a los puentes de las vías en servicio que suponen un obstáculo permanente o un riesgo de mortalidad para la fauna silvestre, en lugar de a las vías abandonadas o con poco tráfico.

04

Idealmente sin líneas de energía

Es preferible que no haya cables eléctricos. Cuando haya cables eléctricos, se deben instalar puentes por encima de ellos para evitar riesgos de electrocución. En tales casos, es necesario coordinarse con el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

05

Indicios de intentos de cruce de fauna

Observaciones visuales o testimonios (por ejemplo, de miembros de la comunidad local, conductores o propietarios de terrenos) sobre animales que intentan cruzar la carretera en el lugar o en sus inmediaciones.

Usuarios de los puentes arbóreos

Para evaluar el impacto ecológico del proyecto de puentes arbóreos es necesario comprender en detalle cómo interactúa la fauna silvestre con estas estructuras. Con este fin, hemos puesto en marcha un programa de seguimiento de la biodiversidad a largo plazo mediante el uso de cámaras trampa instaladas en cada emplazamiento de puente. Este programa nos ha permitido abordar tres cuestiones clave: (1) ¿Cuáles son los factores predictivos más importantes del uso de los puentes arbóreos? (2) ¿Existen indicios de variaciones específicas por especie en el uso de los puentes? y (3) ¿Cómo varían los patrones de actividad diurna entre especies, estaciones y pares de especies que se solapan? A continuación presentamos los resultados de los primeros años de seguimiento de la fauna silvestre.

Aquí están los artículos científicos con toda la información de esta sección:

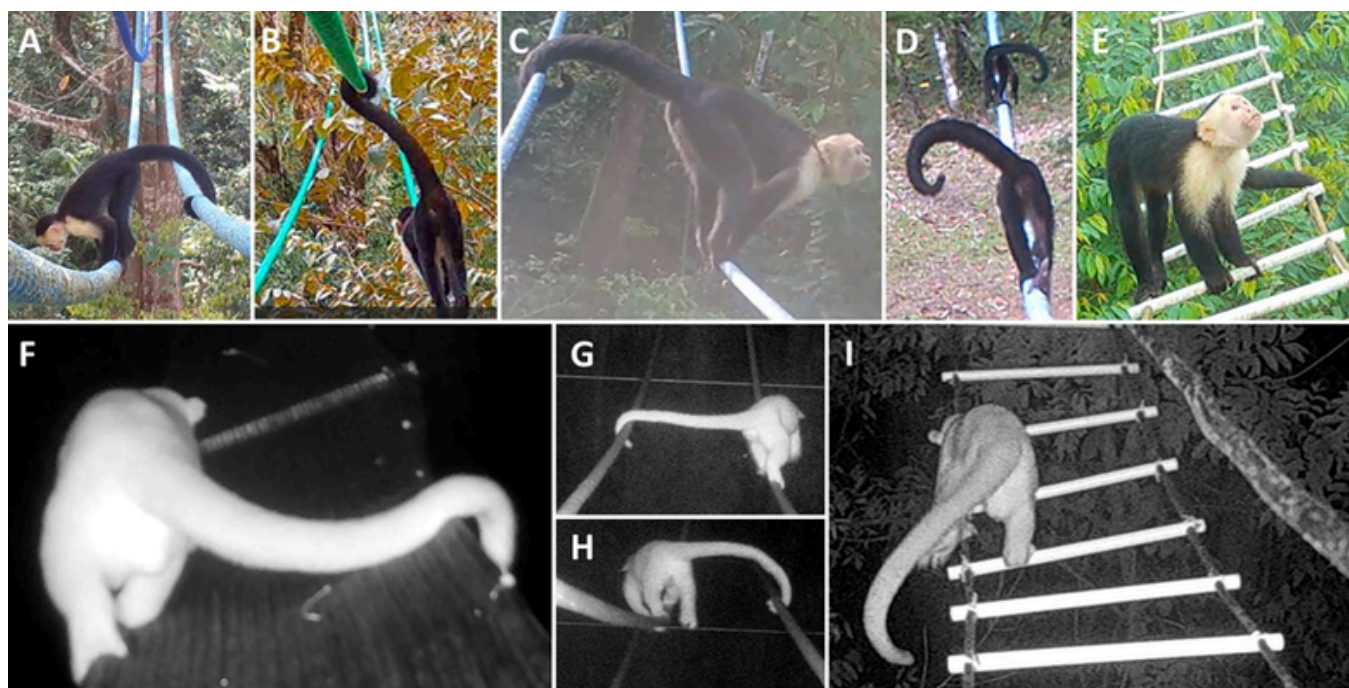
Fischer, M., Kemp, Y.J.M., Pinto, C., Rodríguez Durán, F., Ortiz García, J., Barboza Navarro, K., Flatt, E., Rodríguez, P., Beirne, C., Wearn, O.R., Soto Navarro, C., Hidalgo Chaverri, M., & Whitworth, A. (2026). The use of arboreal wildlife bridges by neotropical mammals increases markedly with time since deployment and varies by design. *Animal conservation*

