



Autoridad Nacional  
de Licencias Ambientales



2026

# GUÍA EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE **MODELACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO** DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS

**Elaboró:**  
**Alejandra Neira**  
Contratista

**Revisó:**  
**Leonardo Andres Malagón Aldana**  
Líder Técnico grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo

**Aprobó:**  
**Oscar Alexander Varila Quiroga**  
Coordinador grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo

**Jorge Alberto Sanabria Morales**  
Subdirector Instrumentos, Permisos y Trámites Ambientales



<p><b>Autoridad Nacional de Licencias Ambientales</b></p>	<b>GUÍA</b> <b>EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS</b>	Fecha	01-06-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-17

## 1. Introducción

La modelación biótica se ha consolidado como una herramienta esencial para la gestión ambiental y la toma de decisiones por parte de las autoridades. Su aplicación fortalece la capacidad técnica en los procesos de evaluación y seguimiento ambiental, al ofrecer escenarios prospectivos sobre las transformaciones que pueden experimentar los ecosistemas y las comunidades de fauna asociadas, derivados de los impactos generados por proyectos sujetos a licenciamiento o ya licenciados.

La modelación biótica, mediante la simulación de escenarios (como los modelos de distribución potencial de especies y los análisis de conectividad ecológica), aporta información técnica y científica crucial. Permite anticipar posibles impactos, orientar la planificación territorial y respaldar la definición de medidas de manejo, mitigación y compensación.

Dentro del proceso de licenciamiento ambiental, esta capacidad se traduce en:

- **Identificación de Áreas Críticas:** Delimitar el Área de Influencia Biótica, corredores biológicos y zonas de alta y muy alta sensibilidad ambiental, facilitando la caracterización de la línea base, sensibilidad ambiental y zonificación de manejo para las actividades del proyecto.
- **Evaluación y Monitoreo:** Optimizar la evaluación de impactos (incluidos los acumulativos y sinérgicos), orientar la localización de infraestructuras, y diseñar estrategias de monitoreo ambiental basadas en condiciones verificables.
- **Formulación de Medidas:** Proporcionar soporte robusto para la formulación de medidas de manejo y monitoreo en los Planes de Manejo Ambiental (PMA) y Planes de Monitoreo y Seguimiento (PMS).

En este sentido, la modelación biótica es estratégica para garantizar que los procesos de licenciamiento se desarrollen bajo criterios de sostenibilidad ecológica, enfoque preventivo y planificación basada en evidencia científica.

No obstante, para garantizar resultados confiables y una adecuada gestión de la incertidumbre, la implementación de modelos bióticos exige información de calidad, cobertura suficiente y la aplicación de protocolos metodológicos rigurosos que minimicen las fuentes de error. Estos requerimientos resaltan la necesidad de lineamientos claros y criterios estandarizados para el diseño de muestreos, el procesamiento de datos y la implementación de modelos.

En consecuencia, el objetivo principal de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) con la presente Guía de Buenas Prácticas de Modelación Biótica es proporcionar un flujo metodológico claro y estandarizado para la implementación de los modelos bióticos más relevantes en el contexto del licenciamiento ambiental.

Al definir protocolos unificados para la adquisición de datos, la selección de variables y la interpretación de resultados, esta guía busca orientar a los actores involucrados —autoridades, consultores y titulares de proyectos—, asegurando que los análisis sean transparentes, replicables y técnicamente consistentes, fortaleciendo así la calidad de la gestión ambiental del país.

## 2. Objetivo

Orientar la aplicación de la modelación biótica en los procesos de licenciamiento ambiental, mediante lineamientos técnicos para el desarrollo, implementación e interpretación de modelos bióticos, con el propósito de fortalecer la evaluación de impactos ambientales, la formulación de medidas de manejo y la toma de decisiones por parte de la Autoridad Ambiental

## 3. Alcance

El presente documento está orientado a los actores externos que presenten modelos bióticos en el marco de procesos de licenciamiento ambiental ante la ANLA, así como a los profesionales de la Autoridad Ambiental encargados de su evaluación y seguimiento. La guía proporciona los elementos conceptuales, metodológicos y procedimentales necesarios para la estructuración, ejecución, análisis, presentación y almacenamiento de modelos del medio biótico, incluyendo conectividad ecológica y distribución potencial de especies, con el fin de fortalecer la trazabilidad, reproducibilidad y calidad técnica de la información utilizada para la toma de decisiones ambientales.

## 4. Definiciones


**Ámbito hogareño:** Área que un individuo recorre de manera habitual para alimentación, reproducción y cuidado parental; parámetro útil para escalar análisis de movimiento y establecer distancias de conectividad.

**ANLA:** Autoridad Nacional de Licencias Ambientales

**Áreas núcleo:** Parches extensos y de alta calidad que sostienen poblaciones viables y procesos ecológicos fundamentales; actúan como fuentes y anclajes de las redes de conectividad, con baja influencia de borde y alta conectividad interna.

**Conectividad ecológica:** Grado en que el paisaje permite o restringe el movimiento de organismos y el flujo de materia, energía y genes entre parches a distintas escalas espaciales y temporales.

**Conectividad estructural:** conectividad inferida a partir de la configuración física del paisaje (tamaño, forma y disposición de parches; continuidad de coberturas; presencia de corredores).

	<b>GUÍA</b> <b>EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO DEL</b> <b>CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA</b> <b>ACTORES EXTERNOS</b>	Fecha	01-06-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-17

**Conectividad funcional:** Conectividad evaluada desde la respuesta biológica (movimiento, dispersión, selección de hábitat) de las especies frente a la estructura y calidad del paisaje; integra rasgos de historia de vida, capacidad de desplazamiento y permeabilidad de la matriz.

**Distancia de dispersión:** Distancia de movimiento asociada al proceso de dispersión, típicamente medida como la distancia lineal entre el sitio de origen (natal o de reproducción) y el sitio de asentamiento; puede caracterizarse mediante distribución (mediana, percentiles y cola).

**Fragmentación del hábitat:** Proceso por el cual un hábitat continuo se subdivide en parches más pequeños y aislados, con aumento de borde y pérdida de conectividad, afectando viabilidad poblacional, flujo génico y funcionamiento ecosistémico.

**IDEAM:** Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

**Idoneidad de hábitat:** Valor continuo que expresa la adecuación relativa de las condiciones ambientales para la presencia o desempeño de una especie, usualmente derivado de modelos especie-ambiente.

**LCP:** Rutas de menor costo (Least-Cost Paths)

**MAG:** Modelo de almacenamiento geográfico.

**Matriz de resistencia:** Representación espacial (ráster) de la oposición del paisaje al movimiento; se parametriza con evidencia empírica, genética o juicio experto y se emplea para modelar conectividad.

**Modelo de distribución de especies:** Métodos estadísticos/computacionales que combinan registros de presencia/abundancia con predictores ambientales para inferir relaciones especie-ambiente y predecir distribuciones en el espacio y/o tiempo.

**Mosaico parche-corredor-matriz:** Modelo conceptual que representa el territorio como parches de hábitat, corredores de conexión y una matriz dominante no hábitat; su estructura y configuración condicionan los flujos ecológicos.

**Nicho ecológico:** Hipervolumen n-dimensional de variables ambientales dentro del cual una especie mantiene poblaciones viables; base teórica de muchos Modelos de distribución potencial.

**PC:** Probabilidad de Conectividad

**POA:** Proyecto, obra o actividad

**Probabilidad de Conectividad (PC) y dPC:** Índice basado en grafos que integra disponibilidad de hábitat y probabilidades de dispersión entre parches; dPC cuantifica la contribución marginal de cada parche a la conectividad global de la red.

**Puntos de estrangulamiento (pinch points):** Segmentos del paisaje donde el flujo de movimiento se concentra y, por tanto, la conectividad es especialmente vulnerable a interrupciones; su identificación orienta la priorización de manejo y restauración.

**Rutas de menor costo:** En conectividad ecológica son corredores óptimos de desplazamiento calculados mediante modelos espaciales que identifican el trayecto que representa la menor resistencia para el movimiento, dispersión o intercambio genético de una especie o grupo funcional entre dos o más áreas de hábitat adecuadas.

**Teoría de circuitos aplicada a la conectividad:** Marco que modela el movimiento como flujo eléctrico a través de redes o rejillas de resistencia; la densidad de corriente identifica rutas alternativas y cuellos de botella críticos para la conservación.

**Teoría de grafos (aplicada a la conectividad ecológica):** Marco matemático que representa el paisaje como una red (grafo) compuesta por nodos (p. ej., parches, áreas núcleo o celdas) y aristas (posibles conexiones) ponderadas por distancia, costo o probabilidad de movimiento/dispersión.

