



GRUPO PARA LOS
**LLANOS
DE MOXOS**

CONECTIVIDAD ECOLÓGICA

PARA LA SOSTENIBILIDAD DEL PAISAJE DE LOS LLANOS DE MOXOS EN EL DEPARTAMENTO DEL BENI

*conectando
biodiversidad y
personas*



Conectividad ecológica para la sostenibilidad del paisaje de los Llanos de Moxos en el departamento del Beni: conectando biodiversidad y personas.

Redacción y edición: Silvia Ten, Marielle Cauthin, Andrea Baudoin Farah

Investigación: Silvia Ten, Christian Herrera, Andrea Markos, Luis Guizada, Centro de Investigación en Biodiversidad y Medio Ambiente (CIBIO-MA-UABJB).

Diseño e ilustración: Adriana Herbas Cordero / Kulli Sara

Primera edición: Abril, 2026

DOI: 10.5281/zenodo.19834630

Cita sugerida para este documento: Ten, S., Herrera, C., Markos, A., Guizada, L., Cauthin, M. y Baudoin Farah, A. (2026). Conectividad ecológica para la sostenibilidad del paisaje de los Llanos de Moxos y el departamento del Beni: conectando biodiversidad y personas. Trinidad: WCNR / CIBIO-MA-UABJB / GTLM

Con el apoyo de la Fundación Gordon y Betty Moore (Grant 9750.01)

Universidad Autónoma del Beni José Ballivián (UABJB)

Rector: Jesús Egüez (Gestión 2021-2026).

Directora CIBIOMA-UABJB: Rebeca Rivero.

Créditos de mapas y figuras: Ten, S., Herrera, C., Markos, A., & Guizada, L.A. (2025). Conectividad ecológica para la sostenibilidad del paisaje de los Llanos de Moxos y el departamento del Beni. Trinidad, Bolivia. CIBIO-MA-UABJB con el apoyo de: Universidad Estatal de Colorado / Fundación Gordon y Betty Moore / Grupo de Trabajo para los Llanos de Moxos.

CONECTIVIDAD ECOLÓGICA PARA LA SOSTENIBILIDAD DEL PAISAJE DE LOS LLANOS DE MOXOS Y EL DEPARTAMENTO DEL BENI:

*conectando biodiversidad y
personas*



CONECTIVIDAD A ESCALA DE
PAISAJE, UNA HERRAMIENTA
CLAVE PARA **MANTENER**
LA BIODIVERSIDAD Y LOS
SERVICIOS AMBIENTALES



PRESENTACIÓN

La pérdida de biodiversidad es uno de los problemas de sostenibilidad más críticos que enfrenta nuestro planeta. La biodiversidad es la base de la funcionalidad y resiliencia de los ecosistemas, contribuyendo al bienestar de las personas a través de la provisión de servicios ecosistémicos. El cambio de uso del suelo y el cambio climático son sus dos principales amenazas, al reducir la disponibilidad de hábitat y la conectividad del paisaje. Ambos factores interactúan causando efectos sinérgicos sobre las especies, sus hábitats y la funcionalidad del paisaje en su conjunto, comprometiendo la provisión, regulación y soporte de los servicios ambientales para la población.

Actualmente, se reconoce la conectividad del paisaje como una característica indispensable para la conservación de la biodiversidad y la funcionalidad de los ecosistemas, destacando su papel en numerosos procesos ecológicos y en la mitigación y adaptación al cambio climático. Frente a este reconocimiento se presentan dos desafíos: evaluarla y definir estrategias para asegurarla.

El departamento del Beni, y los Llanos de Moxos que lo caracterizan en gran parte de su extensión, está conformado por una compleja variedad de ecosistemas que mantienen una relación estrecha con los ciclos anuales de inundación y sequía. La integridad e interconexión entre sus bosques, sabanas y humedales sostiene no solo la diversidad natural y cultural que caracteriza a este paisaje biocultural, sino también las funciones ambientales que permiten

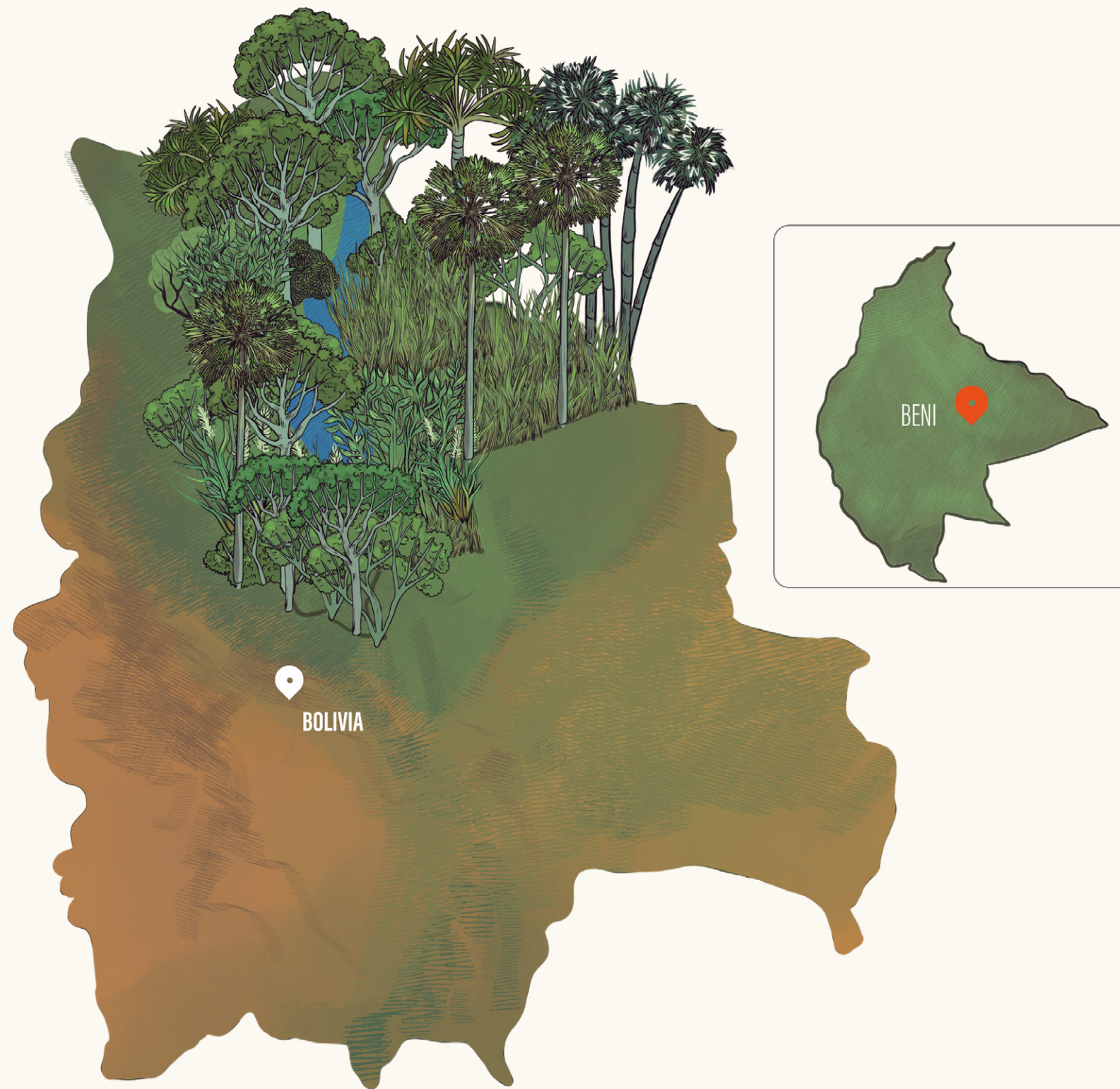
a su población desarrollarse y reproducir sus prácticas culturales. Los Llanos de Moxos se constituyen, además, en el complejo de sabanas inundables más extenso de la Amazonía, un lugar crítico para el equilibrio hídrico de la región.

En los últimos años, los cambios e intensificación del uso del suelo han tenido impactos significativos en este paisaje, modificando y reemplazando las coberturas naturales, aportando a su fragmentación y a la reducción de la conectividad ecológica. En los próximos años se prevé que, en ausencia de nuevas políticas o estrategias de planificación, estas tendencias se agraven. La pérdida y degradación creciente de hábitats naturales, en escenarios climáticos más cálidos, secos y propensos a incendios y eventos climáticos extremos, probablemente presione aún más las poblaciones de especies de animales silvestres, que tendrán que enfrentarse a paisajes más fragmentados con menor disponibilidad de recursos y hábitats adecuados.

Frente a esta pérdida de hábitat y a las cambiantes condiciones climáticas, la fauna debe ser capaz de tolerar el cambio, adaptarse, moverse o enfrentar la extinción. El análisis de conectividad ofrece una oportunidad para identificar alternativas clave para el mantenimiento de la biodiversidad y funcionalidad del paisaje, y proponer estrategias de gestión territorial enfocadas a preservar la capacidad de la naturaleza para mantener un flujo diversificado de servicios ambientales.

A pesar de la evidencia que respalda la importancia de la conectividad del paisaje para la seguridad humana y la salud ecológica, la implementación de estrategias de conectividad paisajística en Bolivia ha sido escasa. En el departamento del Beni, este es el primer estudio realizado.

En ese sentido, el presente documento recoge resultados relevantes del estudio: “Conectividad ecológica para la sostenibilidad del paisaje de los



Llanos de Moxos y el departamento del Beni”, realizado como parte de las actividades del Grupo de Trabajo para los Llanos de Moxos (GTLM) (Ten et al. 2025), en el marco del proyecto: “Integrando valores de servicios ecosistémicos en instrumentos de política local y regional para la conservación y el desarrollo sostenible en los Llanos de Moxos” (2024 - 2025).

El trabajo se enfoca en obtener una visión integral de la conectividad y fragmentación del paisaje de los Llanos de Moxos y del departamento del Beni, identificando y caracterizando las zonas que más contribuyen a la conectividad del conjunto y su vulnerabilidad en escenarios futuros de cambio (cambio de uso del suelo y cambio climático), como base para proponer modelos de gestión y planeación territorial.

El proyecto permitió obtener resultados novedosos y con importantes aplicaciones prácticas para el paisaje del área de estudio y su futuro, aportando información sobre las transiciones de sus coberturas y su conectividad actual y en escenarios futuros de cambio, así como respaldo técnico para proponer acciones para su mantenimiento y fortalecimiento. Estos resultados permiten identificar áreas clave y zonas de mayor riesgo, priorizar espacios y propuestas de gestión y enfocar esfuerzos de planificación que incorporan los escenarios previstos de cambios futuros en las tomas de decisiones actuales.

Los resultados se convierten así en un aporte importante al conocimiento de la ecología del paisaje de los Llanos de Moxos y del departamento del Beni, y en una herramienta fundamental para la planificación y ordenamiento integral del territorio, que permite avanzar hacia un paisaje resiliente y conectado para sostener la biodiversidad en un clima cambiante.



¿POR QUÉ ESTUDIAR LA CONECTIVIDAD? LA NECESIDAD DE UNA VISIÓN INTEGRAL DEL PAISAJE

La conectividad del paisaje se refiere al flujo de los procesos naturales que sustentan la vida, y de los que dependen todas las personas y actividades económicas, y se manifiesta, especialmente, en el movimiento sin obstáculos de las especies en los paisajes. Asimismo, la conectividad del paisaje facilita la resiliencia frente a los efectos del cambio climático. Por ello, comprender e incorporar este enfoque en la gestión territorial y en la planificación y desarrollo de actividades optimiza el uso sostenible del territorio (FCDS, 2023).



La conectividad ayuda a las especies a satisfacer sus necesidades diarias, estacionales y vitales, contribuye a mantener la diversidad genética y promueve la viabilidad y persistencia de las poblaciones de fauna silvestre en paisajes cada vez más fragmentados. Para ayudar a las especies a persistir en el futuro, mantener hábitats suficientes y garantizar su conectividad en paisajes sanos y heterogéneos son los retos del futuro. Los paisajes heterogéneos conectados facilitan el desplazamiento de las especies para

acceder a los recursos requeridos, variar sus áreas de distribución en caso necesario y acceder a refugios clave (zonas elevadas para protegerse de las inundaciones, sombra para evitar las altas temperaturas, provisión de recursos estacionales, protección durante sequías extremas y frente incendios, etc.).

Para hacer frente a los desafíos que el departamento del Beni enfrenta, degradación de hábitats y pérdida de biodiversidad, y sus riesgos en términos de integridad y funcionalidad del paisaje, urge una visión de gestión territorial integral basada en evidencia que

contribuya a la toma de decisiones y priorice la salud de los ecosistemas. Por ello, este estudio prioriza el enfoque de conectividad ecológica como un aporte clave a la planificación y gestión sostenible del paisaje de los Llanos de Moxos y del departamento del Beni.

