

**Contexto:** Usé los datos geoespaciales del Parque Nacional “Serra da Capivara”, un bosque de Caatinga ubicado en el Estado de Piauí, Brasil.

## **INTRODUCCIÓN**

La Caatinga es considerada el mayor bosque tropical estacionalmente seco (SDTF) de América del Sur, abarca una extensión cercana al 1 millón de km<sup>2</sup>, y constituye un mosaico variado de ecosistemas semiáridos que incluyen bosques secos, matorrales y herbazales adaptados al ambiente seco (da Silva et al., 2018). Este ambiente es exclusivamente brasileiro y exhibe una gran biodiversidad, con alrededor de 3000 especies de plantas vasculares, de las cuales cerca de un tercio son endémicas. Además, contiene alrededor de 1 }700 especies de árboles y arbustos, con más de 300 endémicas (Castanho et al., 2020; da Silva et al., 2018).

A pesar de su gran riqueza, la Caatinga está altamente fragmentada y subprotegida (da Silva et al., 2018). Solo cerca del 1 % al 2 % de su área está bajo protección efectiva, siendo uno de los ecosistemas menos resguardados de Brasil (Castanho et al., 2020; da Silva et al., 2018). A pesar de presentar un alto endemismo, más de la mitad de la región ha sido transformada y está sometida a intensas presiones antrópicas, como la deforestación, la agricultura de subsistencia, la ganadería y la extracción de madera (Arnan et al., 2018; Barros et al., 2020; Câmara et al., 2018; da Silva et al., 2018; E. M. S. Ribeiro et al., 2019), lo cual altera los patrones del paisaje, fragmenta hábitats y amenaza la biodiversidad (da Silva et al., 2018; Freire-Filho & Palmeirim, 2020; J. R. Ribeiro et al., 2021; Salomão et al., 2024).

En este contexto, no sólo la conservación, sino también la conectividad ecológica se torna esencial para conservar tanto la biodiversidad como los procesos ecológicos fundamentales y asegurar la integridad del sistema. En la Caatinga, el diseño de redes de restauración y corredores ecológicos basados en la resiliencia del paisaje, la conectividad funcional y el valor de conservación de la biodiversidad, ha permitido identificar áreas prioritarias para acciones restaurativas efectivo-costeo (Antongiovanni et al., 2022; Fonseca et al., 2018). Desde una perspectiva de planificación nacional, se han establecido 282 áreas prioritarias para conservación y uso sostenible, abarcando 691 objetivos de conservación, entre ellos 31 mamíferos, junto con reptiles, aves, anfibios, peces y plantas amenazadas (Antongiovanni et al., 2022; Fonseca et al., 2018; Freire-Filho & Palmeirim, 2020; Gonçalves et al., 2023; J. R. Ribeiro et al., 2021; Salomão et al., 2024). La importancia de estas acciones de conectividad se intensifica al considerar el cambio climático: estudios muestran que muchas especies, especialmente aves endémicas con nichos muy específicos, no están bien protegidas por las áreas actuales (solo el 9 % del bioma está apuntado por áreas protegidas), y su persistencia a futuro dependerá en gran medida de mantener vegetación remanente y establecer corredores ecológicos (Gonçalves et al.,

2023). En síntesis, la conectividad ecológica en la Caatinga es crucial para preservar su singular biodiversidad, en particular especies mediadores clave (como grandes mamíferos), y mantener funciones vitales como la dispersión, depredación y resiliencia frente a disturbios. Su promoción demanda estrategias integrales como la restauración ecológica y la ampliación de áreas protegidas conectadas que permitan flujos ecológicos sostenibles en un paisaje fragmentado.

Dentro del bioma Caatinga, el Parque Nacional da Serra da Capivara (PNSC), situado en el sudeste del estado de Piauí, se destaca por su notable riqueza arqueológica y por preservar un sector con altos niveles de integridad ecológica. Esta área protegida, creada en 1979 y declarada Patrimonio Mundial por la UNESCO en 1991, cubre cerca de 129.000 hectáreas y es administrada por el IPHAN en coordinación con el ICMBio y diversos actores locales. Gracias a su ubicación y extensión, el PNSC representa un espacio clave para la conservación de la biodiversidad de la Caatinga y para la continuidad de los procesos ecológicos a escala regional.

En este sentido, el objetivo de este estudio es analizar el estado de fragmentación y conectividad de un área de Caatinga en el nordeste de Brasil, el PARNA Serra da Capivara (PNSC) con foco en grandes mamíferos que habitan esa zona y que son mediadores de procesos ecológicos. Se combinaron métricas de fragmentación y conectividad para reconocer núcleos y corredores en un contexto caracterizado por una débil protección efectiva y fuertes presiones humanas.