## 5. Normativa

Tipo	Número	Fecha	Epígrafe	Artículos
NA	NA	01-01-0001	NA	NA


## 6. Documentos Asociados

Nombre
No aplica

## 7. Desarrollo

### 7.1 INVESTIGACION PRELIMINAR

La investigación preliminar comprende el levantamiento de información secundaria disponible y la integración de datos obtenidos

 <b>Autoridad Nacional de Licencias Ambientales</b>	<b>GUÍA</b> <b>EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS</b>	Fecha	01-06-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-17

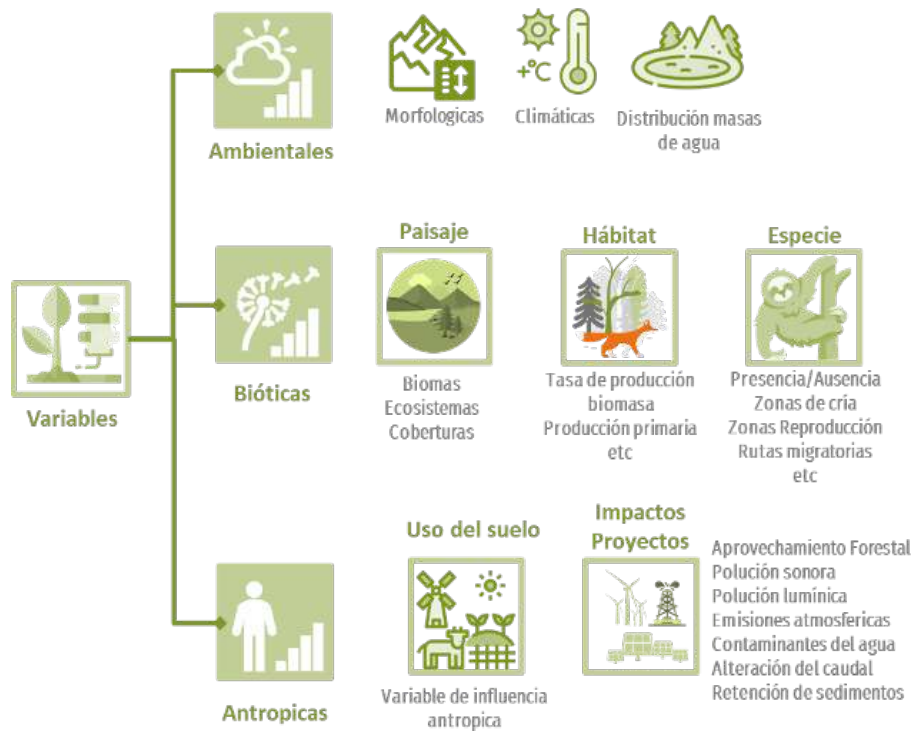
mediante muestreos o monitoreos de campo, con el fin de que el modelador disponga de una comprensión inicial de las particularidades y procesos del sistema de estudio. La extensión espacial, la escala y el nivel de detalle requeridos dependerán del objetivo de la modelación y del ámbito espacial del modelo a implementar.

La recopilación de datos debe sustentarse en dos fuentes principales para garantizar la solidez y el rigor del análisis: (i) Fuentes secundarias, que incluyen información preexistente de contexto regional (p. ej., registros de especies, biomodelos publicados, datos de rasgos biológicos como rango de distribución, tamaño de hogar, distancias de movimiento o dispersión, hábitats de mayor presencia y movimiento, e información abiótica como variables climáticas y altitud); y (ii) Fuentes primarias, derivadas de la línea base del Proyecto, Obra o Actividad (POA) o de programas de monitoreo, que aportan datos de alta resolución y especificidad (p. ej., registros de ocurrencia y abundancia de especies, y cartografía detallada de coberturas o ecosistemas).

Las variables sugeridas para la recopilación (véase Figura 1) se agrupan en tres categorías, según corresponda a las características de las especies, al tipo de modelo (p. ej., conectividad ecológica, distribución potencial) y al tipo de ecosistema (acuático o terrestre): (i) Variables ambientales: información geomorfológica (elevación, batimetría, entre otras) y climática (precipitación, temperatura, etc.), (ii) Variables bióticas: datos de las especies (registros de ocurrencia, georreferenciación de sitios de importancia biótica, rutas migratorias), del hábitat (disponibilidad de presas, coberturas de preferencia) y de vulnerabilidad frente a los tensores evaluados (umbrales de afectación por presión sonora, niveles de ecotoxicidad, entre otros) y, (iii) Variables antrópicas: presencia y configuración de superficies de origen antrópico y prospección de impactos generados por el/los proyecto(s) (infraestructura construida, niveles de presión sonora según modelación de ruido, contaminantes del agua como concentraciones de metales pesados, entre otros).

La investigación preliminar debe documentar metadatos, métodos de obtención, resolución espacial y temporal, y procedimientos de control de calidad, asegurando la trazabilidad y la comparabilidad de los insumos a lo largo del proceso de modelación.

Figura 1. Información a incluir en la investigación preliminar




Fuente: Centro de Monitoreo, 2026

## 7.2 MODELO CONCEPTUAL

El Modelo Conceptual constituye un insumo crítico para la verificación y validación del proceso de modelación, pues permite a la Autoridad Ambiental identificar y comprender el flujo metodológico seguido por el equipo técnico. Este esquema debe detallar y documentar de manera explícita sus componentes esenciales: (i) las entradas (variables e insumos), (ii) los parámetros y criterios empleados, (iii) la simulación de escenarios (supuestos y configuraciones) y (iv) las salidas esperadas (productos e indicadores).

Dado que la modelación del medio biótico admite diversidad de enfoques y metodologías, la presente guía de buenas prácticas puede adaptarse o complementarse según las particularidades del problema, las características del ecosistema o de las especies objetivo, y los objetivos específicos de la modelación. Desde la perspectiva de la Autoridad Ambiental, el modelo conceptual es el punto de referencia para verificar la pertinencia ecológica y técnica de los parámetros y criterios aplicados, una condición fundamental para sustentar la validez tanto del modelo como de sus resultados. Por ello, es obligatorio

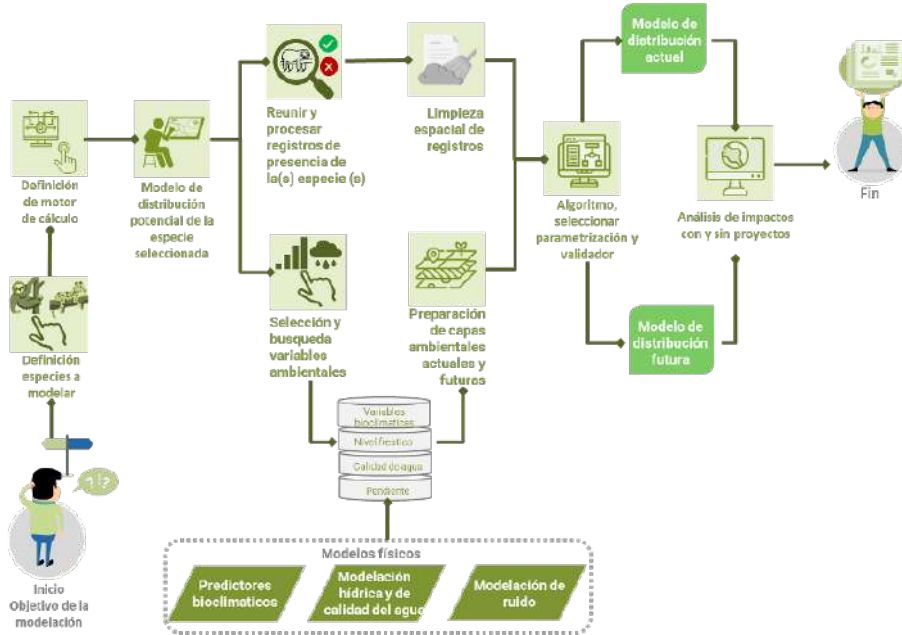
anexar al entregable del modelo biótico —según aplique al tipo de modelo y ecosistema— un Esquema Conceptual que describa entradas, salidas y consideraciones clave adoptadas en su estructuración.

	<b>GUÍA</b>	Fecha	01-06-2026
	<b>EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS</b>	Versión	1
		Código	IR-GU-17

A continuación, se propone una estructura tipo de modelo conceptual para dos aplicaciones frecuentes en el licenciamiento ambiental, ilustradas en las Figura 2 la Modelación de Distribución Potencial de Especies y la Figura 3 para la Modelación de Conectividad Funcional.