Stenfert, J., Rodríguez-Umaña, P., Grootaers, J., Rodríguez-Durán, F., Ortiz-García, J., Barboza-Navarro, K., & Mendoza-Henao, A. M. (submitted). Rhythms in the rainforest canopy: Overlap and seasonal variation in the diel activity of Neotropical arboreal mammals. *Journal of Zoology*.

DETECCIÓN DE ESPECIES Y ACTIVIDAD Se monitorizaron un total de 17 puentes aéreos de cinco diseños diferentes (de una sola cuerda, de doble cuerda, de triple cuerda, de escalera y de malla). Para este estudio, utilizamos los datos disponibles entre diciembre de 2020 y agosto de 2022. Los puentes estaban situados sobre caminos sin asfaltar, con longitudes que oscilaban entre los 10 y los 33 m y alturas de entre 7 y 30 m. Se instalaron cámaras trampa en ambos extremos de cada puente, configuradas para grabar vídeos de 20 segundos con un retraso de 30 segundos. A lo largo de 9.801 días de monitorización con cámaras trampa, registramos 2.231 cruces independientes de al menos 13 especies de mamíferos. Se registró actividad de fauna silvestre en los 17 puentes.

USUARIOS MAS FRECUENTES ENTRE 2020 Y 2022

- Zorro de balsa (*Caluromys derbianus*)
- Martilla (*Potos flavus*)
- Capuchino cariblanco (*Cebus imitator*)
- Mono araña / Mono colorado (*Ateles geoffroyi*)
- Mono ardilla (*Saimiri oerstedii*)
- Ardilla moteada (*Sciurus variegatoides*)
- Puercoespín (*Coendou mexicanus*)
- Olingo (*Bassaricyon gabbii*)
- Rata vespertina (*Nyctomys sumichrasti*)
- Marmosas (*Marmosa* spp.)



Capuchinos cariblanco y martillas utilizando su cola prensil al cruzar puentes arbóreos. Capuchinos cariblanco caminando por un puente de tres cuerdas (A, B), un puente de dos cuerdas (C), un puente de una sola cuerda utilizando la cola como contrapeso (D) y un puente de escalera (E) martillas caminando por un puente de malla (F), un puente de doble cuerda (G, H) y un puente de escalera (I).

Se registraron en los puentes dos especies que se sabe que se ven muy afectadas por las colisiones con vehículos en Costa Rica: el zorro pelón (*Didelphis marsupialis*) y el puercoespín mexicano (*Coendou mexicanus*)



A diferencia de la instalación de cámaras trampa terrestres, en la que se dispone de todo el material necesario a mano, para instalar correctamente una cámara trampa arbórea hay que asegurarse de que todo el equipo necesario esté sujeto al arnés antes de subir.

Tiempo desde la instalación. El tiempo transcurrido desde la instalación del puente fue el factor predictivo con mayor efecto. La frecuencia de cruce prevista se multiplicó casi por 100, pasando de 0,29 cruces por cada periodo de tres meses tras 3 meses a 25,82 tras 30 meses. La riqueza de especies también aumentó con el tiempo, pasando de 0,30 especies a los 3 meses a 1,59 a los 30 meses. Cabe destacar que, mientras que la **riqueza de especies pareció estabilizarse en torno a los 24 meses**, la frecuencia de cruces siguió aumentando al menos hasta los 30 meses, sin mostrar signos de disminución.