## **METODOLOGÍA**

### *Área de estudio*

El estudio se realizará en base a datos provenientes del Parque Nacional “Serra da Capivara”. Es un área protegida de 100764,19 ha (ICMBio, 2025) ubicada en el estado de Piauí, en el nordeste de Brasil (Figura 1). Su perímetro totaliza más de 200 km y atraviesa cuatro municipios: São Raimundo Nonato, Coronel José Dias, Brejo do Piauí y João Costa. La mayor parte del parque está caracterizada por Caatinga arbórea densa, con algunos elementos arbustivos sobre un suelo arenoso compacto. En los afloramientos rocosos predominan arbustos, diversas especies de cactus y bromelias (Lemos, 2004). El borde de las áreas elevadas (Chapadas) presenta acantilados escarpados y forma profundos y extensos cañones, conocidos localmente como “*Boqueirões*”. La vegetación en estos cañones está compuesta por bosques mesofíticos semidecíduos, con un dosel alto y cerrado (Lemos, 2004). Dentro del parque no existen cuerpos de agua naturales, pero la administración mantiene un sistema de canales y estanques artificiales para proveer agua a los animales (ICMBio, 2025). Este parque además es punto de partida del Corredor Ecológico Capivara-Confusões, creado en marzo de 2005 (Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, 2005), que conecta la Serra da Capivara con el Parque Nacional Serra das Confusões, a unos 50 km de distancia, abarcando un área estimada de 412000 hectáreas. El objetivo principal es promover el flujo de plantas y animales, mejorar la conectividad funcional y permitir el movimiento y dispersión de fauna entre ambos parques (Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, 2005).

### Base de datos

Se utilizaron datos geoespaciales proveídos por los responsables del curso. Son datos de paisaje y fragmentos de bosque de Caatinga para la región del Parque Nacional “Serra da Capivara” y sus alrededores. Se realizaron análisis espaciales con el objetivo de analizar el estado de conectividad del ambiente en relación a mamíferos con media de dispersión de 10km.

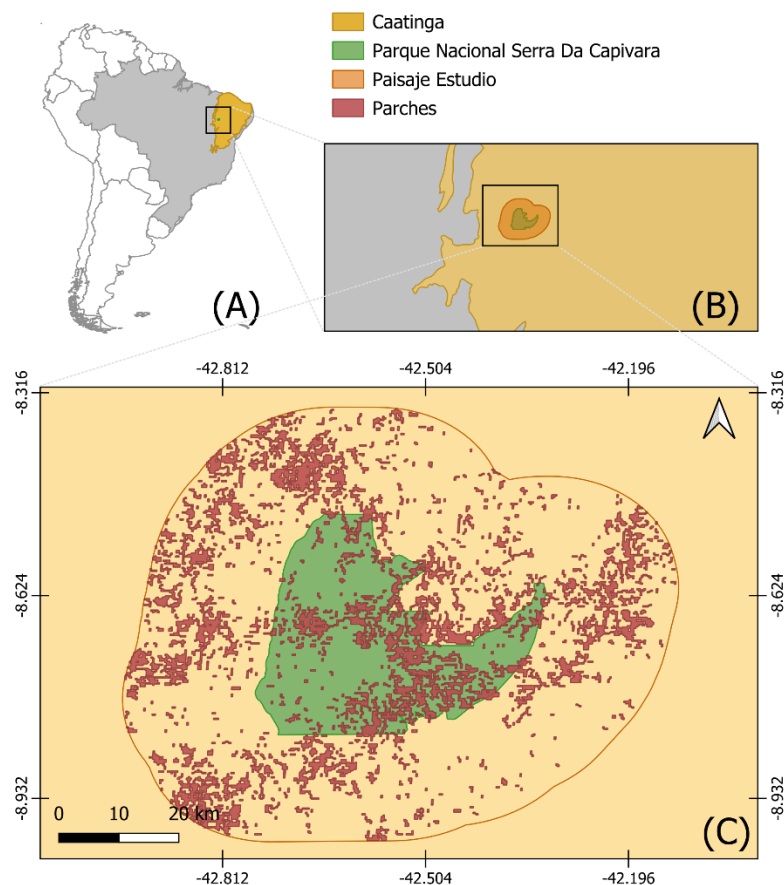


Figura 1: Área de estudio. (A) Extensión de la Caatinga en Brasil (en naranja). (B) Parque Nacional Serra das Capivaras. (C) Paisaje de estudio: parches de bosques de Caatinga dentro del Parque y en los alrededores.

### Análisis de datos

Se analizó el índice de fragmentación del paisaje con efecto de borde de 500m y área mínima de nodo de 100 km<sup>2</sup> (Haddad et al., 2015) utilizando la función MK\_Fragmentation del paquete Makhurini (Godínez-Gómez et al., 2025). Para medir el grado de fragmentación, se calcularon el área relativa de núcleo (expresada en porcentaje) para los parches y el índice de malla efectiva (MESH) para medir la fragmentación en todo el paisaje. Se priorizó el % de área núcleo en lugar de métricas basadas en perímetro o forma, debido a que proporciona una mejor aproximación a la superficie de hábitat efectiva, al excluir zonas

fuertemente afectadas por los bordes (Cushman & Mcgarigal, 2008). En el caso de MESH, se eligió por ser menos sensible a la presencia de parches muy pequeños, lo cual lo hace especialmente adecuado para comparar fragmentación entre paisajes de distinto tamaño, y modelar la probabilidad de que dos puntos elegidos al azar pertenezcan al mismo parche (Jaeger, 2000).