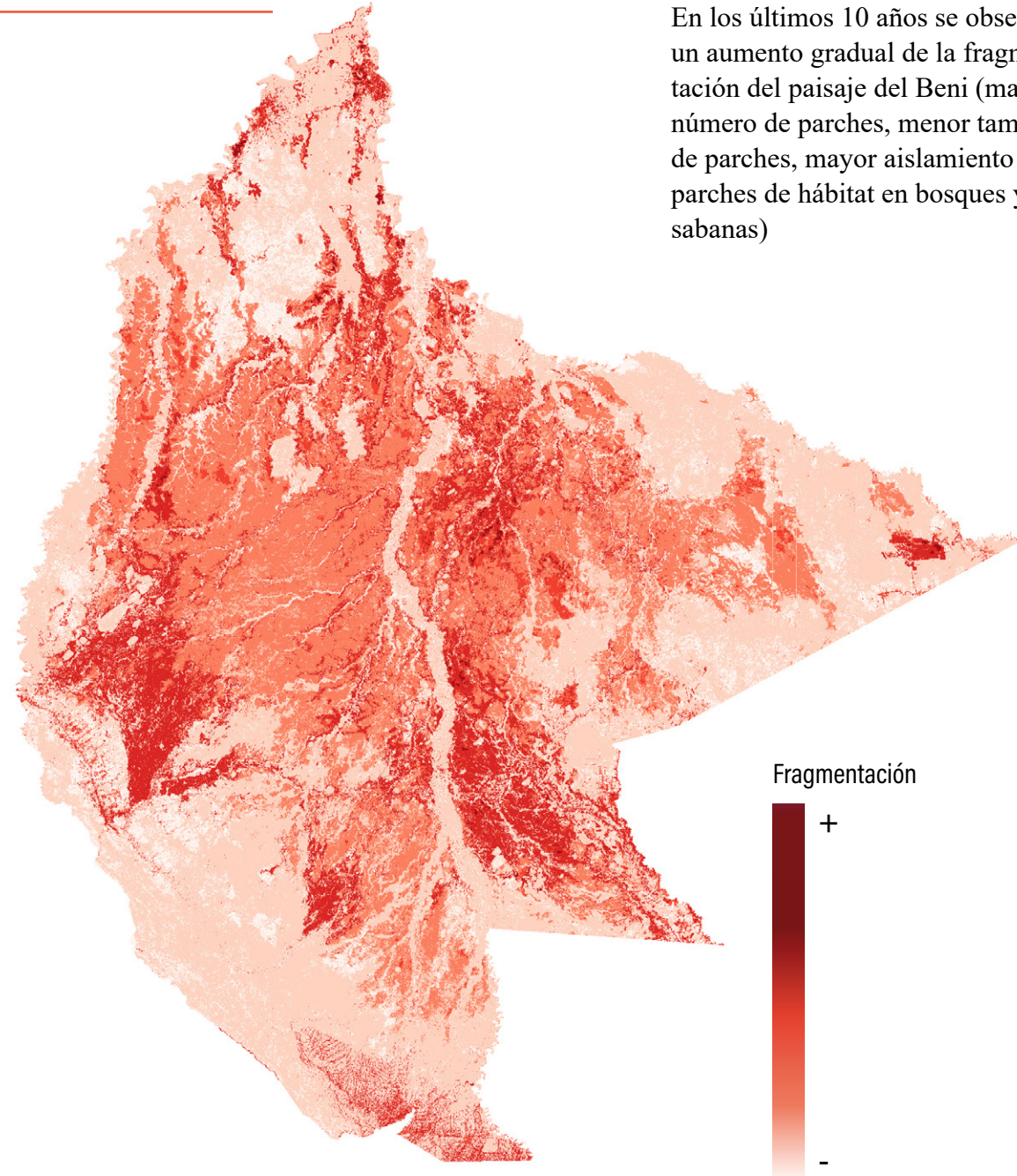
El análisis de la conectividad (actual y futura) ofrece una oportunidad para identificar espacios clave para mantener la biodiversidad y funcionalidad del paisaje, y formular estrategias de gestión territorial enfocadas en preservar su capacidad para mantener un flujo diversificado de servicios ambientales.



▼ HÁBITATS NATURALES
▼ BIODIVERSIDAD

▲ FRAGMENTACIÓN
▼ SERVICIOS AMBIENTALES

FRAGMENTACIÓN DEL PAISAJE DEL DEPARTAMENTO DEL BENI 2024



Cambios en la configuración del paisaje

En los últimos 10 años se observa un aumento gradual de la fragmentación del paisaje del Beni (mayor número de parches, menor tamaño de parches, mayor aislamiento entre parches de hábitat en bosques y sabanas)

La fragmentación es una medida de la permeabilidad del paisaje basada en sus características físicas y en la disposición de los parches de hábitat.

De manera general, los procesos de fragmentación en ambientes naturales ocasionados por actividades humanas (barreras) reducen la conectividad e impiden el paso de las especies en el territorio. Esto constituye una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad, que perjudica el desempeño de los procesos ecológicos y, en consecuencia, la provisión de los servicios ecosistémicos

LA CONECTIVIDAD SE CONSTITUYE EN UNA CARACTERÍSTICA INDISPENSABLE PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD Y LA FUNCIONALIDAD DE LOS ECOSISTEMAS.

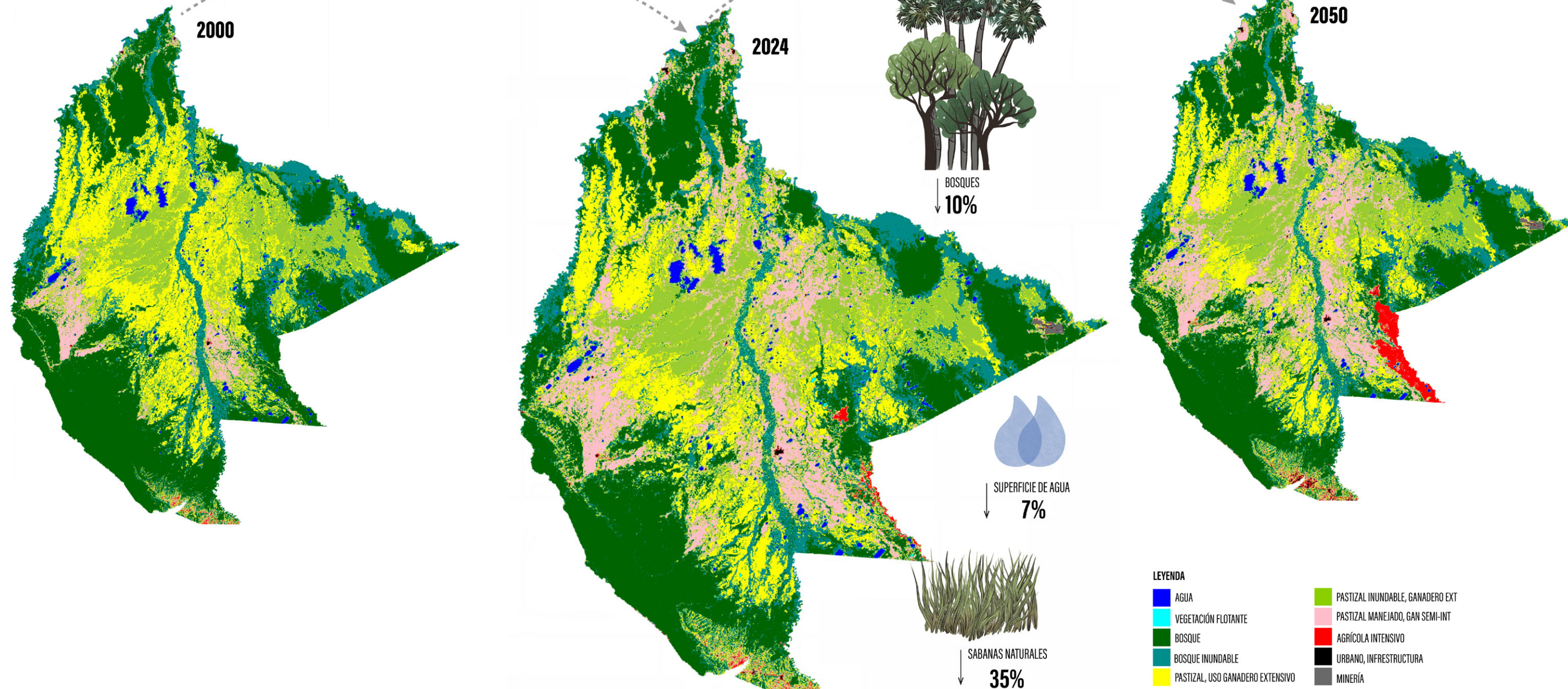


CAMBIOS EN EL PAISAJE DEL DEPARTAMENTO DEL BENI Y LOS LLANOS DE MOXOS

El paisaje del Beni está cambiando. En los últimos años ha sufrido una pérdida gradual de sus hábitats naturales, afectando principalmente a sus sabanas naturales, pero también a los bosques y humedales. Los resultados muestran que, entre 2000 y 2024, los procesos de transformación antrópica -la mayoría sin planificación- han configurado un paisaje dominado por coberturas con usos del suelo más intensivos, que han reemplazado los hábitats naturales, destacando la pérdida del 7% de la superficie de agua, 10% de bosques y 35% de sabanas.

Las predicciones futuras de cambio de uso del suelo, agravadas por el cambio climático, pronostican que esta tendencia se mantendrá, con una pérdida acumulada (2000 - 2050) prevista de cerca del 15% de bosques y alrededor del 50% de sabanas, y una reducción superior al 10% de la superficie de agua en el paisaje. Estos cambios reducen la cantidad y calidad de hábitat disponible e impulsan su fragmentación y, con ello, comprometen su biodiversidad, la funcionalidad de los paisajes y la capacidad de adaptación a los escenarios de cambio futuros previstos.

CARACTERIZACIÓN DEL PAISAJE 2000 – 2024 – 2050



EL PAISAJE, HOGAR PARA LA BIODIVERSIDAD

Puesto que la conectividad funcional se refiere a la respuesta en la conducta de los individuos y especies ante la estructura física del paisaje, esta se verá influenciada por los requisitos de hábitat de cada especie, su capacidad de dispersión, la tolerancia a hábitats alterados y la fase de vida.

Por este motivo, para el estudio de conectividad es necesario seleccionar un número pequeño de especies que, por sus características, se espera que al cumplir con sus requisitos espaciales en paisajes suficientemente grandes e interconectados se cumpla con las necesidades de las demás especies que cohabitan con ellas. De esta manera, el estudio de estas especies permite abarcar los requerimientos ecológicos de una gran variedad, si no la totalidad, de especies del paisaje (Alonso-F et al. 2017; FCDS, 2023; González et al. 2023; Moyano-Molano et al. 2022, entre otros). A estas especies las denominamos especies focales.

Para su selección se consideraron varios criterios, entre los que destacan: 1) especies con características ecológicas contrastantes representativas de los diferentes hábitats presentes en el departamento del Beni, con el fin de que la totalidad del paisaje se encuentre representado; 2) especies con mayores requerimientos de área, ya que al seleccionar las especies con las necesidades de hábitat más altas se aumenta la probabilidad de que el resto de especies queden incluidas; 3) capacidad de dispersión, las especies que son más móviles o que tienen grandes rangos de dispersión aportan una visión amplia de la posible fragmentación de las unidades que componen el paisaje; 4) especies con interés para la conservación (vulnerables, amenazadas, emblemáticas) entre cuyas amenazas se encuentre la pérdida, degradación y/o fragmentación de hábitat (Alonso-F et al. 2017; FCDS, 2022; OCAMP, 2023).

Como resultado, se seleccionaron 6 especies que, por sus requerimientos de hábitat, distribución en el paisaje, tolerancia a condiciones de hábitat inadecuadas y amenazas, se consideran claves para evaluar la conectividad ecológica a escala de paisaje del departamento del Beni: jaguar (*Panthera onca*), chanco de tropa (*Tayassu pecari*), águila arpía (*Harpia harpyja*), borocho (*Chrysocyon brachyurus*), oso bandera (*Myrmecophaga tridactyla*) y ciervo de los pantanos (*Blastocerus dichotomus*). Estas especies representan no solo los principales tipos de hábitat presentes en el Beni, sino también una elevada diversidad de características estructurales dentro de estos, historias de vida y tipos de movilidad. Paralelamente, todas las especies seleccionadas cumplen una importante función ecológica en el paisaje, aportando al mantenimiento del equilibrio y funcionalidad de los ecosistemas.

Esta selección permite abarcar la máxima diversidad de requerimientos y rasgos ecológicos a escala de paisaje de los Llanos de Moxos y del departamento del Beni; por sus características, se espera que al cumplir con los requisitos espaciales de estas especies en paisajes suficientemente grandes e interconectados, se cumpla con las necesidades de las demás especies que cohabitan con ellas.

Tres de estas especies se encuentran más asociadas a hábitats de bosque (jaguar, arpía y tropero), mientras que las otras tres lo están a hábitats de sabana (borocho y oso bandera) y humedales (ciervo de los pantanos), mostrando diferentes especificidades ecológicas y sensibilidad a la perturbación/tolerancia a hábitats alterados, los mayores ámbitos de hogar (requerimientos más altos de área de un determinado tipo de hábitat) y un rango amplio de capacidad de dispersión.

CONOCIENDO A NUESTRAS ESPECIES FOCALES



VU

<VU>

150 km²/rep
50 km



50 - 100 km²
9 km promedio

Los **jaguars** utilizan con preferencia las áreas boscosas, incluidos los bosques de ribera (corredores de movimiento claves) y, parcialmente, los humedales, con áreas mínimas de hábitat que oscilan entre los 50-150 km²/adulto dependiendo de la disponibilidad de presas y la estacionalidad. Los paisajes modificados por humanos, particularmente por la agricultura y los asentamientos, probablemente presentarán una resistencia significativa a su movimiento. Las carreteras pueden actuar como barreras y aumentar el riesgo de mortalidad.

ROL ECOLÓGICO: Regula las poblaciones de herbívoros manteniendo saludables los ecosistemas. Predador tope.



ROL ECOLÓGICO: Regulador de poblaciones, predador tope.



