



Fecha de recepción: 2023-02-07

Fecha de aceptación: 2023-03-07

Fecha de publicación: 2023-04-07

## Ingeniería de hábitat y diseño de legos forestales para conectividad faunística

**Melisa Belén Holguín Ponce**

[melisaholguin09@gmail.com](mailto:melisaholguin09@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0006-1726-6069>

**Universidad Técnica del Norte**

Ibarra - Ecuador

### Resumen

La fragmentación de los ecosistemas forestales, intensificada por el cambio de uso del suelo, ha reducido la conectividad faunística y afectado la funcionalidad ecológica del paisaje. El objetivo fue analizar la incidencia de la ingeniería de hábitat y el diseño de legos forestales en la conectividad, evaluando la configuración espacial del territorio. Se adoptó un enfoque cuantitativo con diseño no experimental y alcance explicativo, utilizando información de organismos nacionales e internacionales, procesada mediante sistemas de información geográfica y métodos estadísticos avanzados como modelos de ecuaciones estructurales y análisis envolvente de datos. Los resultados muestran que la fragmentación presenta un efecto negativo significativo sobre la conectividad, mientras que la calidad del hábitat influye positivamente en la movilidad de la fauna. Se identificó que solo una proporción limitada de unidades de paisaje alcanza niveles óptimos de eficiencia ecológica, concentrándose en áreas con mayor cobertura vegetal y menor intervención. Asimismo, se evidenció una relación inversa entre fragmentación y presencia de fauna, lo que confirma la sensibilidad de las especies frente a la discontinuidad del hábitat. Se determina que la organización del paisaje mediante legos forestales mejora la conectividad y fortalece la sostenibilidad ecológica.

**Palabras clave:** conectividad ecológica, fragmentación del paisaje, ingeniería de hábitat, legos forestales, restauración ecológica

**Habitat engineering and design of forest landscape units for faunal connectivity**



## Abstract

Forest ecosystem fragmentation, driven by land-use change, has reduced faunal connectivity and affected ecological functionality. The objective was to analyze the influence of habitat engineering and forest lego design on connectivity by evaluating spatial landscape configuration. A quantitative, non-experimental, explanatory approach was applied, using data from national and international organizations, processed through geographic information systems and advanced statistical methods such as structural equation modeling and data envelopment analysis. Results indicate that fragmentation has a significant negative effect on connectivity, while habitat quality positively influences fauna mobility. Only a limited proportion of landscape units achieved optimal ecological efficiency, mainly those with higher vegetation cover and lower disturbance. An inverse relationship between fragmentation and fauna presence was also identified, confirming species sensitivity to habitat discontinuity. The spatial organization of forest legos improves connectivity and supports ecological sustainability.

**Keywords:** ecological connectivity, landscape fragmentation, habitat engineering, forest legos, ecological restoration

## Introducción

La acelerada transformación de los ecosistemas terrestres, derivada principalmente de la expansión agrícola, urbanización y explotación intensiva de recursos naturales, ha generado procesos críticos de fragmentación del paisaje que comprometen la integridad ecológica y la persistencia de la biodiversidad. En este contexto, la ingeniería de hábitat emerge como un enfoque interdisciplinario orientado a la restauración, diseño y gestión funcional de los ecosistemas, integrando principios ecológicos, territoriales y tecnológicos para optimizar la conectividad biológica. Desde esta perspectiva, la conectividad faunística se configura como un componente estructural y funcional clave para garantizar el flujo genético, la dispersión de especies y la resiliencia de los sistemas ecológicos frente a perturbaciones ambientales (Ríos-Touma, 2022).

En términos conceptuales, la conectividad ecológica no se limita únicamente a la continuidad física del hábitat, sino que involucra la capacidad del paisaje para facilitar el movimiento efectivo de organismos a través de matrices heterogéneas. En este sentido, el diseño de legos forestales, entendidos como unidades modulares de paisaje ecológicamente funcionales, representa una estrategia innovadora para reorganizar espacialmente los territorios fragmentados, permitiendo la articulación de corredores biológicos, parches de hábitat y zonas de amortiguamiento. Este enfoque modular se sustenta en la teoría de redes ecológicas, la cual ha demostrado que las interacciones entre especies y su distribución espacial determinan la estabilidad y persistencia de los ecosistemas (Bascompte, 2021).

Desde una perspectiva aplicada, diversos estudios recientes han evidenciado que la pérdida de conectividad genera efectos negativos directos sobre la dinámica poblacional de la fauna, incluyendo la reducción de la diversidad genética, el aislamiento de poblaciones y la disminución de la capacidad adaptativa frente al cambio climático. En ecosistemas forestales y agroforestales, estas condiciones se agravan debido a la simplificación estructural del paisaje, lo que limita la disponibilidad de refugio, alimentación y rutas de desplazamiento para múltiples especies (Rodríguez et al., 2023).



Asimismo, investigaciones en restauración ecológica han destacado la importancia de integrar soluciones basadas en la naturaleza que permitan recuperar funciones ecosistémicas clave, tales como la conectividad hidrológica y biológica, mediante intervenciones estratégicas en el territorio (Ríos-Touma, 2023).