Longitud del puente. Los puentes más largos se asociaron con una mayor frecuencia de cruce y una mayor riqueza de especies. La frecuencia de cruce aumentó de 0,66 —en la longitud mínima del puente— a 10,70 —en la máxima—. La riqueza de especies aumentó de 0,63 a 1,57 en ese mismo rango.

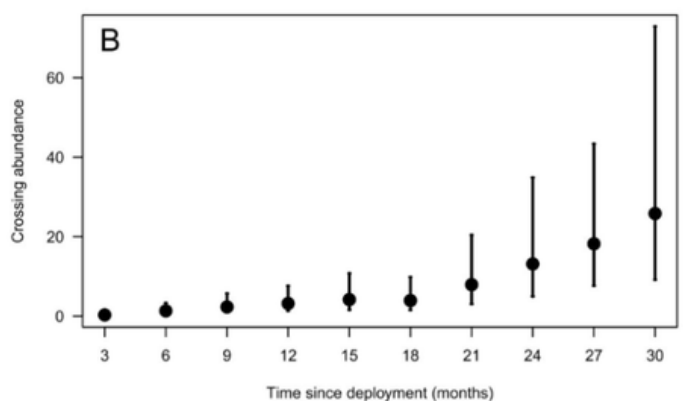
Cobertura de dosel y altura del puente. Una mayor densidad de la cubierta arbórea local se asoció con un uso ligeramente menor de los puentes, probablemente porque los pasos naturales a través de la copa de los árboles ofrecen rutas alternativas.

PREDICTORES DEL USO DE LOS PUENTES

Mediante modelos lineales de efectos mixtos, identificamos los factores predictivos más importantes de la frecuencia de cruce y la riqueza de especies por puente. El diseño del puente, el tiempo transcurrido desde su instalación y la longitud del puente fueron los factores predictivos más significativos, mientras que la altura del puente, la cobertura del dosel local y la presencia de un atrayente con aroma a vainilla no tuvieron efectos estadísticamente significativos.

La altura de los puentes no mostró ningún efecto estadísticamente significativo ni en la frecuencia de los cruces ni en la riqueza de especies.

Fragancias atrayentes. El uso de esencia de vainilla como cebo olfativo no aumentó de forma significativa la frecuencia de paso ni la riqueza de especies. Sin embargo, algunas observaciones anecdóticas revelaron que las martillas, los zorros de balsa, los capuchinos de cara blanca, los olingos, los zorros pelones y las ratas sí investigaron los cebos (olfateándolos y frotándose contra las botellas de plástico).



Relación de la abundancia con el tiempo transcurrido desde la instalación (en meses para un puente de cuerda simple, sin atrayente y variables continuas medias)