La Modelación de Distribución Potencial de Especies tiene como objetivo orientador delimitar áreas con idoneidad ambiental para la presencia de las especies foco, insumo útil para definir el área de influencia biótica, apoyar la evaluación de impactos y orientar medidas de manejo. Sus entradas incluyen registros de ocurrencia y predictores ambientales (clima, topografía, hábitat), mientras que los parámetros abarcan el algoritmo de modelación y las métricas de desempeño. Las salidas esperadas son los mapas de idoneidad y las áreas de sensibilidad priorizadas.

Figura 2. Ejemplificación de modelo conceptual- Modelos de Distribución Potencial



Fuente: Centro de Monitoreo, 2026

Por su parte, la modelación de conectividad funcional busca identificar la estructura y funcionalidad del paisaje para el movimiento de las especies. Requiere como entradas los núcleos de hábitat y la superficie de resistencia, definiendo parámetros como umbrales de costo y la selección del marco analítico (rutas de menor costo o flujos de corriente). Las salidas esperadas son los corredores potenciales, la priorización de nodos críticos y la estimación de la pérdida o ganancia de conectividad.


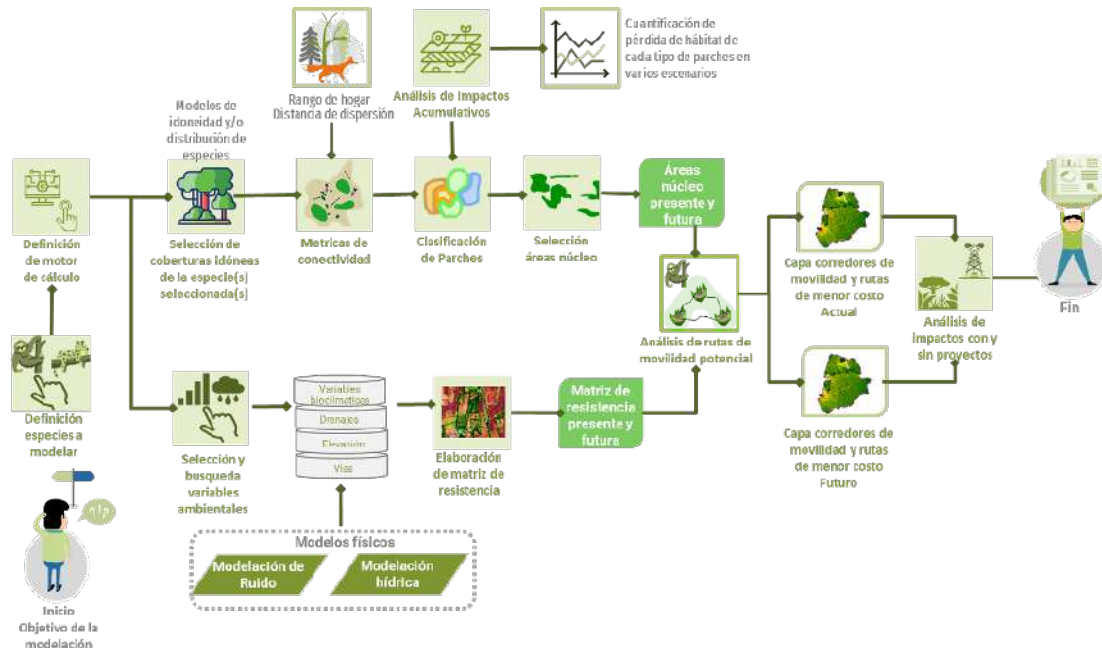
	<b>GUÍA</b>	Fecha	01-06-2026
	<b>EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS</b>	Versión	1
		Código	IR-GU-17

Figura 3 Ejemplificación de modelo conceptual - Modelos de Conectividad Funcional



Fuente: Centro de Monitoreo, 2026

Ambos modelos se complementan de manera crucial en el licenciamiento: la distribución potencial soporta la definición de área de ocurrencia de la especie a modelar la conectividad contribuyendo también a la selección de los nodos, mientras que la conectividad funcional permite dimensionar la extensión e intensidad del impacto asociado a la fragmentación y pérdida de conectividad. La coherencia entre ambos modelos debe incorporar explícitamente los escenarios del proyecto y el reporte de incertidumbre, fortaleciendo la trazabilidad del análisis ante la Autoridad y facilitando decisiones informadas durante la evaluación, el otorgamiento y el seguimiento de la licencia.

### 7.2.1 Selección y desarrollo del modelo

En el contexto de la evaluación y seguimiento de impactos sobre el medio biótico, la selección del modelo debe basarse en dos criterios fundamentales: (i) el tipo de ecosistema a intervenir, y (ii) los impactos ambientales identificados en el proyecto. Por tanto, resulta esencial determinar la naturaleza de las alteraciones que el proyecto genera sobre los ecosistemas terrestres y acuáticos, así como sobre la fauna asociada.

Para esta identificación y clasificación de impactos se recomienda emplear, la Estandarización y Jerarquización de Impactos Ambientales (ANLA, 2021) y el Listado de Impactos Ambientales Específicos (MADS, 2021). Con base en estos insumos, la selección del modelo debe responder a la interacción entre el tipo de ecosistema intervenido y la naturaleza del impacto ambiental generado.

En el marco del licenciamiento ambiental, los modelos de mayor relevancia y aplicación son: (a) los modelos de conectividad ecológica, aplicados principalmente en ecosistemas terrestres para analizar pérdida de cobertura, fragmentación y modificaciones de la conectividad; y (b) los modelos de distribución potencial o idoneidad de hábitat, con amplio empleo en ecosistemas acuáticos (continentales y marinos) para evaluar alteraciones hidrológicas y de calidad del agua que afectan la presencia y disponibilidad de hábitat para las especies.

La siguiente tabla presenta la relación entre el tipo de ecosistema intervenido, el impacto principal y el modelo prioritario recomendado dentro de los procesos de evaluación ambiental:


 <b>Autoridad Nacional de Licencias Ambientales</b>	<b>GUÍA</b> <b>EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS</b>	Fecha	01-06-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-17

Tabla 1. Relación entre ecosistema, impacto principal y modelo prioritario recomendado

Ecosistema intervenido	Tipo impacto	Modelo Prioritario	Justificación y rol en licenciamiento
Terrestre	Perdida de cobertura vegetal, Alteración de la estructura ecológica del paisaje, Cambio en la conectividad estructural, Cambio en la conectividad funcional	Modelo de Conectividad Ecológica	El modelo debe evaluar e identificar los parches de hábitat o nodos de mayor relevancia para la conectividad de la especie seleccionada, de acuerdo con su función dentro de la red ecológica (núcleo, corredor, conector, entre otros). Asimismo, debe estimar los corredores potenciales de movimiento mediante el análisis de rutas de menor costo o flujos de corriente entre los nodos, información esencial para la delimitación del permiso de aprovechamiento forestal y la definición de medidas de manejo ambiental. Por otra parte, el modelo debe facilitar la comprensión de la magnitud y extensión del impacto asociado a la pérdida de conectividad ecológica, constituyendo un insumo fundamental para la determinación del área de influencia, en caso de que dicho impacto se considere significativo.
Acuático (Continental o Marino)	Alteración a la hidrobiota incluyendo fauna acuática	Modelo de Idoneidad de Hábitat y/o Distribución Potencial	El modelo debe predecir cómo los cambios en variables hidrológicas y de calidad del agua —como el caudal, la velocidad o los contaminantes generados por el proyecto— afectan la probabilidad de presencia y el hábitat disponible de las especies acuáticas, en comparación con el escenario sin intervención. Su aplicación es especialmente relevante en proyectos hidroeléctricos, donde la interrupción de la conectividad longitudinal, la retención de sedimentos o la alteración de las condiciones aguas abajo impactan a las especies migratorias y la estructura del hábitat. De igual forma, en proyectos que generan contaminación o descargas, el modelo permite identificar y cuantificar los cambios en la idoneidad del hábitat, constituyéndose en una herramienta clave dentro del licenciamiento ambiental para evaluar impactos, definir áreas de influencia y orientar medidas de manejo.

Fuente: Centro de Monitoreo, 2026

### 7.2.2 Selección de las especies a modelar

La selección de especies a modelar constituye un aspecto fundamental dentro del proceso de modelación biótica, dado que estas funcionan como indicadores del estado de conservación y degradación de los ecosistemas y coberturas presentes en el área de estudio. Asimismo, pueden actuar como indicadores de cambio, considerando que ciertas especies presentan mayor sensibilidad ante determinados impactos. Para llevar a cabo este proceso, se recomienda iniciar con el listado total de especies registradas en la línea base del proyecto. Posteriormente, para refinar la selección, se sugiere aplicar la jerarquía de criterios de priorización presentados en la Tabla 1, asegurando que las especies sean las más idóneas y sensibles a los sensores a evaluar.