Para evaluar la estructura de la red de parches y su importancia relativa se calcularon métricas de centralidad, en particular strength y betweenness centrality (BWC), empleando la función MK\_Centrality del mismo paquete (Godínez-Gómez et al., 2025) y con 10km como distancia media de dispersión. Estas métricas se seleccionaron ya que strength incorpora tanto la cantidad como la calidad de las conexiones (Urban & Keitt, 2001), mientras que BWC permite identificar parches que funcionan como intermediarios estratégicos en la red, facilitando la conectividad global más allá de su tamaño (Bodin & Saura, 2010).

La conectividad funcional del paisaje se analizó mediante el Probability of Connectivity (PC) y el Equivalent Connected Area (ECA), utilizando la función MK\_dPCIIC de Makurhini (Godínez-Gómez et al., 2025). Se utilizó el criterio de distancia de bordes entre los parches, y se consideró un umbral de dispersión de 10km y una probabilidad de conectividad de 0,5 por tratarse de distancia media de dispersión. Asimismo, se obtuvo la descomposición del índice PC en sus fracciones (dPCintra, dPCflux y dPCconnector), lo que permitió cuantificar la contribución de cada parche a la conectividad total en términos de hábitat disponible y de su rol como conectores. Se utilizó el PC por ser sensible a la configuración espacial y a la probabilidad de conexión, mientras que el IIC tiende a privilegiar parches grandes o cercanos entre sí, considerando la proporción de área conectada. Se prefirió este índice frente a métricas tradicionales basadas solo en distancias mínimas porque incorporan explícitamente la probabilidad de dispersión entre parches, ofreciendo una visión más realista de la conectividad ecológica (Saura & Pascual-Hortal, 2007). En particular, el índice ECA resulta de gran utilidad al expresar la conectividad como una superficie equivalente de hábitat continuo, con un significado ecológico directo (Saura & Rubio, 2010).

La representación cartográfica y la visualización de los resultados se realizaron mediante el paquete ggplot2 (Wickham, 2016) en R (R Core Team, 2025).

## **RESULTADOS**

### *Índices de fragmentación*

Se observó un paisaje compuesto de 683 parches (Tabla 1), en el que, al evaluar la fragmentación a nivel de parche considerando 500m de efecto de borde, vemos que muy pocos de ellos tienen área núcleo (Figura 2) y, cuando ésta está presente, es menor al 6% en todos los casos y alrededor del 4% dentro del AP (Figura 2).

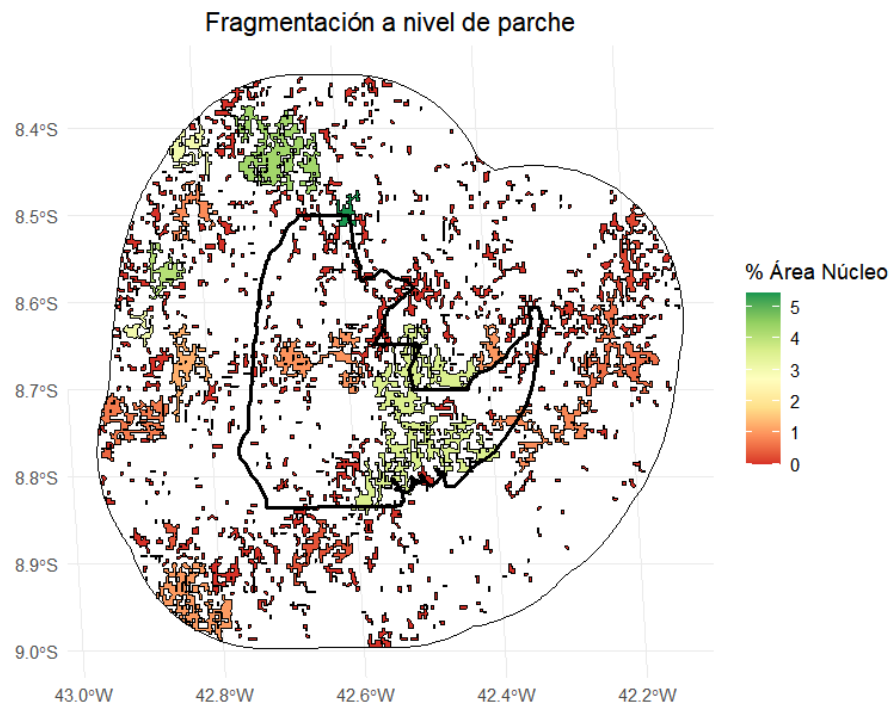


Figura 2: Porcentaje de área núcleo de los parches del paisaje de bosque de Caatinga en el Parque Nacional Serra das Capivaras, PI, Brasil, considerando efecto de borde de 500m.