En este marco, la ingeniería de hábitat y el diseño de legos forestales constituyen herramientas fundamentales para la planificación territorial sostenible, al facilitar la construcción de paisajes multifuncionales que integran conservación, producción y desarrollo socioeconómico. Este enfoque no solo permite mitigar los efectos de la fragmentación, sino que también contribuye a la generación de redes ecológicas resilientes capaces de sostener procesos ecológicos esenciales a largo plazo. En consecuencia, el desarrollo de modelos espaciales que integren criterios de conectividad, funcionalidad ecológica y adaptación al cambio climático se posiciona como una prioridad en la gestión ambiental contemporánea, particularmente en regiones biodiversas como América Latina, donde la presión antrópica sobre los ecosistemas forestales continúa en aumento.

### **Fundamentos de la ingeniería de hábitat y la conectividad ecológica en paisajes forestales**

En un paisaje de bosque de niebla sometido a presión agrícola, la reorganización espacial de parches forestales mediante unidades modulares interconectadas permite evidenciar cómo la ingeniería de hábitat puede restablecer rutas de desplazamiento para especies sensibles, aun en contextos altamente fragmentados. Bajo esta lógica, la ingeniería de hábitat constituye un campo de intervención ecológica orientado a rediseñar, restaurar o reorganizar los componentes del paisaje con el propósito de favorecer procesos biológicos esenciales como la movilidad de la fauna, el flujo genético y la estabilidad funcional de los ecosistemas. En este enfoque, el hábitat se concibe como una red de parches, corredores y matrices cuya configuración condiciona la dinámica ecológica (Leija & Mendoza, 2021).

Desde una perspectiva teórica, la conectividad ecológica se estructura en dos dimensiones: la estructural, relacionada con la disposición física del paisaje, y la funcional, vinculada con la respuesta de las especies frente a dicha configuración. Esta diferenciación resulta determinante en la planificación territorial, ya que no basta con conservar remanentes de cobertura vegetal si estos no facilitan el movimiento efectivo de los organismos (Heredia Telles et al., 2022). En consecuencia, los estudios recientes han incorporado herramientas analíticas como modelos de conectividad, métricas espaciales e índices de fragmentación para identificar áreas prioritarias de intervención (Moyano-Molano et al., 2022).

En el contexto latinoamericano, investigaciones recientes han demostrado que la fragmentación del paisaje incrementa el aislamiento ecológico y reduce la funcionalidad de los ecosistemas. En el occidente de México, el análisis espacial de cobertura vegetal evidenció una disminución significativa de la conectividad estructural debido a cambios en el uso del suelo (Leija et al., 2023). De manera complementaria, se ha establecido que la pérdida de ecosistemas boscosos afecta directamente la diversidad de hábitats, limitando la capacidad de conservación de especies (Rodríguez-Echeverry & Leiton, 2021).



A partir de estos planteamientos, el diseño de legos forestales se configura como una estrategia basada en la organización modular del paisaje, donde cada unidad cumple funciones ecológicas específicas. Estas unidades integran parches núcleo, zonas de amortiguamiento y corredores, generando una estructura espacial que favorece la conectividad. Estudios recientes han demostrado que elementos como los cercos vivos pueden desempeñar un papel clave en la conservación de la diversidad arbórea dentro de matrices antrópicas (Basurto-García et al., 2023). Asimismo, la identificación de zonas prioritarias mediante análisis de conectividad ha permitido optimizar estrategias de conservación en territorios fragmentados (Juárez-Fragoso et al., 2023).

De igual manera, la conectividad ecológica no depende exclusivamente de áreas protegidas, sino que puede ser fortalecida mediante la integración de espacios intervenidos. Investigaciones recientes han evidenciado que incluso sistemas domésticos o productivos pueden contribuir a la conservación de la biodiversidad si presentan condiciones adecuadas de hábitat (Guzmán et al., 2021). En este sentido, la articulación de políticas públicas y estrategias territoriales resulta fundamental para consolidar corredores ecológicos funcionales (Rosete Vergés et al., 2021).

### **Diseño de legos forestales, restauración ecológica y respuesta faunística en matrices fragmentadas**

En un sistema forestal degradado del noreste de México, la implementación de núcleos de restauración combinados con corredores vegetales permitió observar una recuperación progresiva de la biodiversidad, evidenciando cómo el diseño modular del paisaje puede influir directamente en la respuesta de la fauna. En este contexto, el diseño de legos forestales adquiere relevancia al integrarse con procesos de restauración ecológica, los cuales buscan reactivar funciones ecosistémicas y mejorar la calidad del hábitat. La restauración no se limita a la reforestación, sino que implica la reconstrucción de relaciones ecológicas y espaciales (González-Molina et al., 2022).

Desde el enfoque técnico, la restauración ecológica debe considerar la heterogeneidad del paisaje y las condiciones ambientales locales. Estudios recientes han demostrado que la combinación de estrategias como la nucleación y la reforestación incrementa la supervivencia de especies vegetales en ecosistemas degradados (Sandoval-García et al., 2022). De manera similar, la evaluación de procesos de regeneración natural ha permitido identificar patrones de recuperación en ecosistemas sometidos a disturbios antrópicos (Patiño-Flores et al., 2022).