NT **<VU>** 70-80 / 100 km²
20- 30 km

El **tropero** requiere amplias áreas continuas de hábitat no perturbado que pueden superar los 100 km² debido a sus grandes grupos y extensos rangos de hogar, mostrando una fuerte dependencia por las áreas de bosque, especialmente bosques ribereños (hábitat preferido). Son particularmente sensibles a la fragmentación del bosque y a la presión por cacería, pudiendo verse afectados por las inundaciones extremas, moviéndose a hábitats más altos durante estos periodos. Las áreas boscosas favorecen los movimientos de los grupos de troperos. Debido a la fuerte dependencia de esta especie a grandes extensiones de bosque contiguas y su sensibilidad a las perturbaciones humanas, la fragmentación de áreas boscosas (por ejemplo, debido al cambio de uso del suelo y las carreteras) creará una alta resistencia a su movimiento.

ROL ECOLÓGICO: Dispersor clave de semillas, sus movimientos en grupo promueven la dinámica forestal.



NT **<VU>** 3-90 km²
11 km

El **oso bandera** utiliza una variedad de hábitats, incluidos bosques, sabanas y pastizales abiertos, con preferencia por áreas apartadas y con cobertura vegetal para descansar (grandes áreas que contengan parches de bosque). Son sensibles a la pérdida y fragmentación del hábitat, así como a la mortalidad debido a las carreteras. Si bien se puede considerar generalista de hábitat, son especialistas en la dieta (hormigas y termintas).

ROL ECOLÓGICO: Regulador de poblaciones de las especies que le sirven de alimento.



NT **<NT>** 25-50 / 100 km²
11- 14 km

El **borochi** prefiere hábitats abiertos y semiabiertos, especialmente pastizales con arbustos y árboles dispersos incluidos (bosques en galería, Cerrado y áreas pantanosas cerca de ríos). Son animales solitarios con grandes rangos de hogar. Se consideran casi amenazados debido a la pérdida y conversión de hábitat a agricultura y pastoreo. Los paisajes dominados por humanos presentarán una mayor resistencia a su movimiento.

ROL ECOLÓGICO: Regula poblaciones de mamíferos pequeños y dispersa semillas.



VU **<VU>** 25-50 km²
4-50 km

El **ciervo de los pantanos** prefiere ecosistemas de humedales y sabanas inundadas, usando también áreas de bosques ribereños, con ámbitos de hogar asociados a la estacionalidad de la llanura de inundación debido a su alta dependencia de humedales en buen estado de conservación (especialista en requerimientos de hábitat y alimenticios), siendo muy sensible a la degradación de su hábitat y a los disturbios antrópicos. Las inundaciones estacionales se constituyen en un factor clave que influirá en su movimiento y conectividad. Se alimenta principalmente de vegetación acuática y semiacuática/palustre en cuerpos de agua/pantanos en medio de las sabanas.

ROL ECOLÓGICO: Regula la vegetación acuática y es clave para los humedales.



Categorías de la lista de especies amenazadas, según el Libro Rojo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UCIN) y Libro Rojo de Vertebrados de Bolivia.

Categorías del Libro Rojo de los Vertebrados de Bolivia.

<VU> Vulnerable (VU) **<NT>** Casi amenazada (NT)
VU Vulnerable (VU) **NT** Casi amenazada (NT)

IDONEIDAD DE HÁBITAT Y RESISTENCIA DEL PAISAJE AL MOVIMIENTO DE LAS ESPECIES

La **idoneidad del hábitat** describe la capacidad de un hábitat para sustentar una especie particular en función de sus características. Cuanto más se asemeje un hábitat a su estado natural, más adecuado será para que la especie viva en él. El modelado espacial de este índice, que representa la relación entre una especie y un hábitat, permite identificar áreas de hábitat potencial y caracterizar qué tan ideal es un hábitat para una especie, convirtiéndose en una herramienta útil para evaluar la calidad del hábitat para diferentes especies y su distribución espacial, con aplicaciones en la conservación y la gestión ambiental, así como en aspectos relacionados con el monitoreo de la biodiversidad (Di Febbraro et al. 2018; Reza et al. 2013; Sutton et al. 2022; Zhu et al. 2021).

La **resistencia del paisaje** estima el grado en el que los paisajes, o los elementos dentro de estos, obstaculizan los movimientos de los organismos. La influencia de la heterogeneidad ambiental es considerada a través de las denominadas superficies o capas de resistencia que caracterizan el territorio atendiendo a la dificultad (o facilidad) que imponen los elementos y características del paisaje al movimiento de las especies y cómo influyen en este movimiento (OCAMP, 2023; Zeller et al. 2012). Los modelos de conectividad utilizan esta información para evaluar la probabilidad de movimiento en el paisaje en su conjunto y predecir las conexiones a lo largo del rango de distribución de las especies. La resistencia del paisaje, de manera similar a la conectividad, es específica de

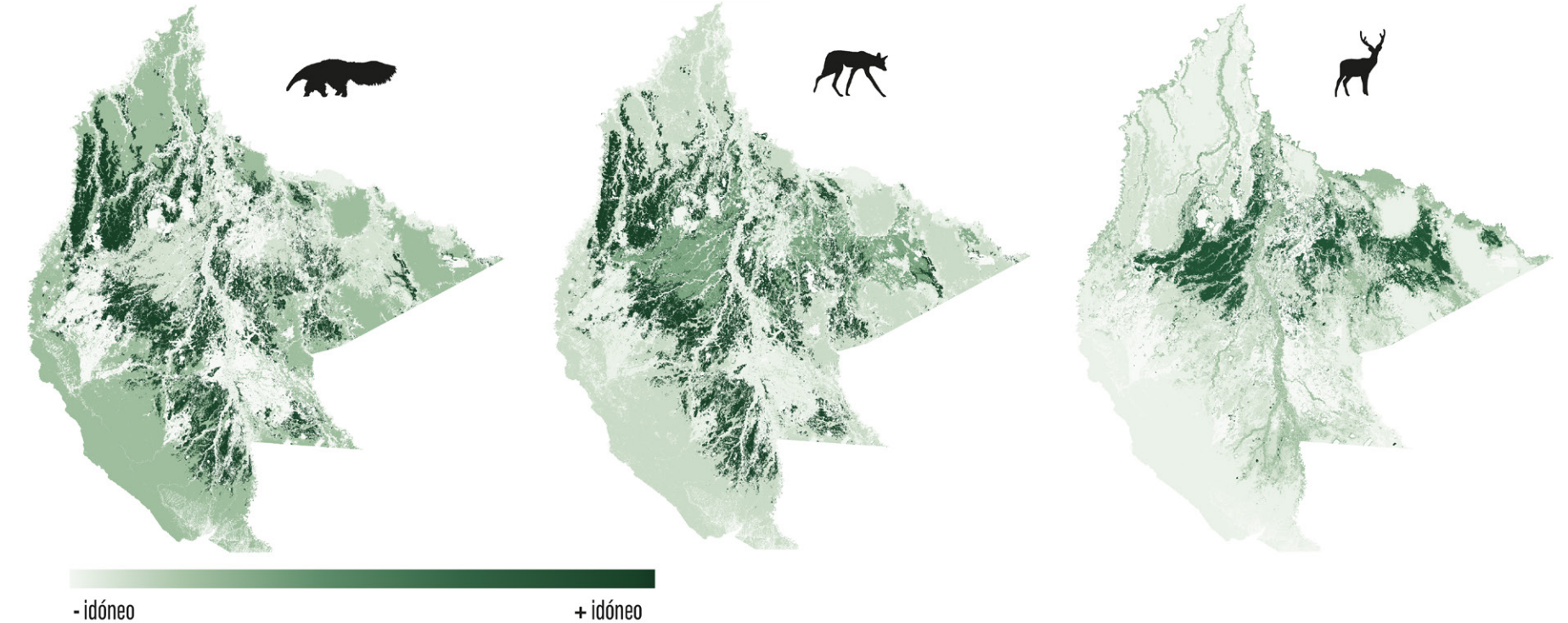
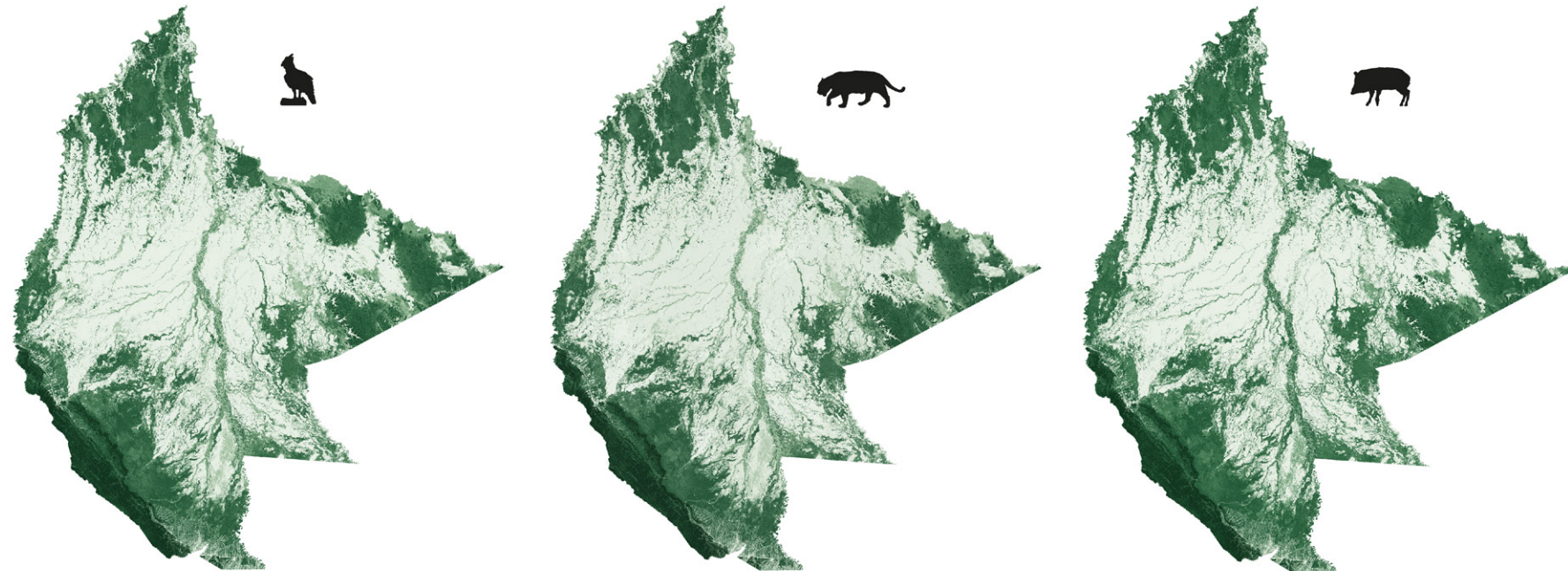
las características ecológicas de cada especie y depende, en gran medida, de su historia de vida, las condiciones de hábitat que necesita para sobrevivir y de sus factores de amenaza (Unnithan Kumar & Cushman, 2022).

Los modelos de resistencia, por tanto, evalúan el paisaje desde la perspectiva del desplazamiento de las especies, expresando la facilidad o dificultad, el costo energético o el riesgo de mortalidad que cada especie mostrará para trasladarse por el paisaje. En este sentido, mientras los modelos de idoneidad reflejan qué tan adecuado es un sitio para la presencia de una especie, los modelos de resistencia ponderan cuán costoso resulta atravesarlo. Por esta razón, los modelos de resistencia tienden a ser menos restrictivos que los de idoneidad de hábitat, ya que reconocen