El análisis espacial del índice de malla efectiva (MESH) mostró un valor relativo muy alto, con un porcentaje de casi 100% (mesh\_porcentage= 99,90074%), indicando que la mayor parte del área mantiene un alto nivel de fragmentación. En la grilla espacial (Figura 3) se observa que, aunque la mayoría de las celdas presentan altos valores de fragmentación (colores rojizos, >75 %), existen sectores puntuales con menor fragmentación (colores amarillos y verdes, <50 %), principalmente en el sector norte y algunas áreas dispersas del centro y sur.

El análisis del paisaje mostró un área total de parches de 86.670,13 ha, conformada por 683 parches con un tamaño medio de 126,90 ha (Tabla 1). De estos, 582 parches se encontraron por debajo del área mínima considerada, lo que corresponde al 20,19 % del total. El borde total alcanzó los 4.692,45, con una densidad de borde de 0,0541 y una densidad de parches de 0,1292. El área central total fue de 1.073,91 ha, con un índice de interioridad de 0,0337. En cuanto a la forma, el índice medio fue de 0,1588, mientras que el índice de dimensión fractal (FRAC) presentó un valor medio de 0,5811. Finalmente, el tamaño de malla efectiva (MESH) se estimó en 524,87 ha (Tabla 1).

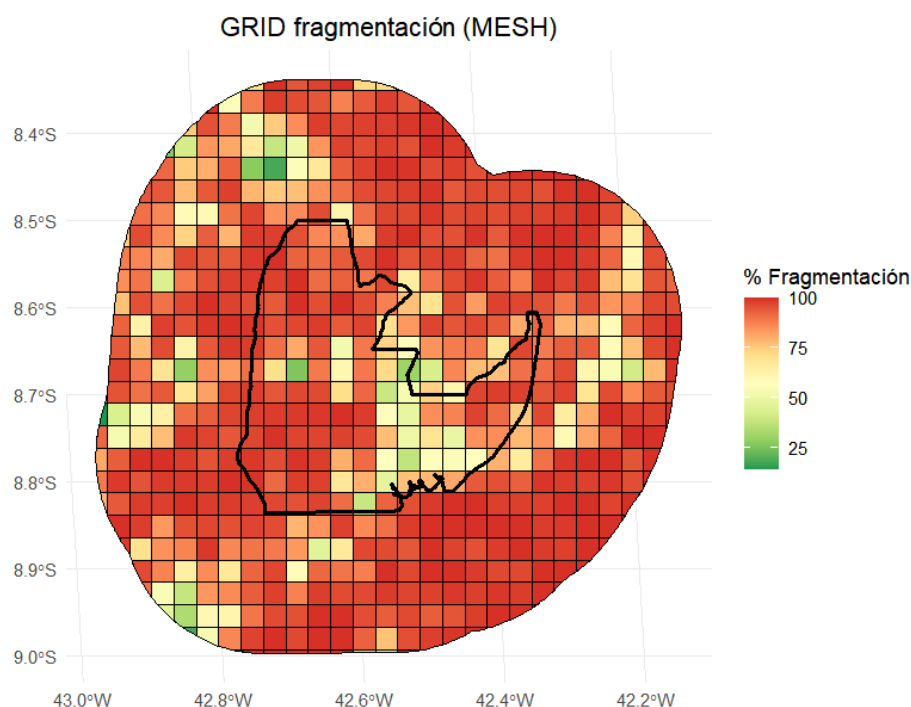


Figura 3: Distribución espacial del porcentaje de fragmentación del paisaje según índice MESH

Tabla 1: Métricas de fragmentación del paisaje en el área de estudio

Métrica	Valor
Área del parche (ha)	86670,1275
Número de parches	683,0000
Tamaño (media)	126,8962
Parches < área mínima de parche	582,0000
Parches < área mínima de parche (%)	20,1907
Borde total	4692,4460
Densidad de borde	0,0541
Densidad de parches	0,1292
Área central total (ha)	1073,9128
Interioridad	0,0337
Índice de forma (media)	0,1588
FRAC (media)	0,5811
MESH (ha)	524,8658

### Índices de centralidad

Los valores de centralidad mostraron que algunos parches presentaron una alta fuerza de conexión (strength), sobre todo en los límites del paisaje (parches en colores verdes, Figura 4A), indicando que concentran la mayor cantidad de vínculos dentro de la red, es decir, una alta conectividad local. Por otro lado, la centralidad de intermediación (BWC) fue elevada en un número reducido de parches (colores verdes, Figura 4B), los cuales se ubican en posiciones estratégicas dentro del paisaje (región central) y actúan como puentes (o stepping stones) entre distintos grupos de parches.