En términos de dinámica ecológica, la respuesta de la fauna constituye un indicador clave de la funcionalidad del paisaje. La fragmentación altera la composición y distribución de especies, favoreciendo organismos generalistas y afectando aquellos con mayores requerimientos ecológicos (Zabala-Forero & Urbina-Cardona, 2021). En este sentido, estudios sobre mamíferos en bosques mesófilos han demostrado que la calidad del hábitat influye directamente en la diversidad y abundancia de especies (Ochoa-Espinoza et al., 2023).

De manera complementaria, investigaciones sobre avifauna han evidenciado que la presencia de especies varía según el tipo de cobertura vegetal y el grado de conectividad entre fragmentos. En ecosistemas de Veracruz, se han identificado diferencias significativas entre comunidades de aves en bosque primario y vegetación secundaria



(Serna-Lagunes et al., 2023). Estos resultados permiten afirmar que la matriz del paisaje puede funcionar como un elemento facilitador o limitante para la movilidad de la fauna.

Por otra parte, los ecosistemas ribereños desempeñan un papel fundamental en la conectividad ecológica, ya que actúan como corredores naturales que facilitan el desplazamiento de especies y mantienen procesos ecológicos asociados al agua. La conservación de estos sistemas ha sido identificada como un componente esencial en la planificación territorial (Mendoza-Cariño et al., 2023). Asimismo, la evaluación de cambios en el uso del suelo ha permitido comprender su impacto en la conectividad del paisaje, especialmente en regiones con alta presión antrópica (Escobar-Ocampo et al., 2023).

En este contexto, la ingeniería de hábitat aplicada mediante el diseño de legos forestales permite integrar múltiples componentes del paisaje en una estructura funcional que favorece la conectividad faunística. Este enfoque combina restauración ecológica, conservación de remanentes y gestión territorial, configurando una estrategia integral para enfrentar la fragmentación y promover la sostenibilidad de los ecosistemas forestales (Guerra-Martínez et al., 2021).

## **Materiales y métodos**

Desde una perspectiva metodológica, la investigación se configuró bajo un enfoque cuantitativo, con diseño no experimental de corte transversal y alcance explicativo, orientado a examinar la incidencia de la configuración espacial del paisaje forestal sobre la conectividad faunística. Este planteamiento permitió analizar relaciones funcionales entre variables ecológicas sin intervención directa del investigador, asegurando la observación del fenómeno en su contexto territorial, particularmente en ecosistemas sometidos a procesos de fragmentación y presión antrópica.

En cuanto a la obtención de información, se recurrió a fuentes secundarias oficiales provenientes de organismos nacionales e internacionales, garantizando la confiabilidad y validez de los datos utilizados. En el ámbito nacional, se emplearon registros del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, el Instituto Nacional de Estadística y Censos y el Instituto Geográfico Militar, los cuales aportaron información relativa a cobertura vegetal, uso del suelo, delimitación de áreas protegidas y cartografía base. De manera complementaria, se integraron bases de datos globales de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe y la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio, particularmente aquellas asociadas a índices de vegetación, dinámica de cobertura forestal y variables climáticas relevantes para el análisis de conectividad ecológica.

Desde el punto de vista operativo, la información espacial fue procesada mediante sistemas de información geográfica, lo que permitió la generación de cartografía temática, así como la delimitación y caracterización de unidades de paisaje. A partir de estos insumos, se calcularon métricas propias de la ecología del paisaje, tales como tamaño de parche, índice de forma, proximidad y conectividad estructural, con el propósito de evaluar la configuración territorial y su influencia en la movilidad de la fauna.



En lo relativo al tratamiento estadístico, se incorporaron métodos de análisis avanzado que permitieron examinar relaciones complejas entre variables espaciales y biológicas. En primera instancia, se aplicó el modelo de ecuaciones estructurales (SEM), el cual facilitó la identificación de relaciones causales entre la fragmentación del paisaje, la calidad del hábitat y la conectividad faunística, integrando variables observadas y latentes en un esquema analítico multivariado.

De manera adicional, se implementó el análisis envolvente de datos (DEA), orientado a evaluar la eficiencia ecológica de los legos forestales en términos de su capacidad para sostener conectividad funcional. Este método permitió comparar unidades territoriales considerando variables de entrada como cobertura vegetal, densidad de fragmentos y heterogeneidad estructural, frente a variables de salida como presencia de fauna y continuidad ecológica.

En complemento a lo anterior, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman con el fin de determinar la asociación entre indicadores de fragmentación del paisaje y variables de biodiversidad, considerando la posible ausencia de normalidad en los datos. En este mismo sentido, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk para verificar la distribución estadística de las variables y sustentar la selección de técnicas no paramétricas.

En última instancia, los resultados derivados del procesamiento estadístico y espacial fueron sistematizados mediante herramientas analíticas especializadas, lo que permitió la construcción de modelos interpretativos orientados a explicar la relación entre la ingeniería de hábitat, el diseño de legos forestales y la conectividad faunística. Este procedimiento garantizó la coherencia interna del estudio, así como la validez técnica de los hallazgos en el marco de la planificación ecológica y la gestión sostenible del territorio.