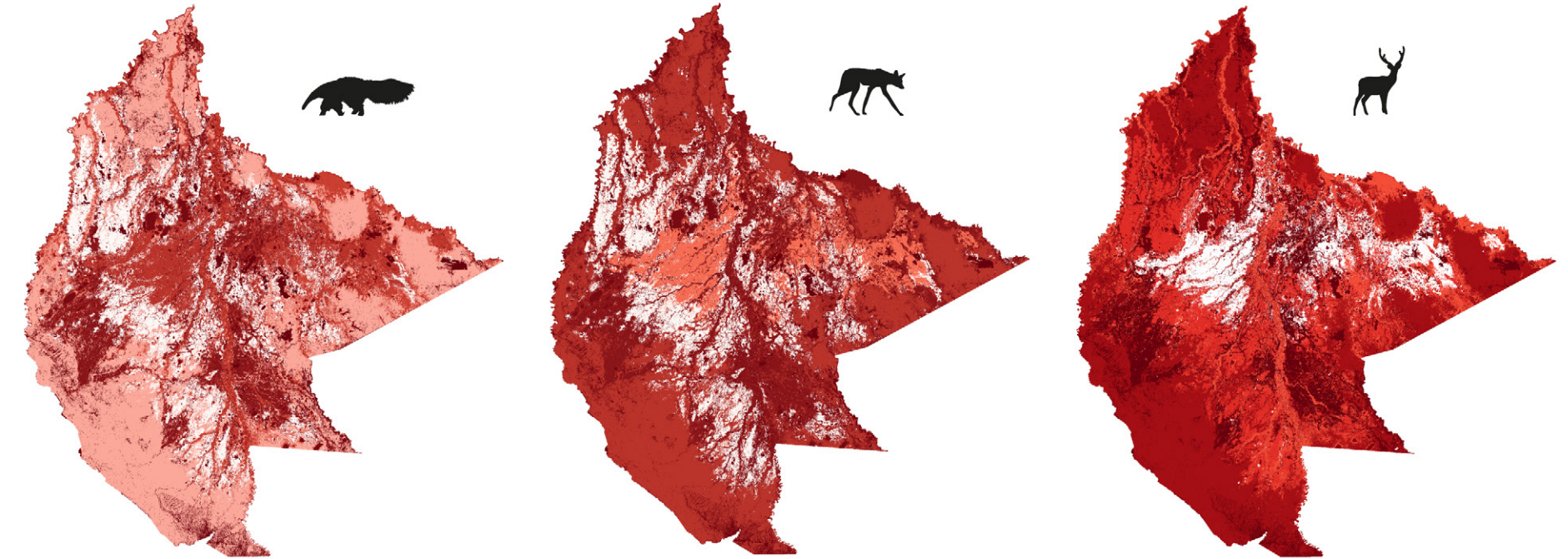
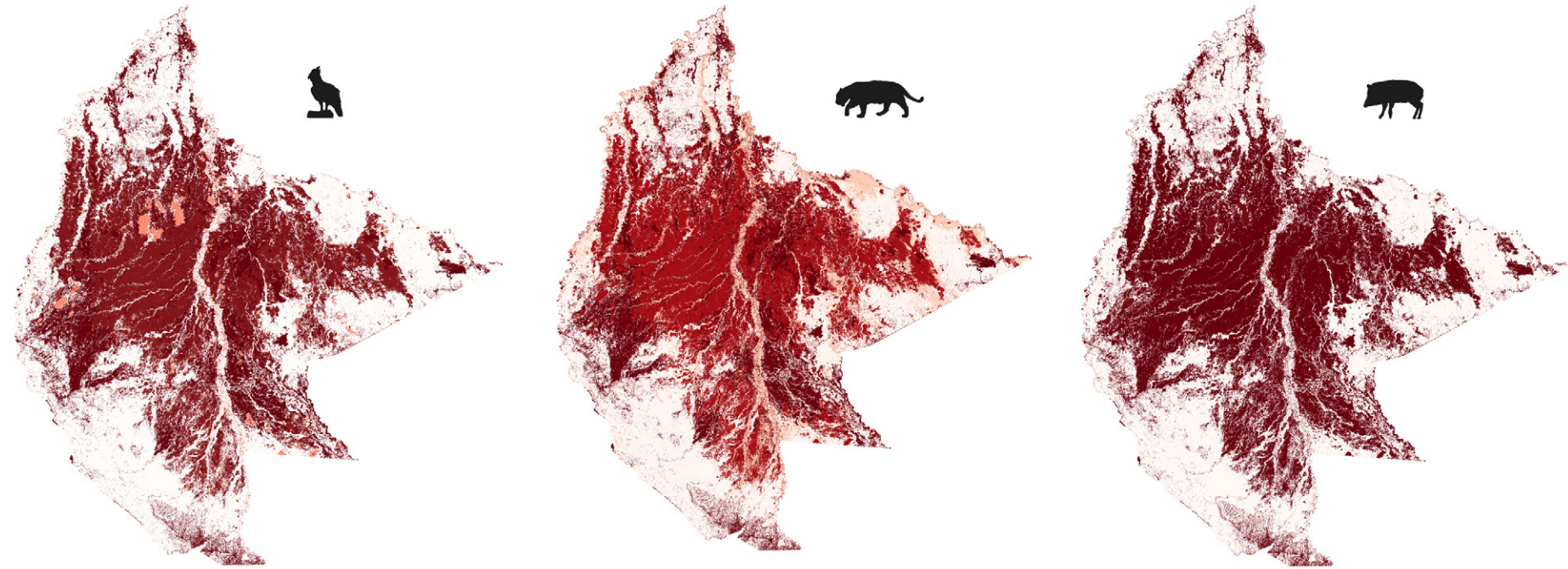
que las especies a menudo se desplazan por hábitats menos adecuados o inadecuados para acceder a recursos clave.

De manera general, las coberturas asociadas a actividades humanas intensivas o a fuertes transformaciones del paisaje presentan valores elevados de resistencia para la mayoría de las especies, convirtiéndose en barreras que impiden o dificultan el movimiento, mientras que las áreas de baja resistencia se manifiestan como corredores potenciales que conectan parches de hábitat. Estos mapas se convierten en herramientas de interés para la planificación del manejo del territorio, permitiendo a los gestores identificar visualmente potenciales corredores ecológicos y barreras críticas al movimiento.

IDONEIDAD DE HÁBITAT PARA LAS ESPECIES FOCALES



RESISTENCIA AL MOVIMIENTO PARA LAS ESPECIES FOCALES



- resistencia al movimiento + resistencia al movimiento

CONECTIVIDAD FUNCIONAL DEL PAISAJE DE LOS LLANOS DE MOXOS Y DEL DEPARTAMENTO DEL BENI

Como se menciona previamente, la conectividad ecológica (o conectividad funcional) del paisaje puede definirse como la característica del paisaje que facilita los flujos ecológicos y el movimiento de los organismos a través del mismo, siendo considerada como un factor clave en la conservación de la biodiversidad, la preservación de los procesos ecológicos y el mantenimiento de la estabilidad e integridad de los ecosistemas naturales (Reza et al. 2013; Sutton et al. 2022). La conectividad asegura la dispersión de las especies, el flujo de genes necesario para mantener las poblaciones y diversas funciones ecológicas a nivel de paisaje, constituyendo un aspecto clave en la planeación de la conservación, el análisis de cambios, los programas de monitoreo y la gestión territorial a escala de paisaje (Di Febbraro et al. 2018; Zhu et al. 2021).

La conectividad del paisaje es inherente a cada especie (Alonso-F et al. 2017; Gurrutxaga, 2014; Prima et al. 2024). La fauna silvestre depende de su capacidad para desplazarse por el paisaje para satisfacer sus necesidades diarias y estacionales de acceso a agua, alimento, refugio y oportunidades de reproducción. Diferentes eventos, principalmente debidos a actividades humanas, provocan cambios en el paisaje que pueden restringir la capacidad de desplazamiento de las especies al crear barreras, impactar en zonas críticas y aumentar la fragmentación del hábitat. Los hábitats conectados ayudan a la fauna silvestre a responder a las condiciones cambiantes del paisaje, permitiéndoles desplazarse con seguridad en busca de nuevos hábitats tras perturbaciones como cambios de uso del suelo, infraestructura, expansión urbana, incendios, sequías, inundaciones o el cambio climático (OCAMP, 2023).

La magnitud de pérdida de conectividad depende de varios factores, entre los que destacan las características y la disposición en el paisaje de los fragmentos o parches de hábitat y las características de los espa-

cios que separan dichos parches. Los modelos de resistencia del paisaje son la base de los modelos de conectividad. El modelo de conectividad utiliza esta información como un insumo para evaluar la probabilidad de movimiento en el paisaje en su conjunto y predecir las conexiones a lo largo del rango de distribución de las especies (McRae et al. 2016; OCAMP, 2023).

Existen diferentes enfoques para abordar el análisis de la conectividad del paisaje. Para este estudio, la conectividad del paisaje para cada una de las especies focales se abordó a través de Omniscape. Omniscape modela la conectividad del hábitat en un paisaje utilizando la teoría de circuitos, lo que permite una evaluación continua, más completa y realista de la conectividad del paisaje en comparación con otros modelos más tradicionales y extendidos sustentados, por ejemplo, en la teoría de redes, que no evalúan de manera continua el paisaje, sino que conectan áreas predefinidas en este (Prima et al. 2024).

Omniscape utiliza la corriente eléctrica como indicador del movimiento animal, evaluando cada celda del paisaje de forma independiente. Los paisajes se tratan como superficies de resistencia y el flujo de corriente eléctrica a través de estas superficies de resistencia actúa como un indicador de las posibles rutas de movimiento de los animales. Las zonas altamente resistentes, como los centros urbanos, impedirán el flujo de corriente, mientras que las zonas menos resistentes, como los hábitats intactos, lo facilitarán. El resultado se presenta en mapas que muestran la conectividad del paisaje para cada especie focal en diferentes supuestos:

- Los mapas de flujo acumulado muestran la corriente total que fluye a través del paisaje.

- Los mapas de flujo potencial muestran el flujo de corriente en condiciones de resistencia nula, es decir, sin restricciones, sintetizando la capacidad intrínseca del paisaje para mantener o recuperar la conectividad.
- Los mapas de flujo de corriente normalizado muestran las rutas más probables de movimiento entre hábitats y ayudan a identificar áreas donde la corriente se ve obstaculizada o canalizada (mayor o menor corriente de la esperada en condiciones de resistencia nula), y permite la comparación entre diferentes situaciones o contextos e identificar áreas críticas para la conectividad. Valores altos indican que el flujo se canaliza, valores bajos, que el flujo, o movimiento animal, se ve obstaculizado.

El análisis conjunto de estos tres productos en el contexto del paisaje permite una interpretación más completa sobre el movimiento previsto de las especies en el paisaje.

Como muestran los mapas que se presentan a continuación, de manera general se observa que, las especies asociadas principalmente a hábitats boscosos (jaguar, chanco de tropa y águila arpía), todavía disponen de espacios amplios con pocas barreras para moverse, sin embargo, también resaltan las grandes distancias entre varios de estos espacios y los principales corredores disponibles. En el caso de las especies con mayor preferencia por hábitats de sabana (borocho y oso bandera), los espacios se reducen, indicativo de mayor dificultad de movimiento libre por el territorio, pero con mayor número de conectores para trasladarse. Por último, al considerar al ciervo de los pantanos, dependiente de humedales, las extensas áreas de flujo acumulado presentan poca conectividad entre ellas, lo que podría poner en riesgo las migraciones estacionales, o

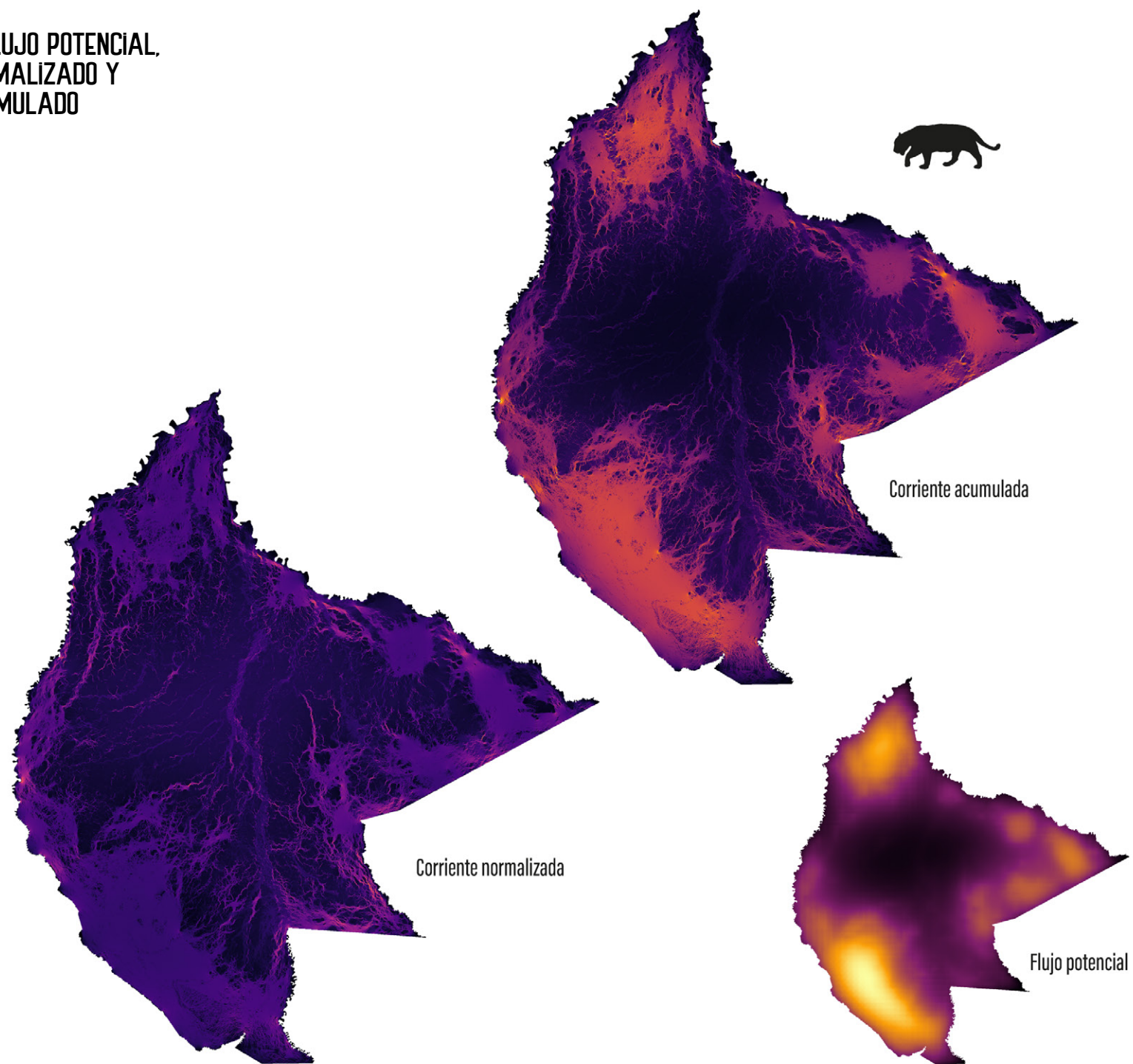
las migraciones impulsadas por la pérdida o degradación de estos hábitats, así como el acceso a refugios, por ejemplo, frente a inundaciones. En todos los casos, las áreas donde la conectividad se acumula o canaliza (zonas de mayor flujo acumulado o zonas críticas para el movimiento de las especies), cruzan barreras o, en el caso de las especies asociadas a hábitats boscosos, recorren grandes distancias para sortearlas.