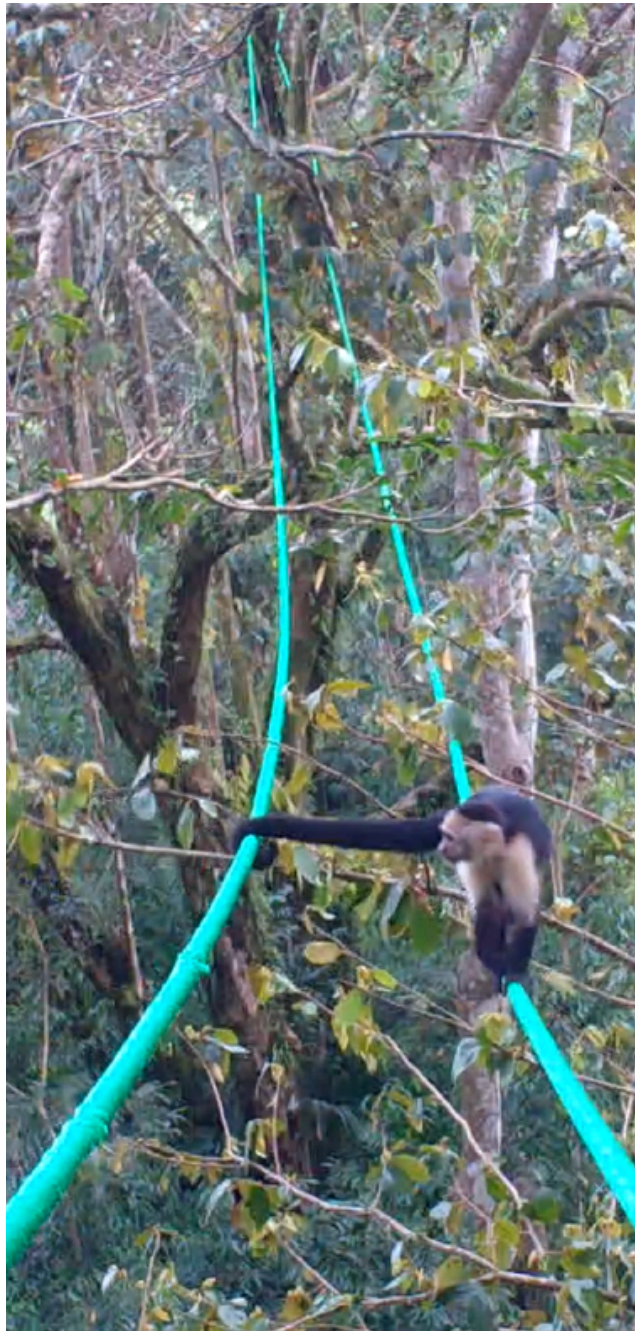
VARIACIÓN ENTRE ESPECIES EN EL USO DE PUENTES

Aplicamos modelos específicos por taxón a cuatro grupos con un tamaño de muestra suficiente (≥ 90 cruces). En el caso de las zarigüeyas lanudas (1.016 cruces en los 17 puentes), la frecuencia de cruce varió según el diseño (la malla fue la más utilizada) y aumentó con el tiempo transcurrido desde la instalación. En el grupo compuesto por ratas, ratones y zarigüeyas ratón (362 cruces en 11 puentes), se prefirieron los diseños de cuerda frente a la malla y la escalera, y los cruces aumentaron con la altura del puente y el tiempo transcurrido desde la instalación. En el caso de los capuchinos de cara blanca (91 cruces), el uso de los puentes aumentó con la longitud de estos y el tiempo transcurrido desde su instalación; aunque la mayoría de los cruces se produjeron en puentes de cuerda, el diseño no se mantuvo como predictor respaldado estadísticamente debido a problemas de convergencia del modelo. En el caso de los kinkajúes (294 cruces), el diseño del puente influyó en la frecuencia de los cruces, con una preferencia por los diseños de malla y de triple cuerda.

OBSERVACIONES DE COMPORTAMIENTO: USO DE COLA PRENSIL

Las observaciones del comportamiento a partir de los vídeos de los cruces proporcionaron información valiosa sobre cómo interactuaban las diferentes especies con los diseños de los puentes. Las especies sin cola prensil (por ejemplo, los olingos, los monos ardilla y los pequeños roedores) solían utilizar una sola cuerda, independientemente del número disponible, caminando directamente sobre la cuerda o por la tirolina lateral de los diseños de escalera y malla. Por el contrario, se observó que las especies con colas prensiles —capuchinos de cara blanca y kinkajúes— utilizaban varias cuerdas o tirolinas simultáneamente.

Los capuchinos utilizaron sus colas prensiles en el 41,8 % de los cruces, y los kinkajúes en el 56,4 % de los cruces, caminando normalmente sobre una cuerda mientras se agarraban a otra con la cola para mantener el equilibrio. Esta diferencia de comportamiento sugiere que los diseños de doble y triple cuerda ofrecen una mayor versatilidad funcional, ya que se adaptan tanto a las especies cuadrúpedas como a aquellas que dependen del agarre asistido por la cola.