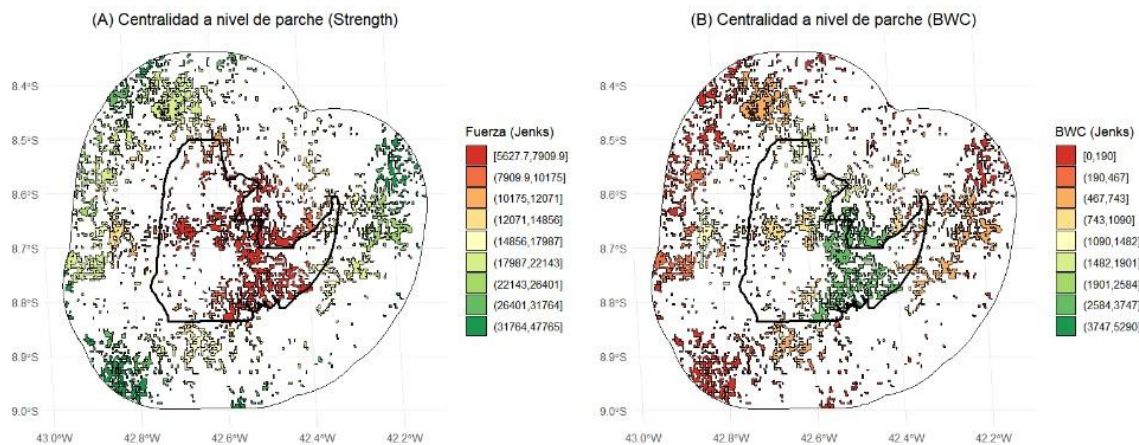


Figura 4: Centralidad a nivel de parches en el área de estudio. (A) índice de fuerza (strength), para redes ponderadas. (B) Centralidad de Intermediación (BWC).

#### *Probabilidad de conectividad (PC) y Área de Conectividad Equivalente (ECA)*

El índice de Probabilidad de Conectividad (PC), calculado con una distancia de dispersión mediana de 10 km y una probabilidad de conexión de 0,5, arrojó los siguientes valores:  $PC_{num} = 55185 \times 10^9$ ,  $EC(PC)$  o  $ECA = 74287,10$  ha y  $PC = 0,019736$ . El equivalente conectado (ECA) representa 14,05 % del área total del paisaje y 85,71 % del área total ocupada por parches.

El análisis de contribuciones individuales mediante dPC mostró que un número reducido de parches concentra la mayor contribución al PC total. Los parches con mayor dPC se encuentran en la región central (color verde oscuro, Figura 5A) y cerca del norte/noroeste (color verde intermedio, Figura 5A). La fracción dPC\_intra indicó que el aporte por área interna fue predominante en los parches centrales (color verde, Figura 5B), mientras que los parches periféricos mostraron valores nulos o cercanos a cero en esta fracción (colores amarillo y naranja, Figura 5B). La fracción dPC\_flux destacó a los parches del centro (color verde oscuro, Figura 5C) como nodos con alta capacidad de intercambio, es decir, que contribuyen significativamente a la conectividad funcional por su tamaño y/o posición relativa. Por último, la fracción dPC\_connector identificó a los parches centrales como principales puentes en la red (color verde oscuro, Figura 5D), con valores notablemente superiores al resto, sugiriendo su importancia para mantener caminos de dispersión entre subredes del paisaje.