La priorización de estos criterios se establece considerando que el objetivo principal de la modelación biótica es identificar la afectación potencial de los impactos directos e indirectos generados por las obras y actividades del proyecto sobre las especies. Por esta razón, el criterio de Sensibilidad al impacto adquiere la máxima relevancia. En segundo lugar, se prioriza la vulnerabilidad en términos de amenaza, al ser un factor determinante para valorar la pérdida de hábitat (la principal causa de riesgo para la mayoría de las especies). En tercer lugar, se considera la disponibilidad de información, dado que es indispensable contar con registros suficientes y datos ecológicos básicos —como el ámbito hogareño, la distancia de dispersión y las preferencias de hábitat— para garantizar el desarrollo adecuado del modelo.


	<b>GUÍA</b>	Fecha	01-06-2026
	<b>EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS</b>	Versión	1
		Código	IR-GU-17

Figura 4. Criterios para selección de especies a usar en los modelos



Fuente: Centro de Monitoreo, 2026

Adicionalmente, se consideran criterios complementarios igual de relevantes los relacionados con ámbito de área, heterogeneidad, funcionalidad ecológica y significado socioeconómico, los cuales aportan información relevante sobre el rol ecológico, la representatividad y la relación con las comunidades locales.

La modelación biótica debe desarrollarse bajo un enfoque multiespecie, analizando cada especie y su ecología por separado previo a las conclusiones multiespecie finales, y así reconociendo que los ecosistemas están conformados por conjuntos de organismos que cumplen funciones ecológicas diversas y presentan distintos grados de sensibilidad frente a los impactos del proyecto, de tal forma que el impacto sobre la conectividad ecológica sea cubierto de la manera más completa posible. Este enfoque permite capturar una mayor heterogeneidad de respuestas ecológicas y espaciales, evitando que los resultados se limiten a una sola especie o grupo funcional.

Al integrar especies con características contrastantes —en términos de rango de distribución, requerimientos de hábitat y movilidad—, el modelo adquiere mayor robustez y capacidad predictiva, reflejando de manera más realista la complejidad del sistema biológico analizado. Asimismo, el enfoque multiespecie facilita la identificación de áreas críticas para la conservación y la conectividad ecológica de varias especies a la vez, promoviendo decisiones de manejo más integrales y coherentes con el enfoque ecosistémico en los procesos de evaluación y gestión ambiental.



 <b>Autoridad Nacional de Licencias Ambientales</b>	<b>GUÍA</b> <b>EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS</b>	Fecha	01-06-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-17

Tabla 2. Descripción de Criterios para selección de especies a modelar

Criterio	Descripción	Características
Sensibilidad a los impactos	<p>Las amenazas se pueden caracterizar según su gravedad, urgencia (es decir, la escala de tiempo durante la cual ocurriría), el tiempo que le tomaría a la especie recuperarse de la amenaza, probabilidad de ocurrencia y el área que afectan. el impacto producido por el proyecto puede incrementar directamente las causas de amenaza.</p> <p>Algunas especies pueden ser más o menos sensibles a los impactos directos e indirectos generados por los proyectos, dentro de los impactos directos se encuentran la alteración a comunidades de flora, atropellamiento de fauna o colisión de fauna voladora, alteración a la hidrobiota, alteración a la cobertura vegetal, alteración a ecosistemas acuáticos, entre otros; y dentro de los impactos indirectos, se encuentran la contaminación de paisajes sonoros y contaminación lumínica, los cuales pueden llegar a afectar el comportamiento, la comunicación y dieta de las especies. A partir de estos, y dependiendo de la plasticidad fenotípica de las especies y los rasgos funcionales de la especie para responder ante cierto tipo de amenaza, puede variar la sensibilidad y por ende la afectación a las poblaciones de cada especie.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exposición: Rasgos y características que determinan la susceptibilidad a la exposición.</li> <li>Sensibilidad: Componentes estructurales, funciones, relaciones tróficas.</li> <li>Capacidad de adaptación: Resiliencia, recuperación de la población</li> </ul>
Disponibilidad de información	<p>Se deben priorizar las especies que cuenten con suficiente disponibilidad de información, tales como registros en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), biomodelos existentes o datos adecuados dentro del área de estudio. Además, es importante disponer de información ecológica básica relevante para el análisis de conectividad, incluyendo aspectos como el ámbito hogareño, la distancia de dispersión y la preferencia de hábitat.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Registros en el EIA</li> <li>Biomodelos</li> <li>Registros en el área de estudio en el SiB o GBIF</li> <li>Información disponible de rango de hogar y distancia de dispersión.</li> </ul>
Vulnerabilidad	<p>Criterio que prioriza especies según su situación de riesgo de extinción documentada por evaluaciones oficiales, considerando endemismo y categorías de amenaza a escala global (UICN) y escala nacional (listado oficial vigente en Colombia). Las categorías de la UICN (CR, EN, VU, entre otras) estiman la probabilidad de extinción bajo criterios A–E; en Colombia, el listado nacional de especies amenazadas se actualizó mediante la Resolución</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Endemismo</li> <li>Grado de Amenaza (Escala global UICN)</li> <li>Grado de Amenaza (Escala nacional Res. MADS 1912 de 2024)</li> </ul>

 <p><b>Autoridad Nacional de Licencias Ambientales</b></p>	<b>GUÍA</b> <b>EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS</b>	Fecha	01-06-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-17

	0126 de 2024, que reemplaza la Resolución 1912 de 2017.	
Área	Las especies sombrilla suelen ser aquellas con amplios requerimientos de área y por ello se supone que al conservar un área necesaria para estas especies se conservan muchos hábitats para especies con menores requerimientos. Sin embargo, las especies que tienen ámbitos hogareños muy amplios suelen tener la capacidad de dispersarse grandes distancias, por lo que están capacitadas para sobrepasar baches de conectividad que serían insalvables para especies con ámbitos hogareños más pequeños. Por lo que se debe analizar previamente el tamaño total de área de influencia físico-biótica en relación con las capacidades de movimiento de las especies ocionadas a seleccionar, y los cambios que pueda producir el proyecto en términos de hábitat y movimiento a dichas especies. Así mismo se recomienda tener en cuenta la siguiente relación: ΣÁrea Parches y Área máx. parche (Coberturas naturales y seminaturales) del AI > Ámbito hogareño de la especie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporción del paisaje ocupado por la especie</li> <li>• Requerimientos de área a nivel de la población</li> </ul> <p>Adicionalmente, para el caso de conectividad funcional:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ámbito hogareño:</li> <li>• Distancia de dispersión</li> </ul>
Heterogeneidad	Este criterio es particularmente importante en las especies migratorias, ya que ellas requieren diferentes tipos de hábitats en los distintos periodos de su vida o a lo largo del año. Para estas especies no es suficiente con mantener la continuidad de un tipo de hábitat particular, sino que requieren conectividad física y temporal entre distintos tipos de hábitats.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de hábitat: la proporción de tipos de hábitats dentro del paisaje que usan los individuos</li> </ul>
Funcionalidad	Algunas especies aportan grandes contribuciones a la estructura o funcionalidad del ecosistema. En ecosistemas terrestres normalmente se consideran como funciones clave la depredación, dispersión de semillas y polinización.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rol ecológico</li> </ul>
Significado socioeconómico	Las especies son importantes tanto desde el punto de vista ecológico ya que mantienen el equilibrio de los ecosistemas, como desde el punto de vista socioeconómico, por el mantenimiento que pueden brindar en procesos de producción, para consumo y/o servicios ambientales, al mismo tiempo presenta conflictos con los humanos por la depredación de animales domésticos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Significado cultural: Especies con significancia ancestral, emblemáticas o bandera</li> <li>• Valor económico (positivo o negativo): Especies con uso productivo, alimenticio u ornamental</li> <li>• Conflictos con humanos</li> </ul>


Fuente: Centro de Monitoreo, 2026

### 7.3 CARACTERÍSTICAS Y DESARROLLO DE LOS MODELOS

#### 7.3.1 Modelo de distribución potencial

El Modelo de Distribución Potencial (MDP) es una herramienta esencial que estima las áreas ambientalmente adecuadas para la presencia de una especie, basándose en la relación entre sus registros de ocurrencia y las condiciones ecológicas y ambientales que definen su hábitat óptimo. Este modelo tiene un amplio alcance, aplicándose en ecosistemas terrestres y acuáticos. Su aplicación contribuye a predecir variaciones en la distribución potencial ante cambios ambientales o climáticos, constituyéndose en una herramienta fundamental para la evaluación de impactos y la gestión adaptativa. Especialmente, el MDP es un instrumento robusto para la evaluación del cambio climático, permitiendo la transferencia del modelo actual a escenarios futuros tanto para especies terrestres como acuáticas, lo cual resulta crucial para anticipar el desplazamiento o la pérdida de hábitat.