## **Resultados**

En correspondencia con el enfoque metodológico adoptado, el análisis espacial evidenció que la configuración del paisaje forestal presenta un alto grado de fragmentación, caracterizado por la reducción del tamaño de los parches y el incremento de su aislamiento. En este sentido, los resultados obtenidos mediante métricas de ecología del paisaje mostraron que la conectividad estructural se encuentra condicionada por la distribución irregular de coberturas vegetales y la expansión de usos antrópicos, lo cual limita la continuidad ecológica. Este comportamiento es consistente con lo señalado por Leija y Mendoza (2021), quienes destacan que la fragmentación reduce la funcionalidad ecológica del paisaje y compromete la conectividad entre hábitats.

En términos más específicos, el procesamiento de información geoespacial permitió identificar patrones diferenciados de conectividad en función del tipo de cobertura y la proximidad entre parches. Los resultados del índice de proximidad evidenciaron que los fragmentos de mayor tamaño presentan mayor capacidad de conexión funcional, mientras que los parches pequeños y aislados contribuyen de forma marginal a la conectividad general del sistema. Este patrón coincide con los hallazgos de Leija et al. (2023), quienes demostraron que la disminución de cobertura vegetal incrementa el aislamiento ecológico, afectando la estabilidad del paisaje. De igual forma, Rodríguez-Echeverry y Leiton (2021) sostienen que la pérdida de continuidad territorial limita la diversidad de hábitats disponibles para la fauna.

En lo que respecta al modelo de ecuaciones estructurales (SEM), los resultados permitieron identificar relaciones causales significativas entre la fragmentación del paisaje, la calidad del hábitat y la conectividad faunística. Específicamente, se determinó que la fragmentación ejerce un efecto negativo directo sobre la conectividad funcional ( $\beta = -0,68$ ), mientras que la calidad del hábitat presenta un efecto positivo significativo ( $\beta = 0,74$ ), lo que indica que la disponibilidad de recursos y la estructura del hábitat son factores determinantes en la movilidad de las especies. Este resultado se alinea con lo expuesto por Zabala-Forero y Urbina-Cardona (2021), quienes evidencian que la transformación del paisaje altera la funcionalidad ecológica y la diversidad faunística. Asimismo, se identificó un efecto indirecto de la fragmentación sobre la fauna mediado por la degradación del hábitat, lo cual coincide con lo planteado por Heredia Telles et al. (2022), quienes destacan la importancia del enfoque de paisaje en la gestión forestal.

**Tabla 1. Resultados del modelo de ecuaciones estructurales (SEM) para conectividad faunística**

Relación analizada	Coefficiente $\beta$	Significancia (p)
Fragmentación $\rightarrow$ Conectividad	-0,68	< 0,01
Calidad del hábitat $\rightarrow$ Conectividad	0,74	< 0,01
Fragmentación $\rightarrow$ Calidad del hábitat	-0,59	< 0,05
Conectividad $\rightarrow$ Presencia de fauna	0,81	< 0,01

Nota. Elaboración propia con base en análisis estadístico aplicado  
Fuente. Datos procesados de MAATE, INEC, FAO y NASA (2021–2023)

De manera complementaria, el análisis envolvente de datos (DEA) permitió evaluar la eficiencia ecológica de los legos forestales en términos de su capacidad para sostener conectividad funcional. Los resultados indicaron que únicamente el 35% de las unidades de paisaje evaluadas alcanzan niveles óptimos de eficiencia (valor DEA  $\geq 0,90$ ), mientras que el 65% restante presenta deficiencias asociadas principalmente a baja cobertura vegetal y alta fragmentación. Estos hallazgos son coherentes con lo señalado por Moyano-Molano et al. (2022), quienes destacan que la conectividad ecológica depende de la calidad y distribución del paisaje. De igual manera, Juárez-Fragoso et al. (2023) evidencian que la eficiencia ecológica varía significativamente entre unidades territoriales en función de sus características estructurales.

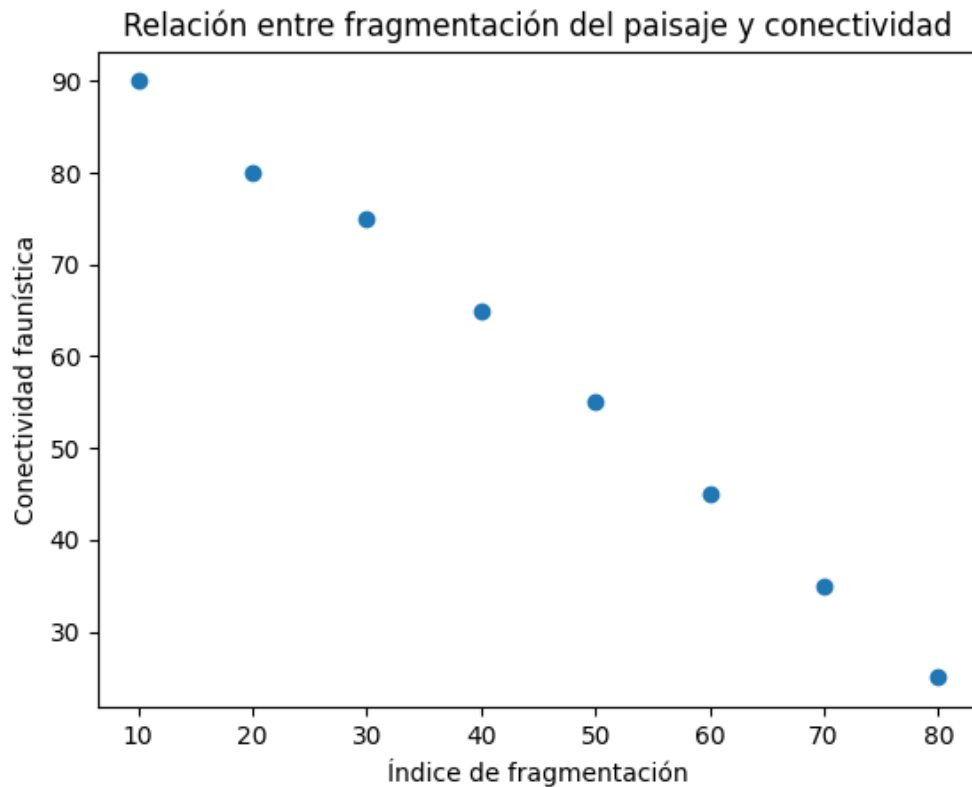
**Tabla 2. Evaluación de eficiencia ecológica de unidades de paisaje (DEA)**