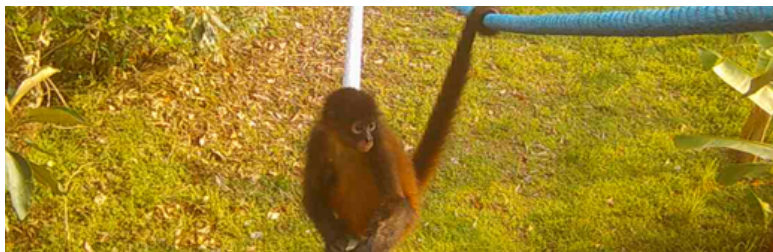


Cruce a “cinco” patas: un mono capuchino utiliza la cola como cuerda de seguridad en un puente de doble cable. El diseño es importante para las especies con cola prensil.

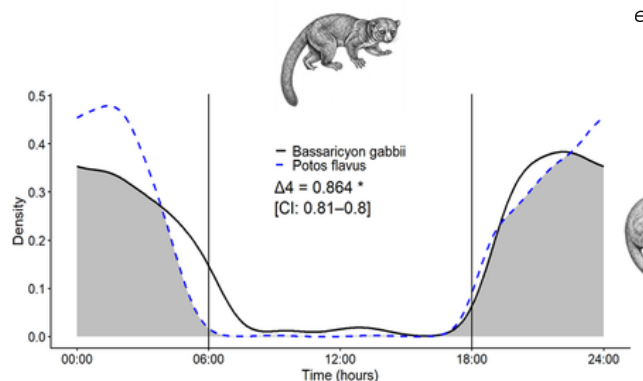
PATRONES DE ACTIVIDAD HORARIA

Para complementar los análisis de frecuencia de cruces, examinamos los patrones de actividad diurna y nocturna de nueve especies de mamíferos arborícolas utilizando datos de vídeo recopilados entre enero de 2023 y julio de 2025. Se analizaron un total de 2.755 eventos independientes. Se clasificaron cuatro especies como diurnas: el mono araña centroamericano, el capuchino de cara blanca, el mono ardilla y la ardilla moteada. Cinco especies eran nocturnas: el zorro de balsa, la martilla, el olingo, la rata vespertina y el puercoespín mexicano. En general, el 83 % de las observaciones independientes se produjeron durante la noche (18:00–06:00).

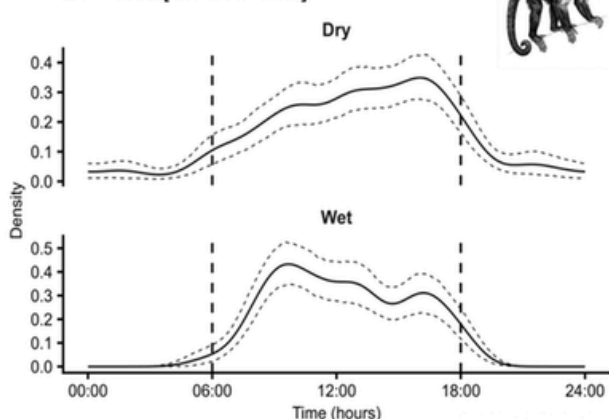
Especies nocturnas. El olingo mostró la mayor actividad media (42 % del ciclo diurno), con picos a las 20:00 y a las 22:00. Los zorros de balsa fueron más activos entre las 19:00 y las 00:00 (pico a las 19:00). Los puercoespines mexicanos mostraron un patrón bimodal (pico a las 19:00 y otro entre las 23:00 y las 02:00). Las ratas vespertinas estuvieron activas entre las 20:00 y las 23:00, mientras que las martillas mostraron una actividad elevada constante entre las 23:00 y las 02:00, alcanzando su pico más tarde que la mayoría de las demás especies nocturnas.