Destaca la importancia de los corredores fluviales, entre ellos los ríos Mamoré y Yacuma y, parcialmente, Matos, así como de las transiciones entre sabanas arboladas y pastizales abiertos. Estas zonas muestran una alta densidad de flujo acumulado en superficies reducidas, convirtiéndolas en elementos esenciales para la movilidad de especies, en especial, aquellas asociadas a ambientes abiertos, como borocho, oso bandera y ciervo de los pantanos. En los ecosistemas de bosque, los “cuellos de botella” o áreas críticas para la conectividad se concentran en los remanentes continuos de bosque, destacando nuevamente los bosques de ribera. Estas áreas presentan valores elevados de corriente acumulada y normalizada, reflejando su papel como puentes ecológicos que permiten la dispersión y el desplazamiento de especies de bosque de amplia movilidad como jaguar, chanco de tropa y águila arpía. Los resultados evidencian que estos corredores funcionan como vínculos esenciales para el mantenimiento de la conectividad del paisaje.

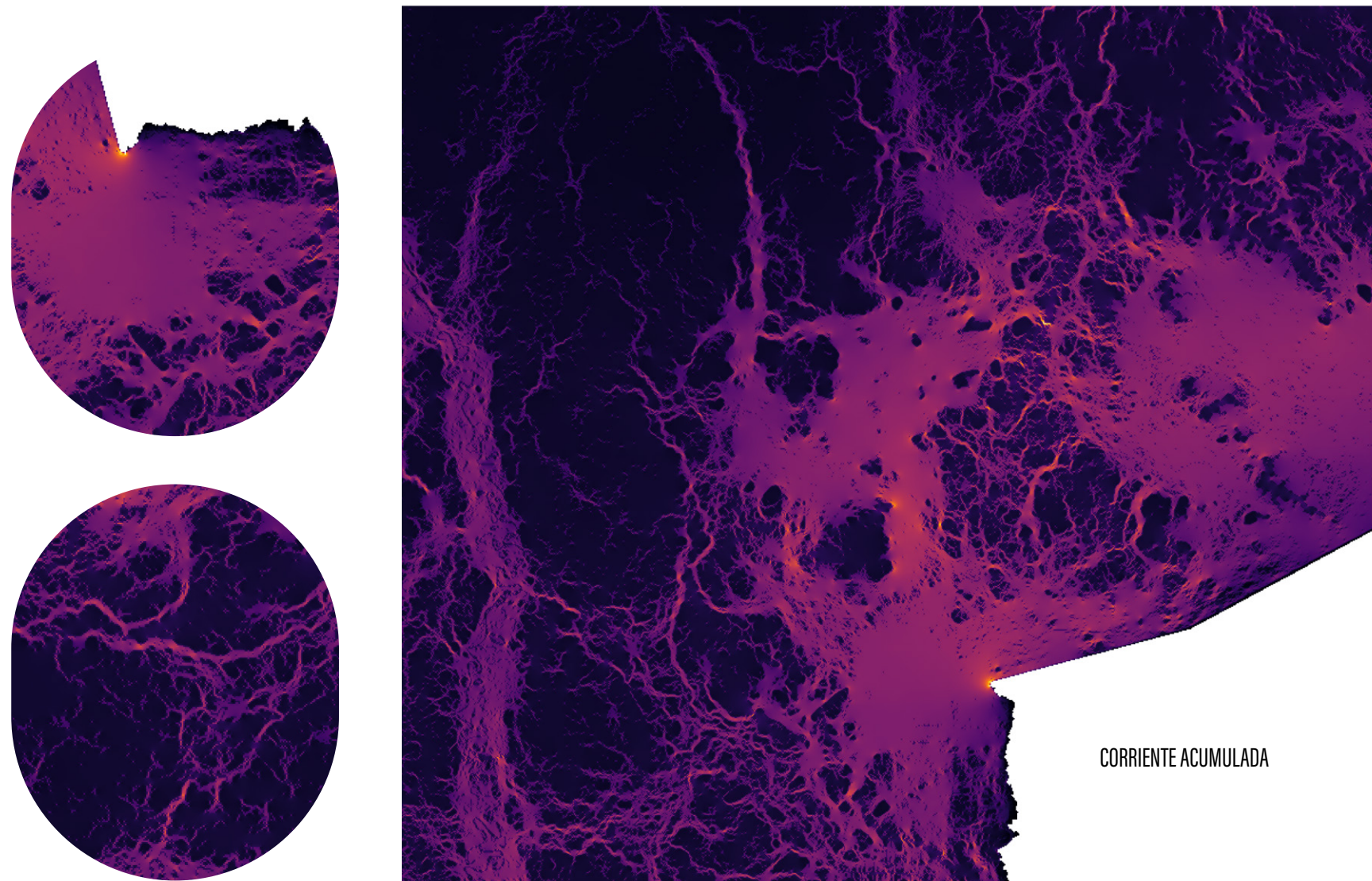
El flujo o movimiento de las especies depende tanto de la cantidad de hábitat adecuado disponible como de la configuración del hábitat permeable (matriz del paisaje) entre esas áreas de hábitat adecuado.

JAGUAR: FLUJO POTENCIAL,
FLUJO NORMALIZADO Y
FLUJO ACUMULADO

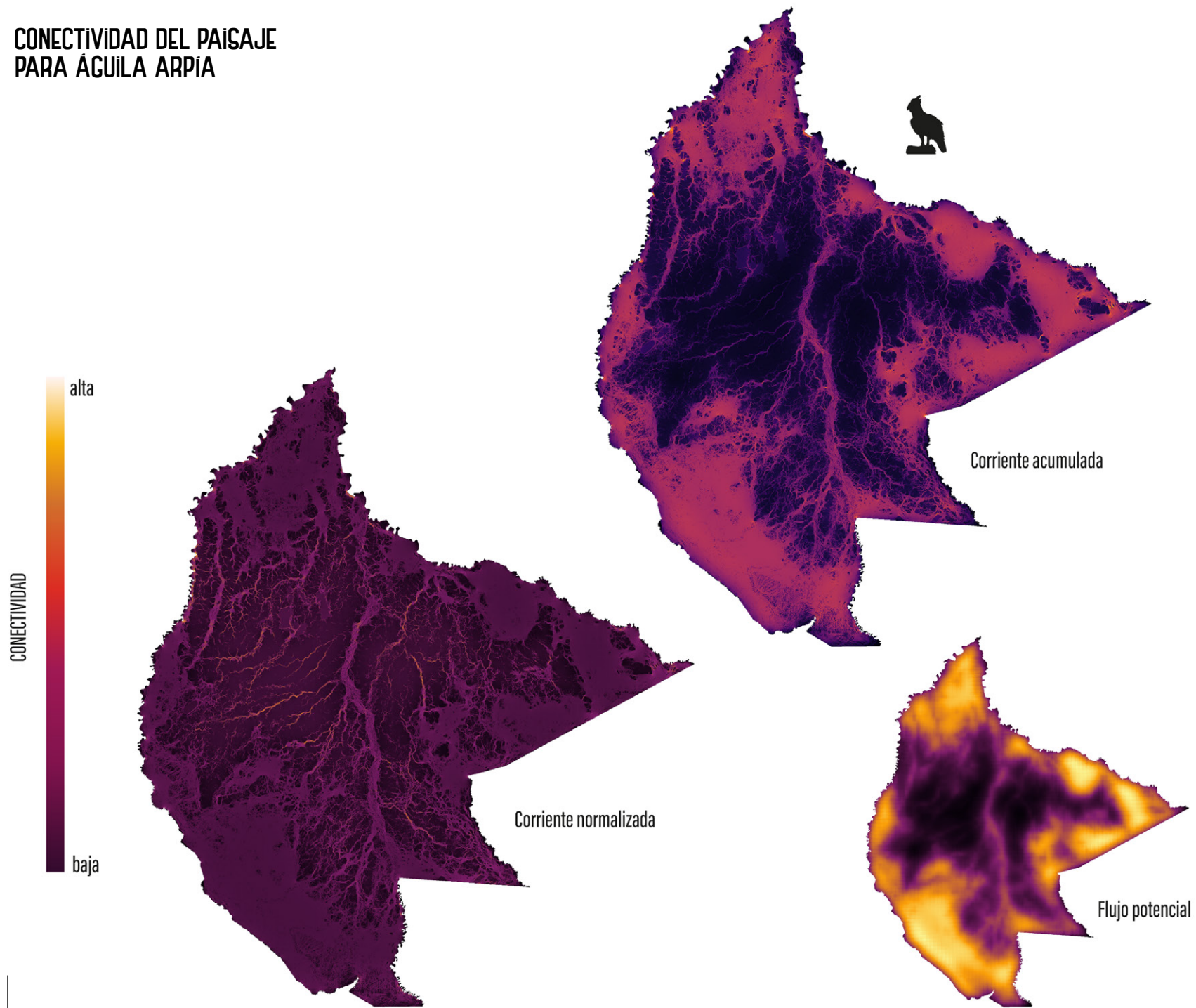
CONECTIVIDAD
alta
baja



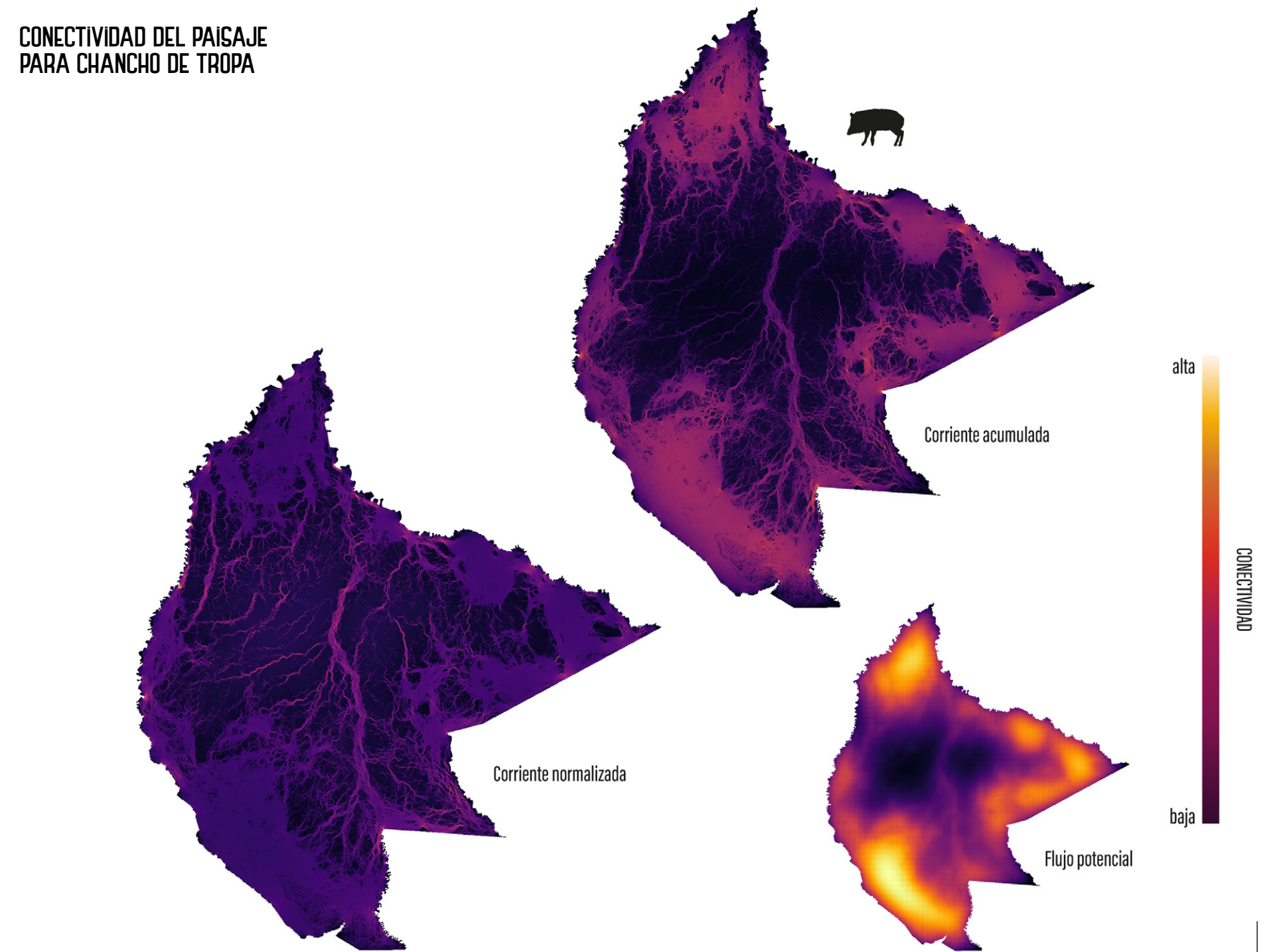
DETALLE DE ZONAS
CRITICAS PARA LA
CONECTIVIDAD [MAYOR
CONCENTRACIÓN DE FLUJO]