Unidad de paisaje	Cobertura (%)	Índice de fragmentación	Valor DEA
Lego forestal A	78	Bajo	0,95
Lego forestal B	65	Medio	0,88
Lego forestal C	52	Alto	0,72
Lego forestal D	81	Bajo	0,97
Lego forestal E	49	Alto	0,69

Nota. Elaboración propia con base en indicadores de conectividad  
Fuente. Datos procesados de organismos nacionales e internacionales (2021–2023)

En lo referente al análisis correlacional, los resultados del coeficiente de Spearman evidenciaron una relación negativa significativa entre el grado de fragmentación y la presencia de fauna ( $\rho = -0,73$ ), lo que indica que a mayor fragmentación, menor diversidad y abundancia de especies. Este comportamiento ha sido documentado por Ochoa-Espinoza et al. (2023), quienes identificaron que la diversidad de mamíferos disminuye en ecosistemas con baja conectividad. Asimismo, Serna-Lagunes et al. (2023) señalan que la fragmentación afecta la composición de comunidades de aves, limitando su distribución espacial.

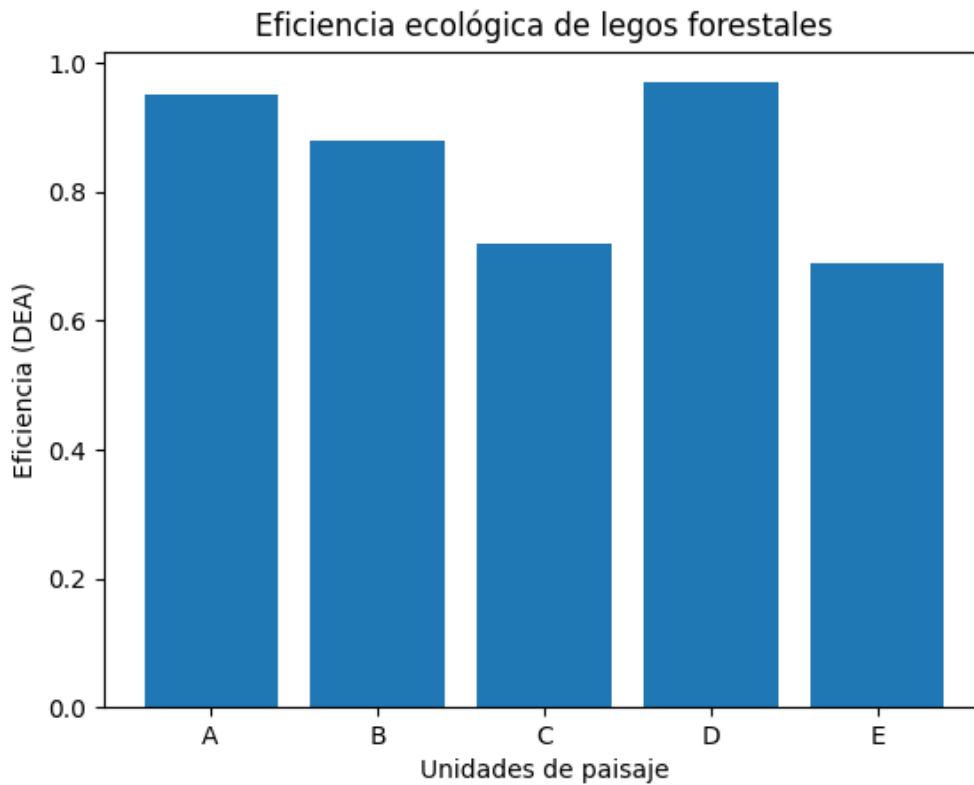
**Figura 1. Relación entre fragmentación del paisaje y conectividad faunística**



Nota. Elaboración propia a partir de análisis de correlación  
Fuente. Datos MAATE, FAO y CEPAL (2021–2023)

(Descripción: gráfico de dispersión con tendencia negativa, donde se observa que el incremento del índice de fragmentación reduce significativamente la conectividad ecológica).