Día y noche. Un mono araña diurno (arriba) cruza durante el día, mientras que una martilla nocturna (abajo) utiliza las estructuras después de medianoche. Estas imágenes de cámaras trampa revelan cómo la partición temporal del nicho ecológico permite que múltiples especies compartan las estructuras de paso en el dosel arbóreo.



b. *Cebus imitator*
 $\Delta 4 = 0.82$ [CI: 0.73–0.89]



Especies diurnas. Las tres especies de primates mostraron patrones de actividad amplios a lo largo del día. Los monos araña alcanzaron su pico de actividad alrededor de las 16:00; los capuchinos de cara blanca mostraron varios picos (09:00, 12:00, 16:00), y los monos ardilla alcanzaron su pico a primera hora de la mañana (06:00) y a última hora de la tarde (17:00), mostrando además actividad crepuscular. El mono ardilla mostró un patrón crepuscular más concentrado, activo principalmente entre las 05:00 y las 07:00.

La conservación requiere saber no solo qué especies están presentes, sino también cuándo están activas. Al revelar los ritmos diarios de los mamíferos arbóreos, este proyecto proporciona la información temporal necesaria para diseñar medidas de mitigación que se adapten al comportamiento de la fauna silvestre.

Arriba: Estimaciones de densidad de kernel de los patrones de actividad diurna del olingo y la martilla. La superposición temporal aparece sombreada en gris y las líneas negras continuas verticales representan las horas de salida y puesta del sol. Abajo: Patrones estacionales de la actividad diurna del capuchino de cara blanca. Las líneas negras continuas representan estimaciones de densidad por kernel, con intervalos de confianza del 95 % indicados por líneas discontinuas grises. Hora del día en horas en el eje x y densidad en el eje y. $\Delta 4$ = coeficiente de superposición | Las líneas negras discontinuas verticales indican las horas de salida y puesta del sol.

Resumen de datos 2020-2025



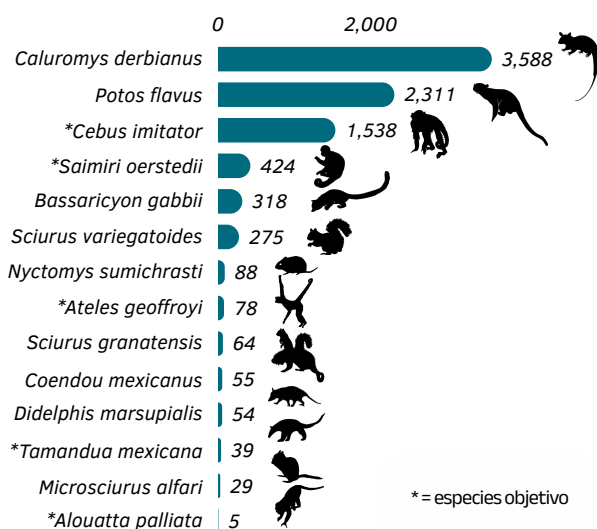
Todos nuestros datos se almacenarán en el Sistema Mundial de Información sobre Biodiversidad (GBIF)

- **36** puentes evaluados a lo largo del Corredor Biológico AmistOsa. 20 de ellos siguen siendo cruces efectivos de fauna.
- **5** diseños de puentes evaluados.
- **10.344** videos de fauna explorando, interactuando y cruzando los puentes.
- **19** especies de mamíferos registrados. A más tiempo desde la instalación, más especies usándolo.
- **3** artículos científicos asociados.
- **1** artículo de datos con todos los registros.

Desempeño de los diseños de puentes evaluados

Cuerda simple	✓
Cuerda doble	✓ ✓ ✓ ✓
Cuerda triple	✓ ✓ ✓
Malla	✓
Escalera	✓ ✓

Total de registros de las especies más registradas



Ubicación de los puentes en el corredor biológico



Especies objetivo registradas

@(c) Raúl Álvarez Mora



Zorro pelón
Didelphis marsupialis



Capuchino cariblanco
Cebus imitator



Mono araña
Ateles geoffroyi



Mono ardilla
Saimiri oerstedii



Oso hormiguero
Tamandua mexicana

@Juanma Contortrix

Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos tras cinco años de seguimiento de nuestros puentes aéreos, ofrecemos las siguientes recomendaciones a los profesionales, las organizaciones conservacionistas y los organismos gubernamentales que deseen poner en marcha o ampliar programas de pasos aéreos para la fauna silvestre en entornos de selva tropical.