El desarrollo del modelo se nutre principalmente de los registros georreferenciados de ocurrencia (presencias) de las especies, obtenidos durante la caracterización biótica del proyecto (información primaria). Esta información debe complementarse con fuentes secundarias confiables, tales como literatura científica actualizada, bases de datos especializadas (GBIF, IUCN, SiB Colombia, entre otros) y reportes técnicos de institutos de investigación ambiental. Es metodológicamente indispensable que todos los registros de ocurrencia (primarios y secundarios) pasen por un proceso de depuración para asegurar la calidad de los datos. Este proceso debe

 <b>Autoridad Nacional de Licencias Ambientales</b>	<b>GUÍA</b> <b>EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS</b>	Fecha	01-06-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-17

incluir la eliminación de duplicados, la corrección de coordenadas erróneas, la verificación taxonómica y la aplicación de técnicas para reducir el sesgo de muestreo (ej. filtrado espacial), garantizando así un conjunto de datos robusto para la modelación.

El segundo componente clave son las variables ambientales (predictores) que definen el nicho ecológico de las especies, tales como clima, coberturas de la tierra, elevación, calidad del agua y nivel freático. Estas variables pueden derivarse de la caracterización ambiental contenida en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) o ser obtenidas de plataformas geoespaciales y repositorios oficiales (WorldClim, EarthExplorer, IDEAM, entre otros). Un paso metodológico fundamental es la selección de los predictores, asegurando que las variables seleccionadas no presenten una alta colinealidad (ej. mediante análisis de factores de inflación de la varianza - VIF), ya que esto puede distorsionar los resultados y la interpretación del modelo.

Asimismo, es posible obtener las variables bioclimáticas aplicando los métodos de cálculo descritos en el documento Predictores bioclimáticos para apoyar las aplicaciones ecológicas en los Estados Unidos limítrofes (USGS, 2012), que requieren para espacializar los resultados, de un modelo de elevación digital con una resolución espacial menor de 30 m y de datos de precipitación diaria y de temperatura máxima, mínima y media; no obstante, pueden utilizarse otras metodologías o plataformas que garanticen la consistencia y la resolución requerida. Adicionalmente, para los análisis de cambio climático (transferencia del modelo a escenarios futuros), es indispensable el uso de las series proyectadas de precipitación y temperatura, según el último comunicado disponible del IDEAM.

El procesamiento espacial y la modelación de distribución pueden realizarse mediante una amplia variedad de algoritmos y plataformas especializadas. Entre las herramientas más empleadas se encuentran MaxEnt (ideal para datos de presencia únicamente) (Phillips et al., 2006) y entornos integrados como Wallace, así como paquetes especializados de calibración, como KUENM. No obstante, también es posible emplear otros enfoques estadísticos y de aprendizaje automático, tales como GLM (Modelos Lineales Generalizados) y GAM (Modelos Aditivos Generalizados), que permiten modelar relaciones lineales y no lineales entre presencias/ausencias y variables ambientales; modelos basados en árboles de decisión, como Random Forest o Boosted Regression Trees (BRT/GBM), que integran técnicas de machine learning para manejar interacciones complejas; e incluso métodos como redes neuronales artificiales (ANN) o máquinas de soporte vectorial (SVM). Estudios comparativos han demostrado que el desempeño de cada algoritmo depende de la calidad de los datos, la extensión del muestreo y las características ecológicas de la especie.

Finalmente, es fundamental definir un protocolo de calibración y validación del modelo, el cual debe incluir la evaluación de desempeño (por ejemplo, mediante métricas AUC o TSS), la selección de umbrales de probabilidad adecuados y la verificación espacial de los resultados. De esta forma, el modelo de distribución potencial no solo permite identificar áreas de hábitat favorable, sino también evaluar posibles pérdidas o desplazamientos de hábitat asociados a los impactos del proyecto, constituyendo una herramienta clave en los procesos de licenciamiento ambiental y planificación de medidas de manejo.

### 7.3.2 Modelo de idoneidad de hábitat

Otro tipo de modelación, aplicable a los ecosistemas acuáticos corresponde a los Modelos de Idoneidad de Hábitat (MIH), los cuales permiten estimar la probabilidad de presencia o permanencia de especies acuáticas en función de las condiciones hidrodinámicas, fisicoquímicas y biológicas del medio. Estos modelos se emplean comúnmente en la evaluación de impactos ambientales y en la estimación del caudal ambiental, al proporcionar una base técnica para determinar cómo los cambios en el régimen hídrico afectan la disponibilidad de hábitat para las comunidades ícticas y otros grupos biológicos (Zhao et al., 2015; ANDI, 2020).

El desarrollo de estos modelos requiere integrar variables bióticas (abundancia, biomasa y preferencia de hábitat de especies indicadoras) con variables ambientales derivadas de la modelación hidrodinámica y de calidad del agua, tales como velocidad de flujo, profundidad, temperatura, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos, nutrientes y tipo de sustrato. Lo ideal es que los MIH aplique un enfoque de modelación integrada utilizando como insumo los resultados obtenidos en los modelos hídricos y de calidad de agua incluidos en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) o generados a través de programas de monitoreo y seguimiento (ICA) (Figura 5), garantizando coherencia entre las condiciones hidráulicas simuladas y las respuestas ecológicas esperadas de las especies (Zhao et al., 2015).


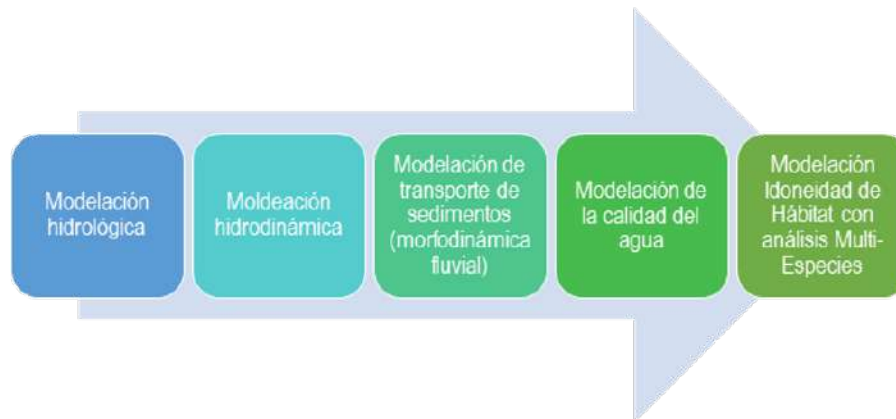
	<b>GUÍA</b> <b>EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO DEL</b> <b>CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA</b> <b>ACTORES EXTERNOS</b>	Fecha	01-06-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-17

Figura 5. Enfoque de modelación integrada



Fuente: Centro de Monitoreo, 2026

Para su implementación, pueden utilizarse herramientas especializadas como IBERHABITAT, PHABSIM o entornos de programación como Python y R, así como análisis multivariantes de álgebra de mapas tipo ráster, que permiten adaptar las curvas de idoneidad de hábitat a distintas especies y condiciones hidrológicas. Estas herramientas y plataformas han demostrado ser útiles para estimar la superficie de hábitat potencialmente útil (HPU o APU) y para analizar la respuesta de las comunidades acuáticas frente a escenarios de alteración de caudal, calidad del agua o manejo de sedimentos (Martínez-Capel et al., 2019). Para desarrollar estos modelos, es posible emplear como referencia los documentos Metodología para la estimación del caudal ambiental en Colombia (ANDI, 2020) y el estudio Habitat modeling in rivers using IBERHABITAT (Aquatic Ecosystem Health & Management, Martínez-Capel et al., 2019), los cuales presentan metodologías y casos de aplicación adaptables a diferentes escalas espaciales y tipos de ecosistemas acuáticos.

### 7.3.2.1 Análisis de Fragmentación y Conectividad Ecológica

Los análisis de fragmentación y conectividad ecológica permiten determinar las condiciones de estructura y funcionalidad potencial del paisaje. Su objetivo es identificar los elementos que influyen en la riqueza, diversidad y movilidad de las especies, facilitando una evaluación ambiental objetiva de los impactos. Al considerar el proyecto como un elemento prospectivo del paisaje, estos análisis son esenciales para cuantificar la influencia de sus actividades en la fragmentación y la conectividad. Esto permite determinar con mayor certidumbre la significancia de los impactos y, consecuentemente, establecer medidas de manejo acertadas que garanticen la conservación efectiva de la biodiversidad en la región del proyecto. Los análisis deben considerar la variación espacial y temporal de las coberturas y usos de la tierra, mediante la revisión de información secundaria e insumos de calidad que garanticen su validez y trazabilidad.