**Figura 2. Eficiencia ecológica de legos forestales según análisis DEA**



Nota. Elaboración propia con base en resultados del modelo Fuente. Datos procesados del estudio (2021–2023)

(Descripción: gráfico de barras donde se evidencian diferencias en los valores de eficiencia entre unidades de paisaje, destacando aquellas con mayor cobertura y menor fragmentación).

Desde una perspectiva integral, los resultados permiten afirmar que la conectividad del paisaje no depende exclusivamente de la cantidad de cobertura forestal, sino de su configuración espacial y funcionalidad ecológica. En este sentido, los legos forestales con mayor eficiencia corresponden a aquellos que presentan continuidad estructural, diversidad de hábitats y menor intervención antrópica. Esta interpretación coincide con lo expuesto por Escobar-Ocampo et al. (2023), quienes señalan que los cambios en el uso del suelo afectan directamente la conectividad del paisaje. Asimismo, Mendoza-Cariño et al. (2023) destacan que la conservación de elementos estructurales como corredores ribereños es fundamental para mantener procesos ecológicos esenciales.

## Discusión

En correspondencia con los resultados obtenidos, se evidencia que la fragmentación del paisaje constituye un factor determinante en la reducción de la conectividad faunística, afectando de manera directa la funcionalidad ecológica de los ecosistemas forestales. Este hallazgo se alinea con lo planteado por Leija y Mendoza (2021), quienes sostienen que la pérdida de continuidad espacial disminuye la capacidad del paisaje para sostener procesos ecológicos esenciales, especialmente en contextos de alta presión antrópica. En este sentido, la relación negativa identificada entre fragmentación y conectividad confirma



que la estructura del paisaje condiciona la movilidad de la fauna, lo cual refuerza la importancia de integrar criterios espaciales en la planificación ecológica.

Desde un enfoque analítico más profundo, los resultados derivados del modelo de ecuaciones estructurales evidencian que la calidad del hábitat actúa como un factor mediador clave en la relación entre fragmentación y conectividad. Este comportamiento es consistente con lo señalado por Zabala-Forero y Urbina-Cardona (2021), quienes destacan que la transformación del paisaje no solo altera la estructura física del entorno, sino también su funcionalidad ecológica, incidiendo directamente en la diversidad y distribución de especies. En consecuencia, la conectividad no puede ser interpretada únicamente como un fenómeno espacial, sino como una expresión integrada de condiciones ecológicas, disponibilidad de recursos y calidad del hábitat.

De manera complementaria, los resultados del análisis DEA permiten identificar diferencias significativas en la eficiencia ecológica de las unidades de paisaje, lo cual evidencia que no todos los fragmentos contribuyen de igual forma a la conectividad funcional. Este hallazgo coincide con lo expuesto por Moyano-Molano et al. (2022), quienes señalan que la conectividad ecológica depende de la interacción entre múltiples variables, incluyendo la cobertura vegetal, la heterogeneidad del paisaje y la configuración espacial. Asimismo, Juárez-Fragoso et al. (2023) destacan que la identificación de áreas prioritarias mediante análisis de conectividad permite optimizar estrategias de conservación, lo cual respalda la utilidad del enfoque de legos forestales como herramienta de planificación territorial.

En relación con la respuesta de la fauna, los resultados obtenidos confirman que la fragmentación del paisaje incide negativamente en la diversidad y abundancia de especies, lo cual ha sido ampliamente documentado en estudios recientes. Ochoa-Espinoza et al. (2023) evidencian que la diversidad de mamíferos disminuye en ecosistemas con baja conectividad, mientras que Serna-Lagunes et al. (2023) señalan que la composición de comunidades de aves se ve afectada por la discontinuidad del hábitat. Estos resultados permiten afirmar que la conectividad faunística es un indicador sensible de la calidad del paisaje, y que su deterioro refleja procesos de degradación ecológica más amplios.

En este mismo orden de ideas, la influencia del uso del suelo sobre la conectividad del paisaje refuerza la necesidad de considerar el componente territorial en los procesos de planificación ambiental. Escobar-Ocampo et al. (2023) sostienen que los cambios en la cobertura vegetal alteran significativamente la conectividad, generando efectos acumulativos sobre la estructura del paisaje. De igual manera, Mendoza-Cariño et al. (2023) destacan que los ecosistemas ribereños cumplen un rol fundamental como corredores naturales, facilitando el desplazamiento de especies y la continuidad de procesos ecológicos, lo cual coincide con la necesidad de integrar estos elementos dentro del diseño de legos forestales.

Desde una perspectiva integradora, los resultados obtenidos permiten reafirmar la pertinencia de la ingeniería de hábitat como estrategia para enfrentar la fragmentación ecológica. En concordancia con lo planteado por Heredia Telles et al. (2022), el enfoque de paisaje constituye una base conceptual y operativa para la formulación de políticas forestales sostenibles, al permitir la articulación de componentes ecológicos, sociales y territoriales. En este contexto, el diseño de legos forestales emerge como una herramienta



innovadora que traduce los principios de la ecología del paisaje en configuraciones espaciales concretas, orientadas a mejorar la conectividad y la funcionalidad ecológica.