Dar prioridad a los puentes de doble y triple cable, por ser el diseño más eficaz y rentable. Nuestros resultados muestran que los puentes de doble y triple cable registraron las frecuencias de cruce y la riqueza de especies más elevadas entre los diseños basados en cables, mientras que los puentes de escalera obtuvieron malos resultados. Los puentes de doble cable ofrecen el mejor equilibrio en cuanto a funcionalidad, ya que permiten el paso tanto a especies con cola prensil como a aquellas sin ella (con un coste aproximado de entre \$140 y \$590 USD por un puente de 20 m, y un tiempo de instalación de entre 4 y 5 horas).

Instalar puentes de la longitud necesaria para salvar los huecos en el dosel, pero dando prioridad a los lugares donde la cobertura natural del dosel ya es limitada. Los puentes con buena cobertura forestal a ambos lados de la carretera y más largos se asociaron con una mayor frecuencia de cruce y una mayor riqueza de especies al representar espacios más grandes en el dosel con menos rutas alternativas naturales. La cobertura del dosel sobre la propia carretera sea relativamente abierta obliga a la fauna silvestre a depender de estructuras artificiales.



Utilizar un enfoque basado en múltiples datos para identificar los lugares prioritarios. La combinación de tres métodos complementarios permite obtener una selección de lugares más sólida: (1) estudios con cámaras trampa para medir la actividad de la fauna silvestre y la riqueza de especies a ambos lados de la carretera, (2) datos de atropellos de animales recopilados por la ciencia ciudadana para identificar los puntos críticos de colisión, y (3) análisis de conectividad para modelar las limitaciones de movimiento a escala del paisaje.

Priorizar lugares en los que se solapan las zonas con alta incidencia de atropellos, los cuellos de botella y las áreas de gran actividad de la fauna silvestre. Los lugares prioritarios son aquellos en los que convergen múltiples fuentes de datos. En nuestro estudio, las zonas con alta incidencia de atropellos coincidían con áreas de cuello de botella (donde el movimiento de los animales se ve limitado por una menor cobertura forestal) y con áreas de gran riqueza de especies a ambos lados de la carretera. Estos lugares ofrecen el mayor potencial de rentabilidad de la inversión en medidas de mitigación.



Listos para su despliegue: un miembro del equipo transporta cuerdas y equipo de instalación al lugar de construcción del puente. Ampliar la implementación de puentes arbóreos en la Península de Osa y más allá requiere apoyo logístico confiable, materiales en buen estado y equipos de campo capacitados. Invertir en infraestructura de transporte y almacenamiento de equipos es una recomendación clave para extender esta estrategia de mitigación a tramos viales prioritarios.

Recomendaciones



Llevar a cabo un seguimiento a largo plazo durante un mínimo de 24 a 30 meses. Nuestros resultados muestran que el uso del puente aumenta considerablemente con el tiempo, y que la frecuencia de paso sigue aumentando al menos durante los 30 meses posteriores a su instalación. Las evaluaciones a corto plazo (menos de un año) subestimarían considerablemente el impacto en la conservación.

Utilizar cámaras trampa emparejadas en ambos extremos del puente. Las cámaras trampa individuales pueden pasar por alto la actividad de la fauna y no permiten confirmar los cruces completos, por lo que las cámaras emparejadas (una en cada extremo) garantizan la detección de todos los cruces. Las cámaras adicionales colocadas de forma que miren hacia el bosque adyacente también pueden captar a los animales que se acercan al puente o lo inspeccionan.



Involucrar a las comunidades locales a través de la ciencia ciudadana y la educación ambiental. Nuestro programa de ciencia ciudadana vinculó a 23 personas de la zona para reportar sus observaciones en la carretera a través de iNaturalist. Recomendamos ampliar este programa para incluir cada vez más usuarios habituales de las carreteras que pueden contribuir al seguimiento a largo plazo.