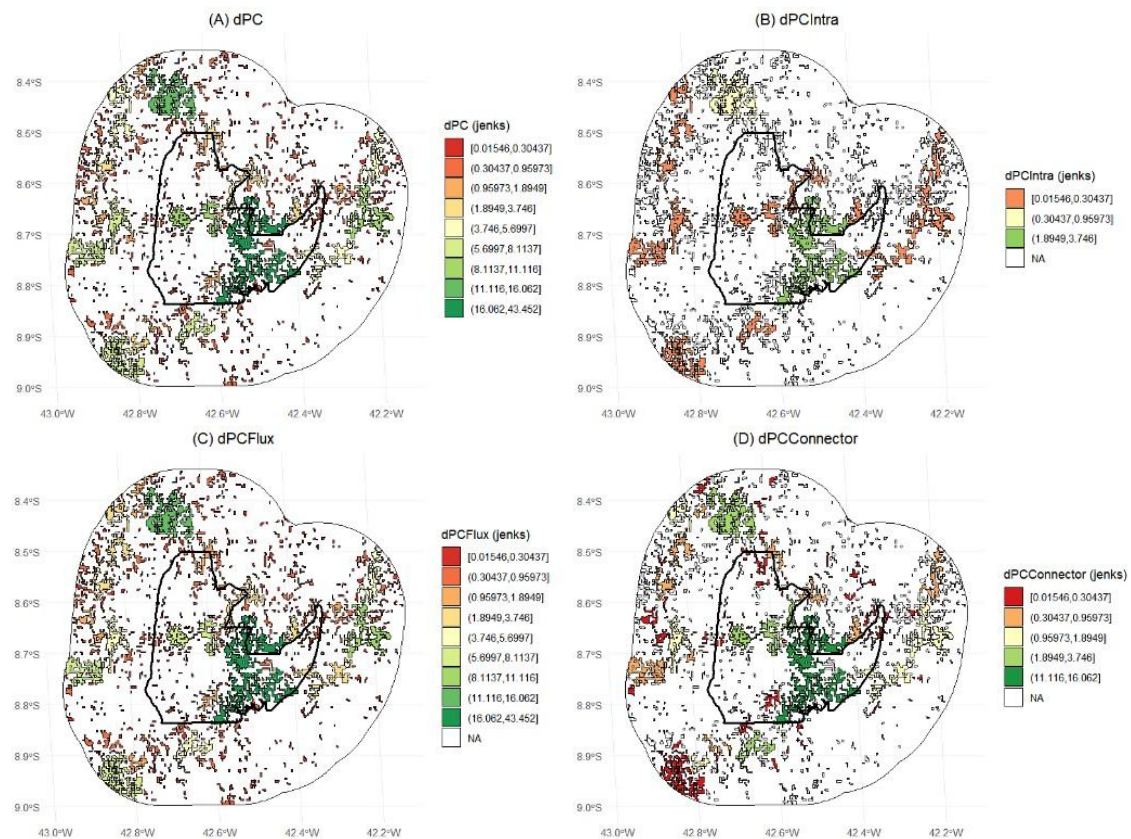


Figura 5: Contribución de cada parche al índice de Probabilidad de Conectividad. (A) dPC. Los valores se descomponen en: (B) dPC\_intra (aportación por área interna), (C) dPC\_flux (aporte por capacidad de intercambio) y (D) dPC\_connector (aporte como conectores o puentes).

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos evidencian un paisaje altamente fragmentado en la región del Parque Nacional Serra da Capivara, caracterizado por una gran cantidad de parches pequeños y con muy baja proporción de área núcleo. El hallazgo de que menos del 6 % de los parches mantiene área interior coincide con lo reportado en otros estudios sobre la Caatinga, donde la pérdida de hábitat y los fuertes efectos de borde reducen drásticamente la disponibilidad de hábitat interior, lo cual afecta especialmente a especies de mamíferos sensibles a disturbios y dependientes de coberturas continuas (da Silva et al., 2018; E. M. S. Ribeiro et al., 2019). La predominancia de parches pequeños y sin área núcleo refuerza la vulnerabilidad del ecosistema frente a la degradación adicional y pone en destaque la importancia de priorizar estrategias de manejo orientadas a la restauración y consolidación de parches de mayor tamaño efectivo.

Un aspecto destacable fue el valor obtenido para el MESH, que mostró que la mayoría de los cuadrantes del grid presentan cerca del 100 % de fragmentación, reflejando un paisaje fuertemente subdividido en casi todas las unidades de análisis. Este resultado indica que, a escala local, la conectividad estructural es prácticamente inexistente, lo que coincide con evaluaciones previas en la Caatinga que evidencian altos niveles de pérdida y aislamiento del hábitat (da Silva et al., 2018; E. M. S. Ribeiro et al., 2019). La elevada fragmentación en la mayoría de las celdas refuerza la idea de que, aunque puedan existir



parches grandes en el paisaje, su distribución no logra sostener conectividad efectiva en la mayor parte del territorio. En este sentido, el índice MESH aporta una señal clara de la necesidad de medidas de restauración y manejo dirigidas a recomponer la conectividad a escalas locales y regionales (Jaeger, 2000).

En cuanto a la centralidad, los análisis mostraron que los parches con mayor strength se ubican principalmente en los bordes del paisaje, actuando como nodos con alta conectividad local, mientras que los parches con altos valores de BWC se concentraron en la región central, funcionando como nodos estratégicos que facilitan el flujo entre subredes. En el caso de grandes mamíferos, cuya dispersión media se consideró en 10 km, la existencia de parches con alto valor de intermediación resulta clave, ya que asegura la conectividad funcional más allá de la proximidad inmediata entre fragmentos (Bodin & Saura, 2010).

La probabilidad de conectividad (PC) y su equivalente en área conectada (ECA) mostraron que el paisaje conserva una conectividad moderada: solo el 14 % del área total del paisaje se comporta como hábitat conectado, aunque este valor representa el 85 % del área ocupada por parches. Este hallazgo es consistente con evaluaciones previas en la Caatinga, que subrayan que gran parte de la cobertura remanente mantiene cierta funcionalidad de conectividad, pero distribuida de manera desigual (Antongiovanni et al., 2022). La descomposición del PC (dPC) permitió identificar que los aportes principales provienen de un número reducido de parches, en especial los centrales, tanto por su tamaño (dPC\_intra) como por su rol de intercambio (dPC\_flux) y de conexión entre subredes (dPC\_connector). Este resultado coincide con lo señalado por Saura & Pascual-Hortal (2007), quienes resaltan la utilidad de estas fracciones para priorizar parches que sostienen la conectividad estructural y funcional en paisajes fragmentados.