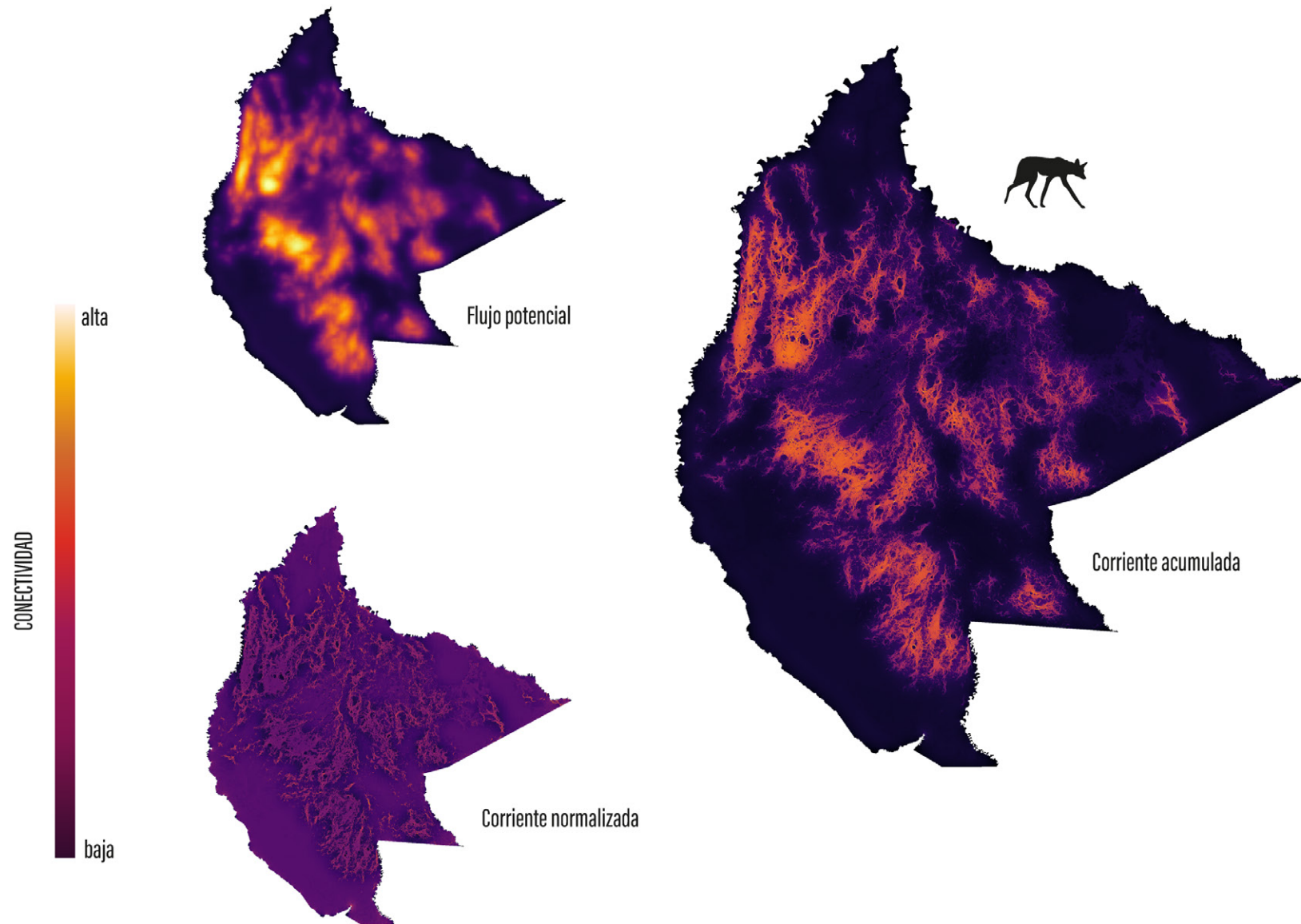
CONECTIVIDAD DEL PAISAJE
PARA ÁGUILA ARPIA



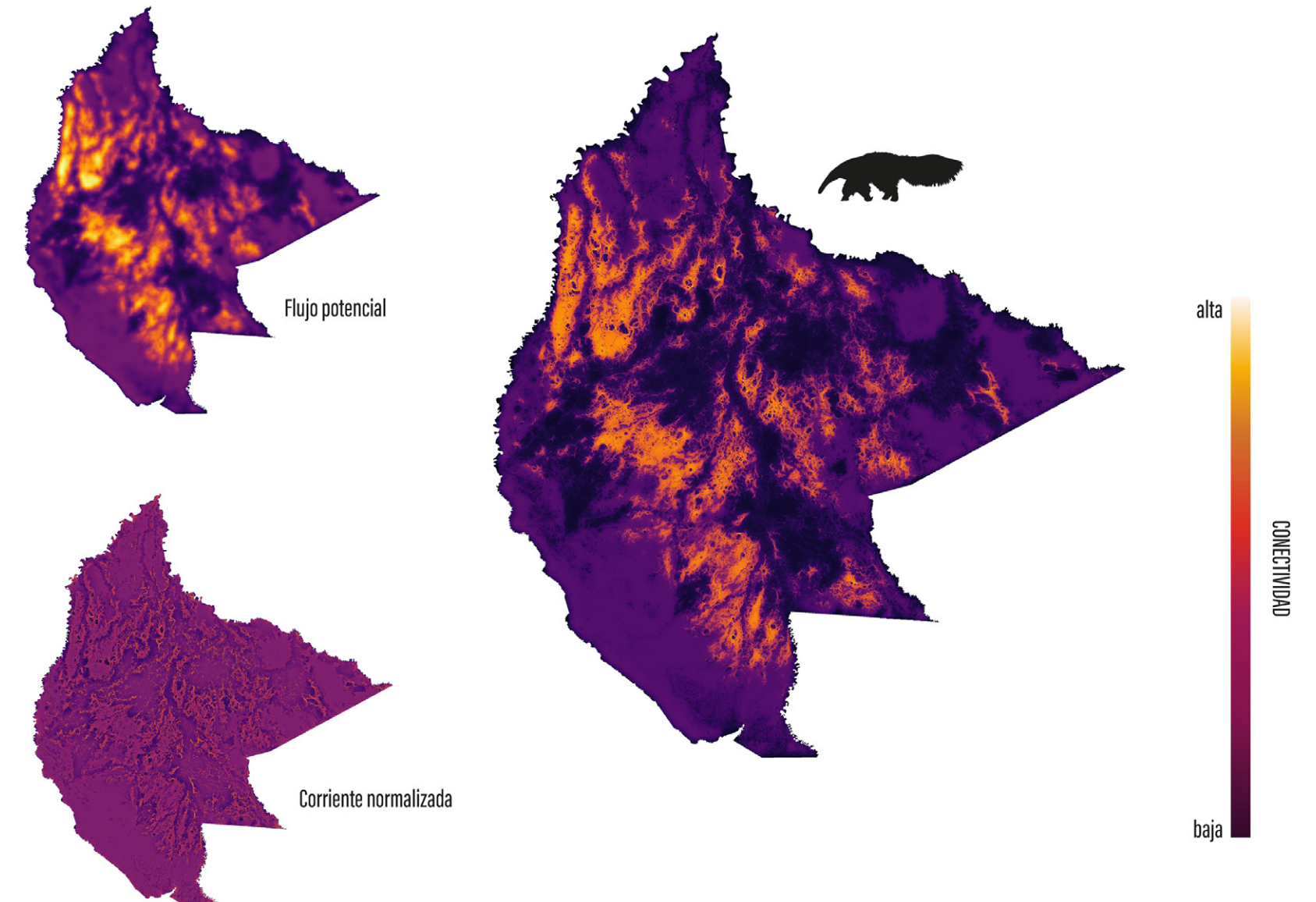
CONECTIVIDAD DEL PAISAJE
PARA CHANCHO DE TROPA



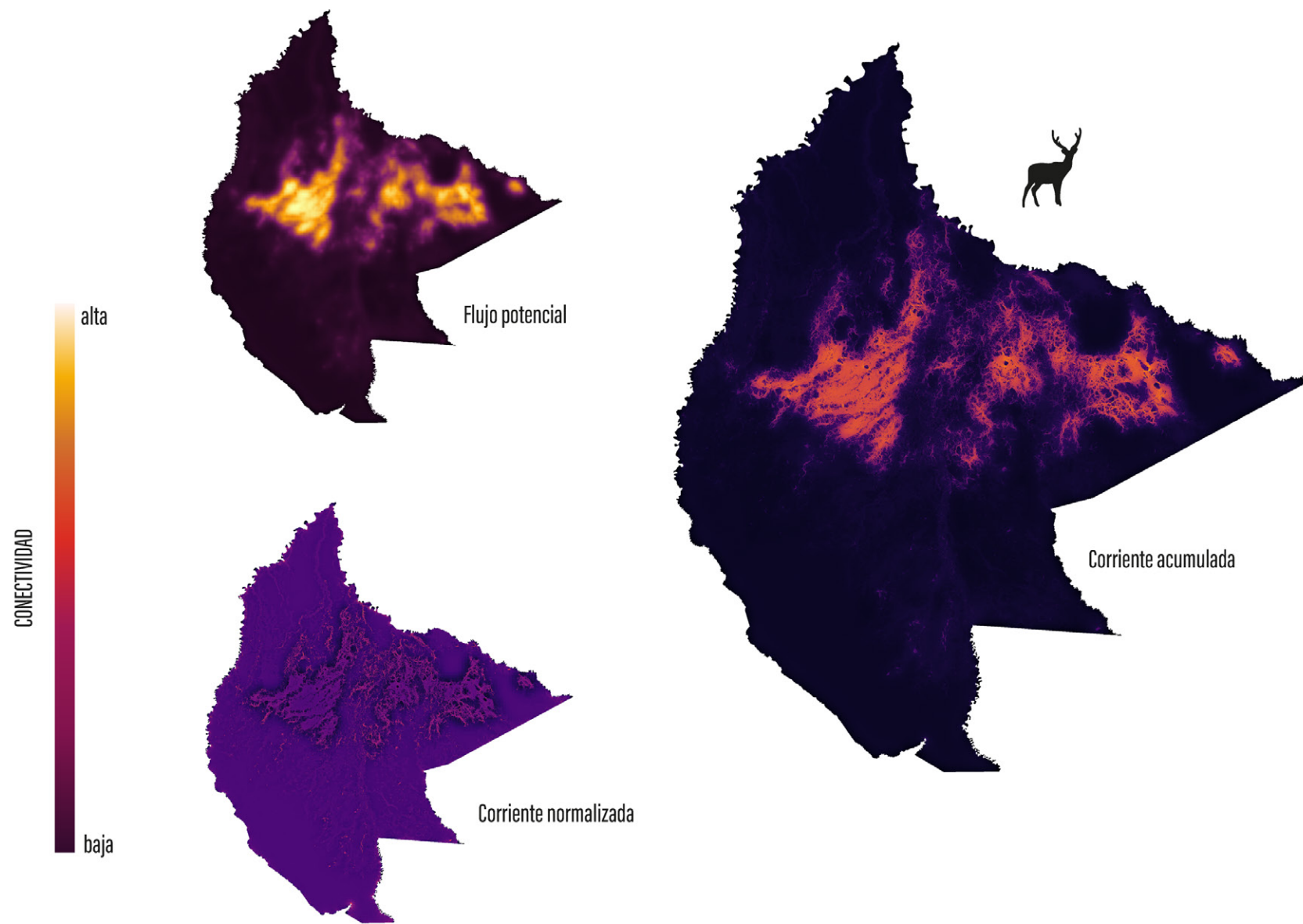
CONECTIVIDAD DEL PAISAJE
PARA BOROCHI



CONECTIVIDAD DEL PAISAJE
PARA OSO BANDERA



CONECTIVIDAD DEL PAISAJE PARA CIERVO DE LOS PANTANOS



PRIORIZACIÓN ESPACIAL: VISUALIZANDO LOS RESULTADOS

La identificación de áreas prioritarias para la conectividad se realizó mediante el software Zonation v5, una herramienta ampliamente utilizada en planificación sistemática de la conservación para identificar áreas prioritarias de conservación espacial (Lehtomäki et al. 2016; Moilanen et al. 2022; Wen et al. 2024). Este enfoque jerarquiza el paisaje mostrando una clasificación de prioridades de conservación para múltiples variables. En el análisis se emplearon como insumos principales los modelos de corriente normalizada generados con Omniscape para cada especie focal. Posteriormente, se realizó el análisis de priorización considerando un enfoque de conectividad multiespecie, es decir, integrando los resultados para todas las especies focales. Los resultados se representan en mapas de priorización donde los valores más altos reflejan áreas con mayor aporte a la conectividad.

Dado que cada especie se seleccionó para representar diferentes asociaciones y características estructurales de hábitat, estrategias de vida, rangos de hogar, capacidades de desplazamiento y respuesta a diferentes tipos de barreras, la combinación de prioridades entre todas las especies proporciona una visión integral de las áreas prioritarias de conectividad para la fauna silvestre terrestre en el departamento del Beni.