Ampliar la red de puentes para crear un corredor funcional. Recomendamos dar prioridad a futuras instalaciones a lo largo del corredor biológico que conecta la Península de Osa con el Parque Internacional La Amistad, una vía esencial para los movimientos de especies provocados por el cambio climático. Esto requerirá la coordinación con el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), el SINAC y los propietarios locales.



Además del seguimiento mediante cámaras trampa, fomentamos la participación de los científicos ciudadanos, ya que está demostrado que la ciencia ciudadana es un método viable para recopilar información de seguimiento esencial en una amplia zona geográfica y puede generar un alto nivel de implicación.

Hemos instalado carteles informativos debajo de cada puente que remiten a un proyecto de iNaturalist

Agradecimientos



Queremos expresar nuestro agradecimiento a las siguientes personas y organizaciones, cuyo apoyo ha hecho posible este proyecto de puentes aéreos.

En primer lugar, queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la Fundación Benéfica de la Familia Mazar, al Fondo Internacional de Conservación de Canadá (ICFC), a la Fundación Gordon y Betty Moore (subvención n.º 9075), a la Fundación Bobolink y a Michael y Sabrina Simons por su generoso apoyo financiero a las iniciativas de conservación en la península de Osa, Costa Rica. Se recibió financiación adicional del Fondo de Conservación Disney, la Fundación Margot Marsh para la Biodiversidad, la Fundación Krystyna y Dan Houser y la Fundación de la Familia HR McNeely.

Esta investigación se llevó a cabo al amparo de permisos de investigación y conservación aprobados y expedidos por el SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación) de Costa Rica. Agradecemos al SINAC su compromiso con la conservación de la biodiversidad y la concesión de los permisos n.º SINAC-ACOSA-DT-PI-R-060-2020, n.º SINAC-ACOSA-DASP-PI-R-050-2021 y n.º SINAC-ACOSA-DT-PI-R-009-2023.

Estamos profundamente agradecidos a la Municipalidad de Osa y a la Municipalidad de Golfito por los permisos de acceso a las carreteras y por su colaboración continua. Agradecemos al Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) su cooperación y apoyo.

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a los voluntarios y al personal de Conservation Osa por su inestimable ayuda en el trabajo de campo, la instalación de puentes, el mantenimiento de las cámaras trampa y la revisión de los vídeos. Damos las gracias a todos los ciudadanos científicos costarricenses que participaron en el proyecto de seguimiento de atropellos de iNaturalist. Un agradecimiento especial a los 23 miembros de la comunidad local que asistieron a nuestros talleres y siguen aportando sus observaciones.

Por último, agradecemos a los estudiantes de la Universidad y Centro de Investigación de Wageningen, la Universidad de Edimburgo, la Universidad de Glasgow, la Universidad Estatal de Colorado, la Universidad de Buenos Aires, la Universidad Nacional de Costa Rica, la Universidad de Costa Rica, la Universidad de Toronto, la Universidad de Columbia Británica, la Universidad de Exeter y la Universidad de Wake Forest por sus contribuciones al análisis de datos y la preparación de los manuscritos.

Las siluetas utilizadas en la infografía proceden de Phylopic. Agradecemos sinceramente a Milena Cavalcanti, Patricia Pilatti y Diego Astúa; a Titouan Montessuit; y a Gabriela Palomo-Muñoz por sus contribuciones, bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International.

El éxito de este proyecto es una prueba del potencial de la conservación colaborativa y multidisciplinaria. Cualquier error u omisión es responsabilidad exclusiva de los autores.

Texto e imágenes © Asociación Conservación Osa 2026.
Imágenes adicionales Creative Commons.

Fotografías:

Federico Pardo | Lucas Eberle | Rose Bull
Johan Ortiz | Ian Rock | Camila Shannon
Hugo White | Marion Fischer |
Raúl Álvarez Mora | Juan Ma Contortrix

A person wearing a green helmet and gear is climbing a tree. The person is holding onto a rope and is surrounded by green foliage. The background is a dense forest with many trees and leaves. The person is wearing a green helmet with the word "POA" on it. They are also wearing a green jacket and gloves. The ropes are orange and green. The tree trunk is covered in moss and lichen.

Osa
CONSERVATION