#### Análisis de Fragmentación y conectividad estructural


El análisis de fragmentación debe definirse inicialmente mediante un modelo de mosaico de paisaje (parche, matriz, corredor). A partir de este modelo, se deben aplicar métricas de paisaje para cuantificar patrones espaciales y vincular la estructura del paisaje con la ecología de las especies. Los elementos mínimos del análisis son:

1. **Cuantificación Métrica:** Se deben seleccionar y sustentar métricas a nivel de parche (ej. tamaño, forma, distancia al vecino más cercano), de clase (ej. área total, número de parches, índice de forma) y de paisaje (ej. índices de diversidad, área de núcleo). El análisis debe ser estructural (composición y configuración) y estar ligado a las características de hábitat de las especies caracterizadas.
2. **Identificación de Agentes de Cambio:** Es indispensable determinar los agentes que han generado las dinámicas de transformación de las coberturas y usos de la tierra, los cuales han conducido al estado actual de fragmentación y pérdida de hábitat.
3. **Evaluación Comparativa de Impactos:** Se debe realizar un análisis comparativo en el escenario con proyecto frente al escenario sin proyecto (línea base). Se deben cuantificar la composición y configuración del paisaje, evaluando cómo las actividades del proyecto pueden inducir alteraciones como contracción, bisección, fragmentación estricta o perforación (Collinge & Forman, 1998), e involucrando los resultados del análisis multitemporal de coberturas de la tierra.

#### Análisis de Conectividad Funcional

El análisis de conectividad debe desarrollarse mediante modelos multiespecie de conectividad ecológica funcional, a escala 1:25.000 o más detallada, empleando software de procesamiento geoespacial. Los lineamientos se orientan a vincular la estructura del paisaje con la capacidad de movimiento de las especies focales. Los elementos mínimos del análisis son:

1. **Selección de especies a modelar:** Realizarla conforme a los criterios de priorización definidos previamente.
2. **Modelación de la distribución potencial\_ Modelar la distribución de las especies seleccionadas** siguiendo los lineamientos metodológicos establecidos, o emplear biomodelos validados (p. ej., modelos revisados por expertos publicados por el Instituto Alexander von Humboldt). El SDM será el insumo para delimitar nodos de hábitat y estructurar el mosaico parche-matriz.
3. **Delimitación de nodos de hábitat;** Con base en los SDM y la línea base, identificar y jerarquizar los parches idóneos por

	<b>GUÍA</b> <b>EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO DEL</b> <b>CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA</b> <b>ACTORES EXTERNOS</b>	Fecha	01-06-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-17

especie, estructurando el mosaico parche-matriz que soporte la cuantificación de la conectividad. La delimitación debe incorporar umbrales de tamaño y calidad específicos por especie, sustentados en ámbito hogareño, distancias de desplazamiento (diarias y de dispersión).

4. Rol de fragmentos y tipología de nodos: Caracterizar la importancia funcional de cada fragmento en la red (núcleos, nodos con función de corredor, hábitat). Emplear métricas de red como PC/dPC e IIC/dIIC para estimar contribución marginal y robustez (Bodin & Saura, 2010; Saura et al., 2011; Mateo-Sánchez et al., 2015). La definición de áreas núcleo debe integrar supuestos ecológicos sobre éxito reproductivo y compatibilidad con el rango de hogar (Beier et al., 2007).

5. Construcción y calibración de la matriz de resistencia: Formular una evaluación multicriterio para calificar y ponderar variables del paisaje (coberturas/uso del suelo, pendiente, densidad y jerarquía vial, cercas/canales, permeabilidad de drenajes, iluminación nocturna, ruido, entre otras) según su influencia en el movimiento de cada especie.

- Documentar criterios, pesos y reglas de reclasificación con soporte en literatura, opinión experta trazable y datos locales.
- Cuando existan datos de movimiento (telemetría, ISSA/SSF), calibrar resistencias mediante optimización (p. ej., ResistanceGA) o ajuste por selección de pasos, reduciendo la subjetividad y mejorando el desempeño predictivo.
- Armonizar resoluciones espaciales, evaluar colinealidad entre predictores y explicitar supuestos de anisotropía del costo (pendiente, corrientes, vientos).

6. Permeabilidad del paisaje y respuesta de las especies: Integrar la matriz de resistencia con la distribución y calidad de hábitat para estimar la permeabilidad por especie, incorporando preferencias y restricciones de movimiento (dependencia riparia, tolerancia a borde, requerimientos microclimáticos, evitación de iluminación y ruido, barreras lineales).

7. Identificación de rutas y corredores: Delimitar rutas y corredores potenciales entre parches mediante enfoques complementarios:

- Menor costo: caminos de LCP y bandas de costo acumulado para identificar rutas óptimas y áreas equiprobables.
- Teoría de circuitos (p. ej., Circuitscape) para capturar rutas múltiples, localizar cuellos de botella (pinch-points) y evaluar redundancia.
- Análisis de redes para interpretar la estructura (conectividad global, modularidad) y la robustez ante pérdida de nodos/enlaces (simulaciones de eliminación dirigida/aleatoria).

Se recomienda reportar indicadores comparables entre escenarios: costo medio de conexión, probabilidad de conectividad (PC), corriente acumulada, longitud/anchura de corredor y porcentaje de área funcionalmente accesible.

8. Análisis de impactos y escenarios: Comparar la línea base frente a los escenarios con proyecto (sin y con medidas) para establecer cómo las actividades modifican o limitan la conectividad y la movilidad de las especies.

Los modelos deben acompañarse de sus archivos ejecutables, así como del esquema de modelación, variables y covariables de entrada para su elaboración, valoración y matriz de resistencia, salidas gráficas y cartográficas de sus resultados (por ejemplo, para el modelo de corredores biológicos, capa de resistencia, áreas núcleo, rutas de menor costo, corredores biológicos, pinch-points), de tal manera que sea posible replicar el ejercicio de modelación.

### 7.3.3 Condiciones espaciales

El dominio de modelación debe abarcar las áreas donde ocurren los procesos ecológicos o ambientales que se desean analizar, asegurando que los límites del modelo se representen mediante condiciones de frontera conocidas o fácilmente definibles. Es fundamental evitar la selección de un dominio demasiado restrictivo, que limite la simulación de los fenómenos de interés o interrumpa los resultados, comprometiendo la validez de las predicciones (DPE, 2022).

La espacialización del modelo debe basarse inicialmente en la localización de las actividades del proyecto y en una identificación preliminar de la red ecológica (nodos y enlaces). En el caso de modelos de conectividad, se debe verificar la resistencia al movimiento presente en la matriz del paisaje entre los nodos y la capacidad de desplazamiento de cada especie, considerando como limitantes las áreas que representen alta resistencia o los cambios en rutas potenciales (por ejemplo, de menor costo) generados por el proyecto. Esta información permite, además, delimitar el área de influencia.

En cuanto a los modelos de idoneidad de hábitat o distribución potencial, el área de modelación debe corresponder al área de influencia biótica o físico-biótica, según aplique. Respecto a la malla o nivel de resolución, el modelo debe desarrollarse a la máxima resolución posible; si se emplean insumos como la capa de coberturas y uso del suelo, se recomienda utilizar una escala detallada o aquella establecida en los términos de referencia específicos.

## 7.4 ESCENARIOS DE MODELACION


### 7.4.1 Evaluación Sin proyecto

Condiciones actuales y/o basadas en la caracterización del área de influencia. Con proyecto  
Contemplar dentro del escenario con proyecto obras, actividades, cambios de uso del suelo y cambios en las variables físicas y ambientales producidas por el desarrollo del proyecto.

Con proyecto y medidas de manejo (opcional)

Contemplar varios escenarios si se propone diferentes medidas de manejo (e.g. pasos de fauna, entre otros)

Específicamente para modelos relacionados con ecosistemas acuáticos se recomienda realizar modelos en diferentes épocas climáticas.

	<b>GUÍA</b> <b>EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO DEL</b> <b>CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA</b> <b>ACTORES EXTERNOS</b>	Fecha	01-06-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-17

#### 7.4.2 Seguimiento

Fases del proyecto

Dependiendo de la obligación impuesta en la licencia ambiental se deberán incluir los escenarios solicitados.