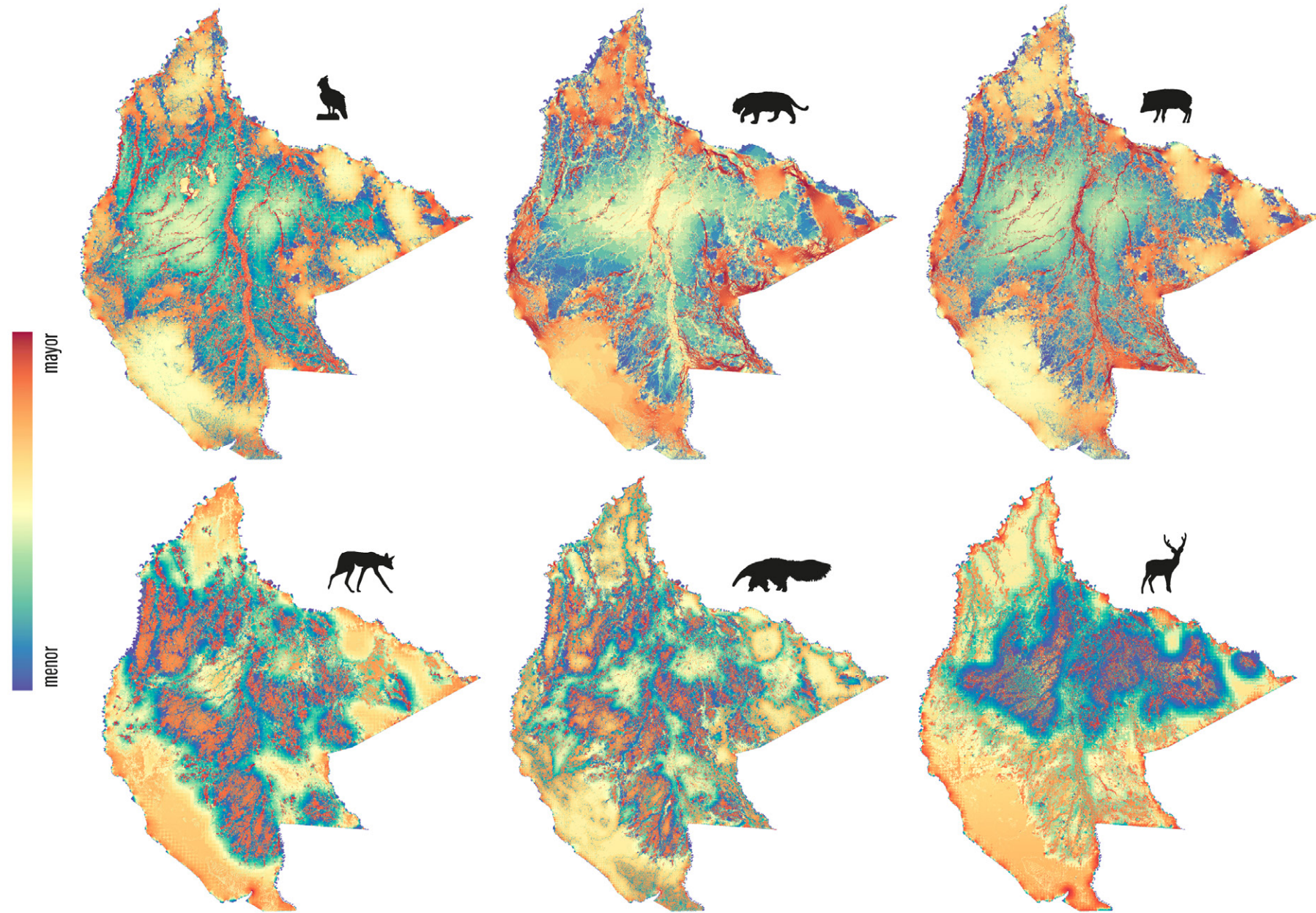
La heterogeneidad del paisaje de los Llanos de Moxos, y del departamento del Beni, se refleja en este mapa de áreas prioritarias para la conectividad del conjunto de especies, mostrando sectores mejor conectados, como la zona suroeste del departamento, y otras con menor conectividad en los sectores central y este. Esta situación indica el avance de la fragmentación principalmente en sabanas con menor

grado de inundación anual tradicionalmente dedicadas a la ganadería extensiva, pero también en áreas boscosas, cuyas coberturas e integridad se están perdiendo.

También se identificaron varios “cuellos de botella” o puntos críticos de conectividad, localizados principalmente en los bordes de zonas agrícolas y ganaderas del centro y sur del paisaje, así como en los sectores donde los corredores naturales, principalmente bosques de ribera o corredores fluviales, se estrechan por expansión de pasturas, zonas agrícolas y/o infraestructuras asociadas, como caminos o infraestructura vial o llegan a fragmentarse. Estos sitios concentran un alto volumen de flujo funcional en superficies reducidas, convirtiéndolos en elementos vulnerables y prioritarios para la conservación. La pérdida o degradación de estos espacios podría interrumpir la conectividad entre núcleos de hábitat clave, afectando directamente la movilidad de de numerosas especies.

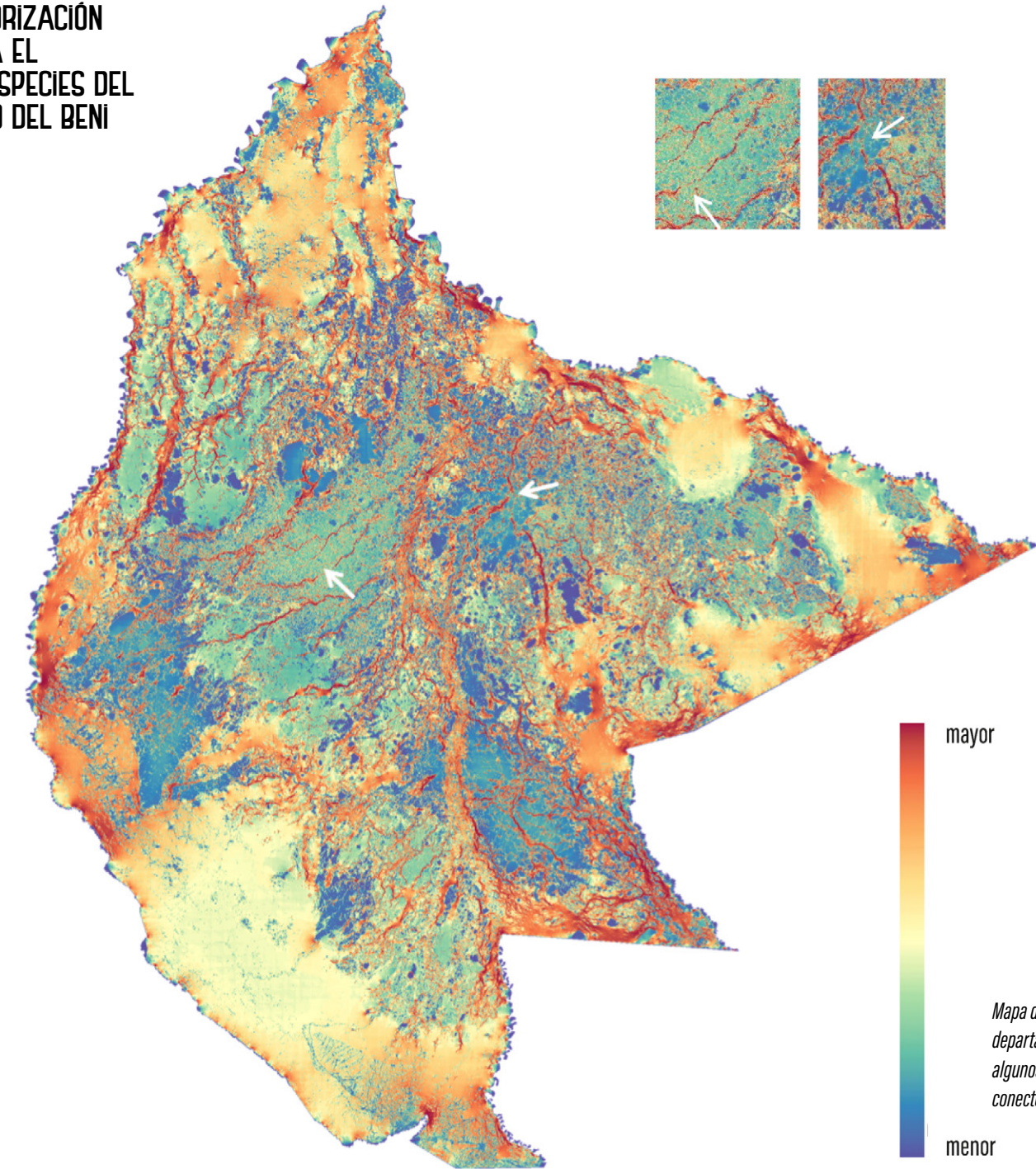
Las áreas prioritarias de conectividad, que incluyen tanto hábitats de mejor calidad y zonas relativamente no perturbadas del paisaje, como el mejor hábitat marginal restante que facilita a las especies trasladarse por el paisaje a través de áreas degradadas, son insumos clave para orientar la toma de decisiones en gestión territorial, la planificación para la conectividad del paisaje (corredores biológicos) y la identificación de zonas de restauración estratégica. La complementación de esta información considerando escenarios futuros de cambio, permitirá, además, incorporar las predicciones de cambios futuros en la toma de decisiones actuales.

MAPAS DE PRIORIZACIÓN ESPACIAL POR ESPECIE FOCAL



Mapas de rango de prioridad para la conectividad para ca una de las 6 especies focales

MAPAS DE PRIORIZACIÓN ESPACIAL PARA EL CONJUNTO DE ESPECIES DEL DEPARTAMENTO DEL BENI



Mapa de rango de prioridad para la conectividad del departamento del Beni. Las flechas blancas indican algunos ejemplos de pérdida de continuidad en conectores priorizados.

RETOS FUTUROS

En los próximos años se prevé que, en ausencia de nuevas políticas o estrategias de planificación y control, la tendencia de pérdida de hábitats naturales, asociada a mayores índices de contaminación (agroquímicos, lixiviados de cenizas provenientes de fuegos) y degradación, se agrave. Esta situación, en escenarios climáticos más cálidos, secos y propensos a incendios y eventos climáticos extremos, probablemente presione aún más las poblaciones de fauna silvestre, que tendrán que enfrentarse a paisajes más fragmentados con menor disponibilidad de recursos y hábitats adecuados.

Esta disminución y empobrecimiento del hábitat total disponible previstos en escenarios futuros de cambio de uso del suelo y cambio climático, se encontrará acompañada de una reducción/debilitamiento de la conectividad actual del paisaje, con riesgo sobre áreas clave, particularmente en las rutas de disper-

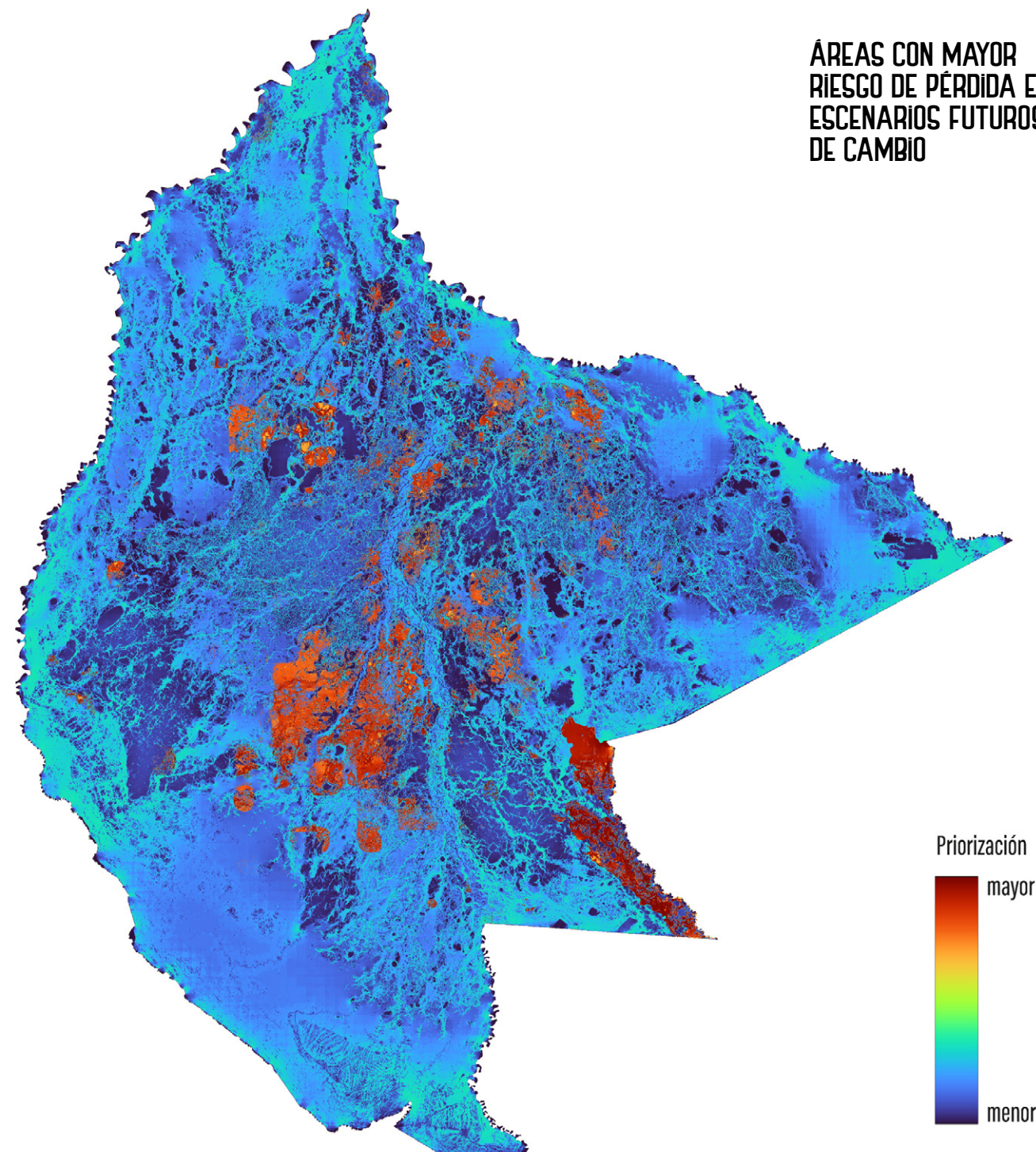
sión centrales y occidentales, pero también entre parches de bosque de las zonas norte y este del departamento. Estos factores amenazan la biodiversidad del departamento del Beni y comprometen la funcionalidad de su paisaje, afectando a la provisión de servicios ambientales que ahora aportan al bienestar y desarrollo de la población.