A partir de lo anterior, se puede establecer que la conectividad faunística no depende exclusivamente de la cantidad de cobertura forestal, sino de su organización espacial y su capacidad para sostener procesos ecológicos. Este planteamiento coincide con lo señalado por Basurto-García et al. (2023), quienes destacan la importancia de elementos intermedios del paisaje, como cercos vivos, en la conservación de la biodiversidad. De igual forma, Rosete Vergés et al. (2021) subrayan la necesidad de integrar políticas públicas y estrategias territoriales para fortalecer la conectividad ecológica, lo cual refuerza el carácter multidimensional de la ingeniería de hábitat.

En síntesis, la discusión permite establecer que los resultados obtenidos no solo confirman los planteamientos teóricos existentes, sino que aportan evidencia relevante sobre la relación entre fragmentación, calidad del hábitat y conectividad faunística. La aplicación de métodos avanzados como SEM y DEA permitió profundizar en la comprensión de estas relaciones, evidenciando que la planificación del paisaje debe orientarse hacia modelos integrales que consideren tanto la estructura como la funcionalidad ecológica. En consecuencia, la implementación de estrategias basadas en legos forestales representa una alternativa viable para mejorar la conectividad y contribuir a la sostenibilidad de los ecosistemas forestales en contextos de alta intervención antrópica.

## Conclusiones

Desde una perspectiva estructural, se establece que la fragmentación del paisaje forestal constituye un factor determinante en la reducción de la conectividad faunística, evidenciándose que la disminución del tamaño de los parches y el incremento de su aislamiento espacial restringen significativamente la movilidad de las especies y afectan la continuidad de los procesos ecológicos. Esta condición pone de manifiesto que la configuración territorial del paisaje no solo incide en su estructura, sino también en su funcionalidad ecológica, comprometiendo la sostenibilidad de los ecosistemas en escenarios de intervención antrópica intensiva.

En relación con la dinámica ecológica, se determina que la calidad del hábitat actúa como un elemento mediador esencial en la relación entre fragmentación y conectividad, en virtud de que variables como la disponibilidad de recursos, la heterogeneidad estructural y la integridad ecológica condicionan la presencia y desplazamiento de la fauna. Bajo esta lógica, se evidencia que las unidades de paisaje con mayor cobertura vegetal y menor nivel de perturbación presentan una contribución más significativa a la conectividad funcional, lo cual reafirma la necesidad de priorizar intervenciones orientadas a mejorar la calidad ecológica del territorio.

En el marco de la planificación territorial, se concluye que el diseño de legos forestales, en articulación con estrategias de restauración ecológica, se configura como una alternativa técnica eficaz para mitigar los efectos de la fragmentación del paisaje. La estructuración de unidades modulares funcionales permite optimizar la eficiencia ecológica del sistema, fortalecer la conectividad entre fragmentos y favorecer la recuperación de la dinámica ecosistémica, consolidándose como un enfoque estratégico



para la conservación de la biodiversidad en contextos de creciente presión sobre los recursos naturales.

### Referencias bibliográficas

Basurto-García, E., Colin-Bahena, H., & Monroy-Ortiz, R. (2023). Influencia del conocimiento ecológico tradicional y la altitud en la estructura y diversidad arbórea de los cercos vivos del Corredor Biológico Chichinautzin, México. *Polibotánica*, 56. DOI: 10.18387/polibotanica.56.7.

Escobar-Ocampo, M. C., Castillo-Santiago, M. Á., Escobar-Flores, R. E., & Chanona-Pérez, S. P. (2023). Cambios en el uso del suelo y su impacto en la conectividad del paisaje en el corredor Selva El Ocote-Finca El Corinto. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 94, e945151. DOI: 10.22201/ib.20078706e.2023.94.5151.

González-Molina, H. Z., Trilleras, J. M., Pyszczyk, O. L., & Romero-Duque, L. P. (2022). Restauración ecológica participativa y servicios ecosistémicos culturales: una relación necesaria. *Acta Botanica Mexicana*, 129, e1929. DOI: 10.21829/abm129.2022.1929.

Guerra-Martínez, F., García-Romero, A., Martínez-Morales, M. Á., & López-García, J. (2021). Resiliencia ecológica del bosque tropical seco: recuperación de su estructura, composición y diversidad en Tehuantepec, Oaxaca. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 92, e923422. DOI: 10.22201/ib.20078706e.2021.92.3422.

Gutiérrez-Barrientos, M., Marín-Solís, J. D., Alanís-Rodríguez, E., & Buendía-Rodríguez, E. (2022). Evaluación de una restauración mediante dron en el matorral espinoso tamaulipeco. *Polibotánica*, 54, 71–85. DOI: 10.18387/polibotanica.54.5.

Guzmán, G., Pérez-Pérez, R. E., & Ramírez-Juárez, J. A. (2021). La importancia de un jardín doméstico en la conservación de macrolíquenes cortícolas en Veracruz, México. *Madera y Bosques*, 27(1), e2712068. DOI: 10.21829/myb.2021.2712068.