#### 7.5 ANALISIS DE RESULTADOS Y VIABILIDAD AMBIENTAL

Esta etapa consiste en evaluar los resultados de los modelos enfocándose en los cambios producidos en los diferentes escenarios con proyecto en comparación con un escenario de referencia, el cual corresponde al escenario base antes de la intervención o de un sistema de referencia que no presente los impactos a evaluar, y determinar de este modo cómo estos cambios son el resultado de la influencia de la intervención propuesta o el impacto de los tensores producidos por la ejecución de actividades propuestas las cuales modifican positiva o negativamente las condiciones del sistema en estudio. En coherencia con los objetivos del modelo, en el caso de los modelos de conectividad, esta evaluación permite identificar cómo el desarrollo del proyecto altera la conectividad ecológica, información esencial para la delimitación del área de influencia biótica, la evaluación de impactos y la definición de medidas de manejo ambientalmente apropiadas.

Adicionalmente, si se proponen obras o acciones de manejo o mitigación las cuales tienden a mejorar las condiciones del recurso, es fundamental ajustar, recalibrar y/o verificar el modelo bajo este escenario con el fin de garantizar una mayor precisión en sus resultados y que este se convierta en una herramienta de evaluación continua sobre las acciones realizadas y proyectadas, permitiendo a su vez ajustar las respectivas medidas de manejo y monitoreo.

#### 7.6 PRESENTACION DE LA INFORMACION

Es esencial que el reporte de modelación sea transparente, preciso e incluya todos los componentes necesarios para ser revisado y replicado, debe describir la base del modelo, los supuestos clave, el enfoque de la modelación, los insumos básicos, las limitaciones, las calificaciones de matriz de resistencia, los resultados intermedios y finales, conclusiones y recomendaciones del estudio. Los archivos de la modelación deben incluir los análisis de datos documentados, los datos de modelación y los archivos de cada parámetro del software o código utilizado.

Es importante que el archivo del modelo se lleve a cabo de tal manera que el modelo pueda ser reproducido si es necesario para su revisión y/o perfeccionamiento. Adicionalmente, los datos deben almacenarse acorde a la estructura definida en el Modelo de Almacenamiento Geográfico diseñada para la presentación de modelos, a partir del momento en que este sea acogido a través de acto administrativo, y la demás información anexarse de forma complementaria.

##### 7.6.1 Documento o reporte de modelación

Es necesario generar y suministrar un documento compilatorio del análisis de la modelación biótica donde se citen los soportes requeridos en los ítems anteriores. El nivel adecuado de documentación variará en función del alcance de los objetivos del estudio, la fase del proyecto y la complejidad de las simulaciones del modelo. Este se deberá presentar en el Anexo 1, y el contenido mínimo que debe contener el reporte de modelación es el siguiente:

- Definición de metas y objetivos de estudio
- Esquema del modelo o Esquema metodológico de modelación donde especifique datos de entrada con bases de datos utilizados, modelo y motor de cálculo seleccionado, procesos, escenarios simulados y datos de salida.
- Tabla resumen de los datos incluidos en el modelo, que incluya el parámetro, la escala, la organización de recolección de datos, el período de registro; y si los datos provienen de un muestreo y/o monitoreo el tipo de muestra, la frecuencia, la estación de monitoreo. Adicionalmente, incluir información relacionada con los criterios del modelo (por ejemplo, para un modelo de corredores biológicos incluir información de coberturas seleccionadas de preferencia para cada especie, rango hogareño y distancia de dispersión utilizado, tabla de variables incluidas en el modelo y el valor de resistencia),
- Salidas gráficas de los resultados de los modelos de todos los escenarios simulados
- Análisis de resultados

El informe de modelación del medio biótico puede ser un documento independiente que se incluya en los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) presentado por los usuarios en el momento de la solicitud de la licencia ambiental o de su modificación, así como hacer parte de los documentos incluidos en los Informes de Cumplimiento Ambiental.

##### 7.6.2 Archivos del modelo (Ejecutables)

Se deben suministrar los archivos ejecutables y escenarios evaluados. El objetivo del archivo es garantizar que los resultados presentados en el informe del modelo sean reproducibles en el futuro, ya sea por el desarrollador del modelo o por otras partes interesadas. El archivo del modelo sirve como depósito para facilitar el análisis y el perfeccionamiento futuro del modelo biótico.

##### 7.6.3 Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG)

Los datos deben almacenarse acorde a la estructura definida en el Modelo de Almacenamiento Geográfico de esta Autoridad Ambiental, diseñada para la presentación de modelos bióticos.

Estas tablas las diligenciarían todas las empresas como anexo. Se recomienda anexar así mismo la siguiente información:


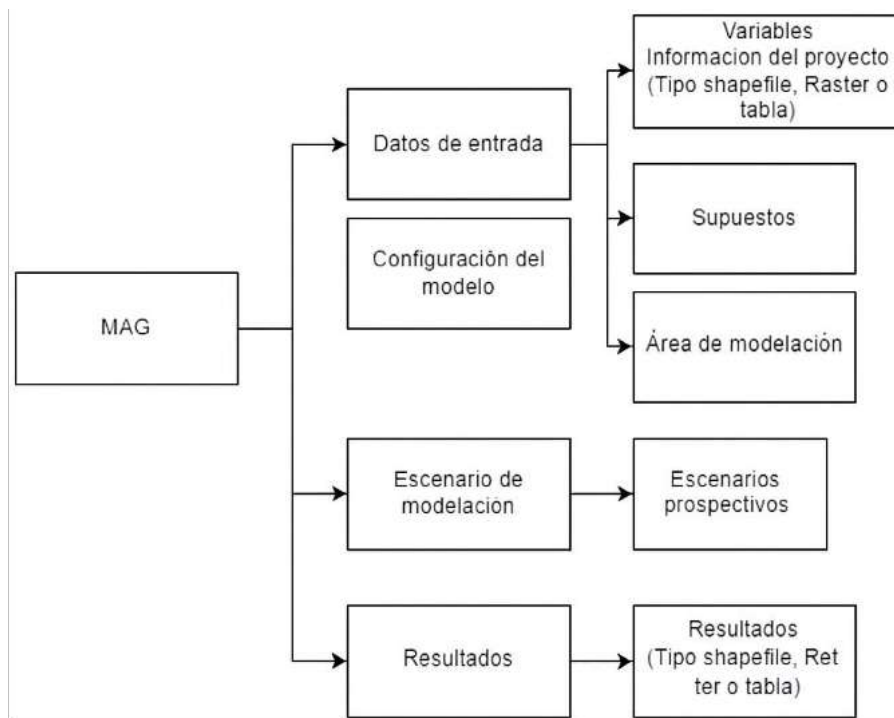
 <b>Autoridad Nacional de Licencias Ambientales</b>	<b>GUÍA</b> <b>EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS</b>	Fecha	01-06-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-17

Figura 6. Diagrama de flujo del MAG



Fuente: Centro de Monitoreo, 2026.


 <p><b>Autoridad Nacional de Licencias Ambientales</b></p>	<b>GUÍA</b> <b>EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS</b>	Fecha	01-06-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-17

Tabla 3 Descripción de las capas de entrada, parámetros y condiciones de frontera

Nombre capa geográfica	Descripción	Ejemplo
AreaModelacion	Espacio modelado, corresponde al dominio computacional del modelo	Area donde se desarrollan los procesos que se quieren analizar, limitada en los laterales por condiciones de frontera como ecorregiones, ecosistemas, cuencas hidrográficas, etc.
VARIABLESParametro	Variables de entrada, parámetros y condiciones de frontera.	<p>Se cuenta con variables en capa tipo shapefile (punto, línea, polígono) y raster.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PT: Ocurrencias de especies, centros poblados, pozos, puntos de observación, puntos de aprovechamiento forestal (para individuos aprovechados), etc.</li> <li>• LN: tracking de rutas migratorias, transectos de observación, vías, etc.</li> <li>• PG: Biomás, ecosistemas, coberturas y uso del suelo, áreas importantes para la conservación (AICAS, RUNAPs, entre otros),</li> </ul>
		<p>áreas de importancia funcional (zonas de cría, reproducción, alimentación, anidación, corredores biológicos), polígonos de aprovechamiento forestal.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Raster: Variables morfológicas como batimetría, pendiente, elevación, entre otros), Datos climáticos (por ejemplo, temperatura del aire, precipitación, viento, entre otros), Datos de influencia antrópica (por ejemplo, huella humana, entre otros); Datos relacionados a los tensores o impactos como el modelo de ruido; y Datos de características bióticas como biomodelos.</li> </ul>
Resultados	Resultados cualitativos y cuantitativos de las salidas de un modelo distribuidos puntualmente.	<p>Se cuenta con resultados en capa tipo shapefile (punto, línea, polígono) y raster.</p> <p>LN: Rutas de menor costo</p> <p>PG: El valor de conectividad de cada polígono o nodo, por ejemplo, basados en dPC y sus fracciones</p> <p>Raster: Producto de los modelos de distribución potencial, modelos de idoneidad, resistencia, corredores biológicos.</p>

Fuente: ANLA, 2026.