No obstante, el análisis presenta limitaciones. En primer lugar, la dispersión se modeló con una distancia media de 10 km y probabilidad uniforme, lo cual puede no reflejar la variabilidad entre especies de mamíferos con diferentes capacidades de desplazamiento. Además, el uso de las métricas utilizadas no captura la dinámica temporal del paisaje, como cambios estacionales o procesos de degradación y regeneración. Por último, los altos valores de fragmentación observados a partir del MESH sugieren que la interpretación de métricas globales debe ser tomada con cautela y siempre complementada con análisis espaciales detallados.

En conjunto, los resultados destacan la importancia de mantener y restaurar parches estratégicos en el Parque Nacional Serra da Capivara y sus alrededores, especialmente aquellos identificados como nodos clave en la red de conectividad. La planificación de conservación en la Caatinga debería priorizar no sólo la preservación de grandes bloques de vegetación, sino también la conexión entre ellos mediante parches puente y corredores funcionales, con el fin de asegurar la viabilidad de las poblaciones de grandes mamíferos y otros organismos dependientes del hábitat interior en un contexto de creciente fragmentación.

## CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio evidencian que el paisaje del Parque Nacional Serra da Capivara y sus alrededores presenta un alto grado de fragmentación, con predominio de parches pequeños y escasa área núcleo, lo que limita significativamente la disponibilidad de hábitat interior para grandes mamíferos y otras especies sensibles a disturbios. Aunque existen parches estratégicos con alta conectividad local y nodos centrales que funcionan como puentes en la red, la conectividad funcional global es baja. Un reducido número de parches centrales contribuye principalmente al mantenimiento de la conectividad, tanto por su tamaño, capacidad de intercambio o como por su rol de intermediación. Estos hallazgos subrayan la importancia de conservar y restaurar parches clave y establecer corredores funcionales que conecten fragmentos, garantizando la viabilidad de poblaciones de grandes mamíferos y promoviendo la resiliencia ecológica en un paisaje fragmentado de Caatinga. En conjunto, las estrategias de conservación deberían combinar la preservación de bloques de vegetación con acciones de conectividad estructural y funcional para sostener los procesos ecológicos esenciales en el bioma.

## REFERENCIAS

- Antongiovanni, M., Venticinque, E. M., Tambosi, L. R., Matsumoto, M., Metzger, J. P., & Fonseca, C. R. (2022). Restoration priorities for Caatinga dry forests: Landscape resilience, connectivity and biodiversity value. *Journal of Applied Ecology*, 59(9), 2287–2298. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14131>
- Arnan, X., Arcoverde, G. B., Pie, M. R., Ribeiro-Neto, J. D., & Leal, I. R. (2018). Increased anthropogenic disturbance and aridity reduce phylogenetic and functional diversity of ant communities in Caatinga dry forest. *Science of the Total Environment*, 631, 429–438. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.037>
- Barros, M. F., Ribeiro, E. M. S., Vanderlei, R. S., de Paula, A. S., Silva, A. B., Wirth, R., Cianciaruso, M. V., & Tabarelli, M. (2020). Resprouting drives successional pathways and the resilience of Caatinga dry forest in human-modified landscapes. *Forest Ecology and Management*, 482, 118881.
- Bodin, Ö., & Saura, S. (2010). Ranking individual habitat patches as connectivity providers: Integrating network analysis and patch removal experiments. *Ecological Modelling*, 221(19), 2393–2405. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLMODEL.2010.06.017>
- Câmara, T., Leal, I. R., Blüthgen, N., Oliveira, F. M. P., de Queiroz, R. T., & Arnan, X. (2018). Effects of chronic anthropogenic disturbance and rainfall on the specialization of ant-plant mutualistic networks in the Caatinga, a Brazilian dry forest. *Journal of Animal Ecology*, 87(4), 1022–1033. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1365-2656.12820>
- Castanho, A. D. A., Coe, M., Andrade, E. M., Walker, W., Baccini, A., Campos, D. A., & Farina, M. (2020). A close look at above ground biomass of a large and heterogeneous