La capacidad de los hábitats naturales o seminaturales restantes disponibles en los Llanos de Moxos y el departamento del Beni para sostener la biodiversidad y las funciones ambientales dependerá de la cantidad y la calidad del hábitat que quede entre fragmentos y su grado de conectividad, destacando la importancia de la matriz del paisaje, que en escenarios futuros se prevé sufra los mayores cambios, para el mantenimiento de la biodiversidad, su conectividad y el flujo de servicios ecosistémicos, convirtiendo a estos espacios, y los remanentes naturales que en ellos perduran (pequeñas manchas de bosques y arbustos, bosques aso-

ciados a arroyos, bosques islas), en zonas clave.

Otro aspecto importante a considerar es que muchos de los corredores ecológicos clave identificados, así como los remanentes naturales que perduran en las sabanas transformadas, se constituyen también en refugios climáticos y frente incendios esenciales para gran número de especies (bosques de ribera, islas de bosque). Estos espacios, además de ofrecer refugio frente a inundaciones, temperaturas elevadas y períodos prolongados de sequía, son fuente de recursos estacionales, destacando la importancia de garantizar su disponibilidad en escenarios futuros de cambio donde se espera una intensificación de estos estresores: incremento de eventos extremos (p.ej. inundaciones), mayores temperaturas, intensificación de incendios.

El mantenimiento de la permeabilidad de la matriz del paisaje, y de corredores en esta matriz y



entre las áreas de bosque, será clave para las especies de los Llanos de Moxos y del departamento del Beni, y su pervivencia según avance la transformación de los paisajes naturales y el cambio climático. La incorporación de estrategias de gestión adaptativa podría mitigar la creciente resistencia del paisaje al movimiento y garantizar (o por lo menos facilitar) la conectividad entre paisajes fragmentados. Estas medidas son decisivas para preservar la biodiversidad, facilitar el movimiento de especies y reducir el riesgo de extinción frente a los escenarios futuros previstos.

Los resultados obtenidos permiten identificar zonas del territorio de especial interés para preservar la conectividad y biodiversidad de este paisaje, proporcionando información para priorizar áreas de

conservación y focalizar esfuerzos de gestión con objeto de maximizar los impactos. Estos resultados se convierten en un insumo clave para la toma de decisiones y en una herramienta fundamental para la planificación y ordenación del territorio en los Llanos de Moxos y el departamento del Beni, y destacan la importancia de incorporar los escenarios futuros de cambio en la toma de decisiones actuales.

La pérdida de hábitats y el debilitamiento progresivo de la conectividad observada, resalta, además, la necesidad de implementar medidas y estrategias efectivas en el corto plazo, con objeto de prever pérdidas irreversibles y evitar que la reducción acumulada de hábitats naturales y de conectividad del paisaje limite las opciones futuras de emprender acciones.

El flujo o movimiento de las especies a través de cualquier área depende tanto de la cantidad de hábitat adecuado disponible como de la configuración del hábitat permeable (matriz del paisaje) entre esas áreas de hábitat adecuadas.

La conectividad a escala de paisaje, una herramienta clave para mantener la biodiversidad y los servicios ambientales

MENSAJES CLAVE

La **biodiversidad** constituye la base para la integridad y funcionalidad de los ecosistemas y, por tanto, para la provisión de los servicios ecosistémicos, los cuales permiten el desarrollo social, cultural y económico, base del bienestar humano.

Conectividad ecológica se refiere al flujo de los procesos naturales que sustentan la vida, y de los que dependen todas las personas y sus actividades económicas, y se manifiesta, especialmente, en el movimiento sin obstáculos de las especies en los paisajes.

La conectividad del paisaje se considera un factor clave en la conservación de la biodiversidad, la preservación de los procesos ecológicos y el mantenimiento de la **estabilidad e integridad** de los ecosistemas naturales.

El análisis de la conectividad (actual y futura) ofrece una oportunidad para identificar espacios clave para mantener la biodiver-

sidad y funcionalidad del paisaje, y formular estrategias de gestión territorial enfocadas a preservar su capacidad para mantener un flujo diversificado de servicios ambientales, convirtiéndose en un **aporte clave a la gestión sostenible** del paisaje.

El **cambio de uso del suelo** y el cambio climático son las dos principales amenazas para la biodiversidad y la integridad de los ecosistemas, con profundas implicaciones para la distribución de las especies y la provisión de servicios ambientales. Ambos factores interactúan causando efectos sinérgicos sobre las especies, sus hábitats y la funcionalidad del paisaje en su conjunto.

La **fragmentación** del paisaje compromete la capacidad de las especies para hacer frente a la pérdida de hábitat y a los cambios climáticos, y reduce la resiliencia a estas perturbaciones.

Junto a factores fundamentales como la disponibilidad de hábitat, mantener y mejorar la conectividad del paisaje se considera un componente esencial de la **adaptación al cambio climático y al cambio de uso del suelo**, y es la estrategia más recomendada para mitigar sus efectos negativos.

La **planificación regional sostenible** requiere mejorar la conectividad del hábitat y el paisaje como una estrategia de adaptación eficaz para reducir el impacto del cambio climático y del cambio de uso del suelo, incorporando en la toma de decisiones actuales las predicciones de escenarios futuros para que estas sean efectivas.

El **paisaje del departamento del Beni** y los Llanos de Moxos, muestra pérdida y degradación de sus hábitats, acompañada de una progresiva fragmentación y reducción de la conectividad del paisaje, con tendencia a agravarse en escenarios futuros de cambio, afectando principalmente a los

En general, la conservación de la **conectividad** ofrece una solución escalable a los retos ambientales, sociales y ecológicos. El mundo requiere proteger, mantener y restaurar la conectividad ecológica



hábitats de sabana y la llanura de inundación. Esta pérdida acumulada y prevista serán factores que probablemente afecten a la abundancia, distribución y viabilidad de numerosas especies, con importantes impactos sobre el flujo y el mantenimiento de los procesos ecológicos y la biodiversidad.

La capacidad de los hábitats naturales o seminaturales restantes disponibles en los Llanos de Moxos y el Beni para sostener la biodiversidad y las funciones ambientales dependerá de la cantidad y la calidad del hábitat restante y su grado de conectividad. El mantenimiento de la **permeabilidad de la matriz del paisaje**, y de corredores en esta matriz y entre las áreas de bosque, será clave para las especies de los Llanos de Moxos y su pervivencia según avancen el cambio climático y el cambio de uso del suelo.

Para ayudar a las especies a persistir, mantener hábitats suficientes y garantizar su conectividad en paisajes sanos y heterogéneos son

los **retos actuales y futuros**. Los paisajes heterogéneos conectados facilitan el desplazamiento de las especies para acceder a los recursos requeridos, variar sus áreas de distribución en caso necesario y acceder a refugios clave (por ejemplo zonas elevadas para protegerse de las inundaciones, sombra para evitar las altas temperaturas, provisión de recursos estacionales, protección durante sequías extremas y frente incendios, etc.).

La pérdida de hábitats y el debilitamiento progresivo de la conectividad observada, resalta, además, la necesidad de implementar medidas y estrategias efectivas en el corto plazo, con objeto de prevenir pérdidas irreversibles y evitar que la reducción acumulada de hábitats naturales y de conectividad del paisaje **limite las opciones futuras** de emprender acciones.

Una consideración insuficiente de la conectividad del paisaje puede tener **efectos irreversibles** sobre la biodiversidad. La conectividad

del hábitat («cantidad de hábitat accesible») es una respuesta a la necesidad de conservar la biodiversidad ante la pérdida y fragmentación del hábitat.

Hacer evaluaciones a **escala de paisaje** permite observar cómo interactúan las diferentes actividades que se desarrollan en el territorio con las condiciones ambientales del paisaje y visualizar cómo las decisiones que se toman repercuten en estas.

La mayoría de las **metas** de conservación de la biodiversidad, cambio climático y sostenibilidad ambiental no podrán cumplirse si no incorporan aspectos de conectividad.

Los **paisajes sanos y conectados** son paisajes funcionales que permiten a los animales moverse, interactuar y sobrevivir, garantizan el mantenimiento del flujo de servicios ambientales, base de las actividades productivas, y conectan actores a través de propuestas de gestión integral del paisaje

Los **paisajes sanos y conectados**, permiten a los animales moverse, interactuar y sobrevivir, garantizan el flujo de servicios ambientales, base de las **actividades productivas**, y son claves para fortalecer la resiliencia frente al **cambio climático**



BIBLIOGRAFÍA CITADA

Alonso-F, A.M; Finegan, B. & Brenes, C. (2017). Evaluación de la conectividad estructural y funcional en el corredor de conservación Podocarpus-Yacuambi, Ecuador. *Caldasia* 39(1): 140-156. doi: <https://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v39n1.64324>

Di Febbraro, M., Sallustio, L., Vizzarri, M., De Rosa, D., De Lisio, L., Loy, A., ... & Marchetti, M. (2018). Expertbased and correlative models to map habitat quality: Which gives better support to conservation planning?. *Global Ecology and Conservation*, 16, e00513.

Fundación para la Conservación y Desarrollo Sostenible (FCDS, 2022) / Proyecto Prevenir de USAID (2023). Análisis de conectividad ecológica entre áreas naturales protegidas en Madre de Dios. Lima, Perú.

Fundación para la Conservación y Desarrollo Sostenible (FCDS, 2023). Hacia un futuro sostenible en Madre de Dios: conectando bosques, ríos y comunidades. Fundación para la Conservación y Desarrollo Sostenible (FCDS), por encargo del Proyecto Prevenir de USAID.

González, S., Campos E. & Gaspar, D. (2023). Análisis demostrativo de conectividad ecológica de ecoperfiles de especies en la península ibérica. Guía metodológica para la identificación de los elementos de la Infraestructura Verde de España. DGBBD, Min. para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Gurrutxaga, M. (2014). Categorización de corredores ecológicos en función de su contribución a la conectividad de la red Natura 2000. Implicaciones para la ordenación del territorio. *GeoFocus. International Review of Geographical Information Science and Technology*, (14), 68–84.



Vista del río Iruyáñez, Exaltación / Autor: Omar Torrico, WCS.

Lehtomäki J., Moilanen A., Toivonen T., & Leathwick J. (2016). Running a zonation planning project. Technical Report. The Biodiversity Informatics Conservation Group, University of Helsinki.

McRae, B. H., Popper, K., Jones, A., Schindel, M., Buttrick, S., Hall, K., ... & Platt, J. (2016). Conserving nature's stage: mapping omnidirectional connectivity for resilient terrestrial landscapes in the pacific northwest. The Nature Conservancy, Portland, Oregon.

Moilanen, A., Lehtinen, P., Kohonen, I., Jalkanen, J., Virtanen, E.A., & Kujala, H. (2022). Novel methods for spatial prioritization with applications in conservation, land use planning and ecological impact avoidance. *Methods in Ecology and Evolution*, 13(5), 1062-1072.

Moyano-Molano, A.L.; Linney, L., & Rusinque-Quintero, G.A. (2022). Análisis de la conectividad ecológica de las áreas protegidas a través del paisaje del departamento de Caquetá, Colombia. *Revista Cartográfica* 104 - enero-junio 2022. DOI: <https://doi.org/10.35424/rcarto.i104.980>

Oregon Connectivity Assessment and Mapping Project (OCAMP, 2023). Technical Report. 2023. Oregon Department of Fish and Wildlife, Salem, OR. 61p.

Prima, M. C., Renaud, J., Witté, I., Suarez, L., Rouveyrol, P., Fernando, M., ... Thuiller W. (2024) A comprehensive framework to assess multi-species landscape connectivity. *Methods in ecology and evolution*, 15 (12), 2385-2399.

Reza, M.I.H., Saiful Arif Abdullah, S. A. A., Shukor Md Nor, S. M. N., & Mohd Hasmadi Ismail, M. H. I. (2013). Integrating GIS and expert judgment in a multi-criteria analysis to map and develop a habitat suitability index: a case study of large mammals on the Malayan Peninsula.

Sutton, L. J., Anderson, D. L., Franco, M., McClure, C. J., Miranda, E. B., Vargas, F. H., ... & Puschendorf, R. (2022). Range-wide habitat use of the Harpy Eagle indicates four major tropical forest gaps in the Key Biodiversity Area network. *Ornithological Applications*, 124(3), duac019.

Ten, S., Herrera, C., Markos, A., & Guizada, L.A. (2025). Conectividad ecológica para la sostenibilidad del paisaje de los Llanos de Moxos y el departamento del Beni. Trinidad, Bolivia. CIBIOMA-UABJB.

Unnithan Kumar, S., & Cushman, S. A. (2022). Connectivity modelling in conservation science: a comparative evaluation. *Scientific Reports*, 12(1), 16680.

Wen, J., Xi, J., Pan, Y., Wang, S., Fan, Z., & Fu, W. (2024). Spatial Conservation Prioritization for Land in Megacity Facing Climate Change and Biodiversity Loss. *Sustainability*, 16(4), 1392.

Zeller, K. A., McGarigal, K., & Whiteley, A. R. (2012). Estimating landscape resistance to movement: a review. *Landscape ecology*, 27(6), 777-797.

Zhu, Z., Huai, W., Yang, Z., Li, D., & Wang, Y. (2021). Assessing habitat suitability and habitat fragmentation for endangered Siberian cranes in Poyang Lake region, China. *Ecological indicators*, 125, 107594.



GRUPO PARA LOS
**LLANOS
DE MOXOS**

GORDON AND BETTY
MOORE
FOUNDATION



WARNER COLLEGE OF
NATURAL RESOURCES
COLORADO STATE UNIVERSITY

CIBIOMA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN
BIODIVERSIDAD Y MEDIO AMBIENTE