 <b>Autoridad Nacional de Licencias Ambientales</b>	<b>GUÍA</b> <b>EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS</b>	Fecha	01-06-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-17

Tabla 4. Descripción de tablas relacionadas con la configuración del modelo, escenarios, parámetros y resultados.

Nombre de la tabla	Descripción	Ejemplo
Modelo	Características generales y tipología del modelo ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Un modelo de conectividad funcional, desarrollado en el software ArcGIS (paquete Linkage mapper y coneфор), con el que se busca determinar los patrones de conectividad de una o varias especies.</li> <li>Un modelo de distribución potencial distribuido, de dimensionalidad 2D, desarrollado en el software Maxent, con el que se busca identificar las áreas de mayor probabilidad de presencia para las especies seleccionadas.</li> </ul>
ConfiguraModel	Detalla las diferentes configuraciones que se pueden dar para parametrizar la corrida de un Modelo ambiental.	<p>Un modelo de distribución potencial, estacionario, desarrollado en Maxent, el cual aplica como método de solución Máxima entropía. La malla es estructurada de tipo cartesiana. Y presenta como supuestos y limitaciones la presencia de especies, se asume las ausencias; y se utiliza las variables bioclimáticas para determinar la idoneidad de las especies.</p> <p>Un modelo de conectividad funcional, que utiliza teoría de circuitos. Y presenta como supuestos y limitaciones que no presenta calibración.</p>
Escenario	Indica las diferentes representaciones de una situación abstracta de la realidad que se pretende modelar.	<p>Esc1: Escenario que representa las condiciones sin proyecto, donde se buscan representar las condiciones actuales en el área de modelación, con el objetivo de conocer la conectividad funcional de la(s) especie(s) en la condición actual sin la implementación del proyecto.</p> <p>Esc2: Escenario donde se busca representar las condiciones con proyecto, con el objetivo de conocer la afectación de la conectividad funcional de la(s) especie(s) por el aprovechamiento forestal generado por el proyecto y/o cambio de resistencia al paisaje generado por las actividades del proyecto (ej. Polución sonora, contaminantes en el agua, entre otros).</p>
Supuestos	Detalla las certezas asumidas asociadas a una configuración de un ejercicio de modelación.	Para la construcción del modelo de conectividad funcional se calcula una matriz de resistencia seleccionándose características como el tipo de cobertura, distancia a vías, distancia a centros poblados, distancia a pozos, entre otros, a partir de la determinación se fija un valor de resistencia por categoría. Adicionalmente, se determina unas áreas núcleo dado índices de conectividad funcional.
VARIABLESPARAMETROS	Listado detallado de las variables de entrada, parámetros y condiciones de frontera empleados en un modelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Variables bióticas: Ocurrencias de especies, Biomas, ecosistemas, coberturas y uso del suelo, áreas importantes para la conservación (AICAS, RUNAPs, entre otros), áreas de importancia funcional (zonas de cría, reproducción, alimentación, anidación, corredores biológicos),</li> <li>Variables ambientales: variables morfológicas como batimetría, pendiente, elevación, entre otros), Datos climáticos (por ejemplo, temperatura del aire, precipitación,</li> </ul>

 <b>Autoridad Nacional de Licencias Ambientales</b>	<b>GUÍA</b> <b>EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO DEL CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA ACTORES EXTERNOS</b>	Fecha	01-06-2026
		Versión	1
		Código	IR-GU-17

		viento, entre otros), Datos de influencia antrópica (por ejemplo, huella humana, entre otros). <ul style="list-style-type: none"> <li>• Variables relacionadas a los tensores o impactos como el aprovechamiento forestal, modelo de ruido, concentración de metales pesados, entre otros.</li> </ul>
RegVariabParam	Descripción y relación de las variables de entrada, parámetros y condiciones de frontera.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especies: Coordenadas de ocurrencias de especies modeladas.</li> <li>• Precipitación y temperatura: Registros de niveles de estaciones meteorológicas para la elaboración de las capas bioclimáticas.</li> </ul>
Resultados	Listado detallado de los resultados cualitativos y cuantitativos de la salida del modelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribución potencial de la especie seleccionada</li> <li>• Corredores biológicos</li> <li>• Rutas de menor costo</li> </ul>
Registro Resultados	Registros de los resultados cualitativos y cuantitativos de las salidas de un modelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probabilidad de presencia: Raster de la probabilidad de presencia entre 0 a 1, valor numérico.</li> <li>• Resistencia: valor de resistencia al paisaje de la especie por píxel.</li> <li>• Corredores biológicos: raster del costo de movimiento.</li> </ul>

Fuente: ANLA, 2026.

#### 7.6.4 Ubicación de la información

La ruta donde se debe alojar esta información deberá ser en los anexos del capítulo de fauna así:

Capítulo 5. Caracterización del área de influencia 5.2. Medio biótico 5.2.1. Ecosistemas 5.2.1.1. Ecosistemas terrestres Modelación biótica

En esta ubicación debe localizarse una carpeta anexa, con el siguiente contenido:

1. Documento o reporte de modelación
2. Ejecutables del modelo (Modelo calibración, modelo validación, modelo escenarios)
3. Modelo de almacenamiento geográfico - MAG o anexos de modelación

#### 8. Referencias

- **Austin, M. P.** ,Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. (2002)
- **Gómez-Cerezo, R.** ,MODELOS CONCEPTUALES DE FUNCIONAMIENTO DE RÍOS Y ARROYOS (2003)
- **de Lange, H. J., Sala, S., Vighi, M., & Faber, J. H.**, Ecological vulnerability in risk assessment — A review and perspectives. Science of The Total Environment (2010)
- **Anadó N, J. D., 'agrosa, D., Gondor, C., & Gerber, A. R.**, Quantifying the Spatial Ecology of Wide- Ranging Marine Species in the Gulf of California: Implications for Marine Conservation Planning (2011)
- **Hermoso, V., Kennard, M. J., & Linke, S.** ,Integrating multidirectional connectivity requirements in systematic conservation planning for freshwater systems. Diversity and Distributions (2012)
- **Bennett, N. D., Croke, B. F. W., Guariso, G., Guillaume, J. H. A., Hamilton, S. H., Jakeman, A. J., Marsili-Libelli, S., Newham,** Characterising performance of environmental models. Environmental Modelling & Software, 40, 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.09.011> (2013)
- **Guisan, A., Tingley, R., Baumgartner, J. B., Naujokaitis-Lewis, I., Sutcliffe, P. R., Tulloch, A. I. T., Regan, T. J.**, Predicting species distributions for conservation decisions. Ecology Letters, 16(12), 1424– 1435. <https://doi.org/10.1111/ELE.12189> (2013)
- **Correa Ayram, C. A., Mendoza, M. E., Etter, A., & Salicrup, D. R. P.** ,Habitat connectivity in biodiversity conservation. (2015)
- **Angarita, H., Wickel, A. J., Sieber, J., Chavarro, J., Maldonado-Ocampo, J. A., Herrera-R, G. A., Delgado, J., & Purkey, D.** Basin-scale impacts of hydropower development on the Mompós Depression wetlands, Colombia. (2018)
- **MADS.** GUÍA NACIONAL DE MODELACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA AGUAS SUPERFICIALES CONTINENTALES (2018)
- **Zlateva, I., Raykov, V., Slabakova, V., Stefanova, E., & Stefanova, K.**, Habitat suitability models of five keynote Bulgarian Black Sea fish species relative to specific abiotic and biotic factors. Oceanologia. (2022)

**GUÍA  
EXTERNA DE BUENAS PRÁCTICAS DE MODELACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO DEL  
CENTRO DE MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ANLA PARA  
ACTORES EXTERNOS**

Fecha	01-06-2026
Versión	1
Código	IR-GU-17

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Nombre	Nombre	Nombre
Alejandra Neira Didier Felipe Barragan Rojas	Oscar Alexander Varila Quiroga	Jorge Alberto Sanabria Morales
Cargo	Cargo	Cargo
Profesional Técnico Profesional de Calidad	Profesional Especializado	Coordinador
Fecha	Fecha	Fecha
28-05-2026	29-05-2026	01-06-2026