- Seasonally Dry Tropical Forest - *Caatinga* in North East of Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92(1), e20190282. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020190282>
- Cushman, S. A., & Mcgarigal, K. (2008). Landscape Metrics, Scales of Resolution. En *Fragstats v2: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps* (pp. 33–51). University of Massachusetts, Amherst.
- da Silva, J. M. C., Leal, I. R., & Tabarelli, M. (2018). *Caatinga: The largest tropical dry forest region in South America. Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America*, 1–482. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68339-3>
- Fonseca, C. R., Antongiovanni, M., Matsumoto, M., Bernard, E., & Venticinque, E. M. (2018). Conservation opportunities in the Caatinga. En *Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America* (pp. 429–443). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-68339-3\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-319-68339-3_17)
- Freire-Filho, R., & Palmeirim, J. M. (2020). Potential distribution of and priority conservation areas for the Endangered Caatinga howler monkey *Alouatta ululata* in north-eastern Brazil. *Oryx*, 54(6), 794–802. <https://doi.org/10.1017/S0030605318001084>
- Godínez-Gómez, O., Correa-Ayram, C., Goicolea, T., & Saura, S. (2025). *Makurhini: An R package for comprehensive analysis of landscape fragmentation and connectivity*. <https://doi.org/10.21203/RS.3.RS-6398746/V1>
- Gonçalves, G. S. R., Cerqueira, P. V., Silva, D. P., Gomes, L. B., Leão, C. F., de Andrade, A. F. A., & Santos, M. P. D. (2023). Multi-temporal ecological niche modeling for bird conservation in the face of climate change scenarios in Caatinga, Brazil. *PeerJ*, 11, e14882. <https://doi.org/10.7717/PEERJ.14882/SUPP-2>
- Haddad, N. M., Brudvig, L. A., Clobert, J., Davies, K. F., Gonzalez, A., Holt, R. D., Lovejoy, T. E., Sexton, J. O., Austin, M. P., Collins, C. D., Cook, W. M., Damschen, E. I., Ewers, R. M., Foster, B. L., Jenkins, C. N., King, A. J., Laurance, W. F., Levey, D. J., Margules, C. R., ... Townshend, J. R. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances*, 1(2). [https://doi.org/10.1126/SCIADV.1500052/SUPPL\\_FILE/E1500052\\_SM.PDF](https://doi.org/10.1126/SCIADV.1500052/SUPPL_FILE/E1500052_SM.PDF)
- ICMBio. (2025). *Parna da Serra da Capivara — Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade*. <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/caatinga/lista-de-ucs/parna-da-serra-da-capivara>
- Jaeger, J. A. G. (2000). Landscape division, splitting index, and effective mesh size: New measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology*, 15(2), 115–130. <https://doi.org/10.1023/A:1008129329289/METRICS>
- Lemos, J. R. (2004). COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DO PARQUE NACIONAL SERRA DA CAPIVARA, PIAUÍ, BRASIL. *Rodriguésia*, 55(85), 55–66. <https://doi.org/10.1590/2175-78602004558503>

- Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. (2005, março 16). *Serras da Capivara e das Confusões serão unidas por corredor ecológico — Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima*. <https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/serras-da-capivara-e-das-confusoes-serao-unidas-por-corredor-ecologico>
- R Core Team. (2025). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Ribeiro, E. M. S., Lohbeck, M., Santos, B. A., Arroyo-Rodríguez, V., Tabarelli, M., & Leal, I. R. (2019). Functional diversity and composition of Caatinga woody flora are negatively impacted by chronic anthropogenic disturbance. *Journal of Ecology*, 107(5), 2291–2302. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13177>
- Ribeiro, J. R., Las-Casas, F. M. G., Lima, H. S. de, Silva, W. A. de G. e., & Naka, L. N. (2021). The Effect of Forest Management on the Avifauna of a Brazilian Dry Forest. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 631247. <https://doi.org/10.3389/FEVO.2021.631247/BIBTEX>
- Salomão, R. P., Alvarado, F., Dália Maia, A. C., Oliveira, D. W. G. de, Linzmeier, A. M., & Iannuzzi, L. (2024). Insights of ecological resilience in Caatinga assemblages – landscape configuration drives Chrysomeloidea (Coleoptera) diversity in a seasonally dry tropical forest. *International Journal of Tropical Insect Science*, 44(4), 1989–2000. <https://doi.org/10.1007/S42690-024-01319-0/FIGURES/3>
- Saura, S., & Pascual-Hortal, L. (2007). A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: Comparison with existing indices and application to a case study. *Landscape and Urban Planning*, 83(2–3), 91–103. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2007.03.005>
- Saura, S., & Rubio, L. (2010). A common currency for the different ways in which patches and links can contribute to habitat availability and connectivity in the landscape. *Ecography*, 33(3), 523–537. <https://doi.org/10.1111/J.1600-0587.2009.05760.X>
- Urban, D., & Keitt, T. (2001). LANDSCAPE CONNECTIVITY: A GRAPH-THEORETIC PERSPECTIVE. *Ecology*. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2001\)082\[1205:LCAGTP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2001)082[1205:LCAGTP]2.0.CO;2)
- Wickham, H. (2016). Data analysis. En *ggplot2. Use R!* (pp. 189–201). Springer, Cham. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-24277-4\\_9](https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-24277-4_9)