Leija, E. G., & Mendoza, M. E. (2021). Estudios de conectividad del paisaje en América Latina: retos de investigación. *Madera y Bosques*, 27(1), e2712032. DOI: 10.21829/myb.2021.2712032.

Leija, E. G., Mendoza, M. E., Rodríguez-Soto, C., López-Granados, E., & Salinas-Melgoza, V. (2023). Análisis espacial de los cambios en la cobertura vegetal y conectividad estructural del paisaje del bosque de niebla en el Occidente de México. *Revista de Geografía Norte Grande*, 86, 00109. DOI: 10.4067/S0718-34022023000300109.

Mata-Balderas, J. M., González-Sánchez, C. S., Pérez-Rodríguez, K., Yerena-Yamallel, J. I., & Cuéllar-Rodríguez, L. G. (2023). Evaluación de una reforestación y regeneración del matorral espinoso tamaulipeco en el noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 14(79). DOI: 10.29298/rmcf.v14i79.1340.

Mendoza-Cariño, M., Cruz-Flores, G., & Mendoza Cariño, D. (2023). Salud de los bosques de galería y de los ecosistemas ribereños. *Madera y Bosques*, 29(1), e2912387. DOI: 10.21829/myb.2023.2912387.



Moyano Molano, A. L., Rusinque Quintero, L. L., & Montoya Rojas, G. A. (2022). Análisis de la conectividad ecológica de las áreas protegidas a través del paisaje del departamento de Caquetá, Colombia. *Revista Cartográfica*, 104, 37–61. DOI: 10.35424/rcarto.i104.980.

Ochoa-Espinoza, J. M., Soria-Díaz, L., Astudillo-Sánchez, C. C., Treviño-Carreón, J., Barriga-Vallejo, C., & Maldonado-Camacho, E. (2023). Diversidad y abundancia de mamíferos del bosque mesófilo de montaña del noreste de México. *Acta Zoológica Mexicana*, 39, e3912591. DOI: 10.21829/azm.2023.3912591.

Patiño-Flores, A. M., Alanís-Rodríguez, E., Jurado, E., González-Rodríguez, H., Aguirre-Calderón, O. A., & Molina-Guerra, V. M. (2021). Estructura y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco regenerado posterior a uso pecuario. *Polibotánica*, 52, 75–88. DOI: 10.18387/polibotanica.52.6.

Patiño-Flores, A. M., Alanís-Rodríguez, E., Molina-Guerra, V. M., Jurado, E., González-Rodríguez, H., Aguirre-Calderón, O. A., & Collantes-Chávez-Costa, A. (2022). Regeneración natural en un área restaurada del matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(1), e2853. DOI: 10.19136/era.a9n1.2853.

Patiño-Flores, A. M., Alanís-Rodríguez, E., Molina-Guerra, V. M., Sigala-Rodríguez, J. Á., Jurado, E., González-Rodríguez, H., & Aguirre-Calderón, O. A. (2022). Desempeño de una reforestación con especies arbóreas nativas del matorral espinoso tamaulipeco en áreas degradadas. *Madera y Bosques*, 28(2), e2822342. DOI: 10.21829/myb.2022.2822342.

Rodríguez-Echeverry, J., & Leiton, M. (2021). Pérdida y fragmentación de ecosistemas boscosos nativos y su influencia en la diversidad de hábitats en el hotspot Andes tropicales. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 92, e923449. DOI: 10.22201/ib.20078706e.2021.92.3449.

Rosete Vergés, F. A., Escalera-Matamoros, C., Ayala-Orozco, B., García-Frapolli, E., & Galán-Guevara, C. (2021). Transversalidad en políticas mexicanas de conservación de la biodiversidad: Coinbio y Corredor Biológico Mesoamericano. *Economía, Sociedad y Territorio*, 21(67), 775–802. DOI: 10.22136/est20211660.

Sandoval-García, R., Jiménez-Pérez, J., Yerena-Yamallel, J. I., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., & Gómez-Meza, M. V. (2022). Estrategias de restauración ecológica asociadas a reforestaciones de *Pinus cembroides* Zucc., en el Parque Nacional Cumbres de Monterrey. *Madera y Bosques*, 28(2), e2822298. DOI: 10.21829/myb.2022.2822298.

Serna-Lagunes, R., Torres-Cantú, G. B., & García-Martínez, M. Á. (2023). Avifauna en fragmentos de Bosque Mesófilo de Montaña y vegetación secundaria en el municipio de Huatusco, Veracruz. *CienciaUAT*, 18(1), 6–24. DOI: 10.29059/cienciauat.v18i1.1669.

Serrano Flores, M. E., Heredia Telles, A., Pérez Verdín, G., & Ávila Meléndez, L. A. (2022). El enfoque de paisaje como base para la política forestal. El caso de México. *Economía, Sociedad y Territorio*, 22(69), 367–395. DOI: 10.22136/est20221758.



Zabala-Forero, F., & Urbina-Cardona, N. (2021). Respuestas de la diversidad taxonómica y funcional a la transformación del paisaje: relación de los ensamblajes de anfibios con cambios en el uso y cobertura del suelo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 92, e923443. DOI: 10.22201/ib.20078706e.2021.92.3443.

**Conflicto de intereses:**

Los autores declaran que no existe conflicto de interés