



**Guía para la evaluación del
monitoreo de la biodiversidad
en los EIA-d bajo competencia
del Senace**

Acrónimos

EIA-d	: Estudio de impacto ambiental detallado.
EMA	: Estrategia de manejo ambiental.
Minam	: Ministerio del Ambiente.
PMA	: Plan de manejo ambiental.
PVA	: Plan de vigilancia ambiental.
SEIA	: Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental.
Senace	: Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles.
UICN	: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

Tabla de Contenido

INTRODUCCIÓN	5
I. CONSIDERACIONES GENERALES DE LA GUÍA	6
I.1 Objetivo.....	6
I.2 Alcance	6
I.3 Monitoreo de la biodiversidad.....	6
II. CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS.....	8
II.1 Aspectos previos a la evaluación del monitoreo de la biodiversidad.....	8
II.2 Consideraciones durante la evaluación del monitoreo de la biodiversidad	12
II.2.1 Pasos para la evaluación del monitoreo de la biodiversidad	13
Paso 1: Evaluación de los objetivos del monitoreo de la biodiversidad	13
Paso 2: Evaluación del diseño del monitoreo de la biodiversidad	14
Paso 3: Evaluación del análisis estadístico	16
III. RECOMENDACIONES	17
GLOSARIO	35
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
REFERENCIAS NORMATIVAS.....	40

Lista de figuras

- Figura 1. Seguimiento de implementación del EIA
- Figura 2. Diseño y ubicación del monitoreo de la biodiversidad en el SEIA

Lista de cuadros

- Cuadro 1. Ejemplo en la revisión de la descripción de proyectos
- Cuadro 2. Ejemplo en la revisión de la línea base
- Cuadro 3. Ejemplo en la revisión de la caracterización de impactos
- Cuadro 4. Ejemplo de identificación de medidas de manejo ambiental
- Cuadro 5. Preguntas de verificación
- Cuadro 6. Pasos para la evaluación del monitoreo de la biodiversidad
- Cuadro 7. Ejemplo de monitoreo de biodiversidad

INTRODUCCIÓN

Los titulares de los proyectos de inversión que generen impactos ambientales negativos significativos altos deben elaborar un estudio de impacto ambiental detallado (EIA-d), el cual debe contener una estrategia de manejo ambiental (EMA) que detalle las medidas de manejo para mitigar sus impactos. Estas medidas de manejo deben desarrollarse sobre la base de la aplicación de la jerarquía de mitigación¹.

De acuerdo con la legislación ambiental vigente, la EMA incluye el plan de manejo ambiental (PMA), el cual describe las medidas de manejo para mitigar los impactos, y el plan de vigilancia ambiental (PVA), el cual detalla los mecanismos para asegurar el cumplimiento de las medidas asumidas por el titular en el PMA. El PVA contiene el programa de monitoreo ambiental que describe la evaluación periódica de los indicadores de los planes y programas enfocados en los monitoreos de calidad ambiental (ruido, aire, agua, entre otros) de biodiversidad y socioeconómico.

El monitoreo de la biodiversidad forma parte del programa de monitoreo ambiental y *“considera el monitoreo de los factores ambientales del medio biológico como la flora, fauna, hábitats, ecosistemas, servicios ecosistémicos y valores de biodiversidad, según corresponda”* (Minam, 2023). El objetivo del monitoreo de la biodiversidad es evaluar de manera continua la eficacia y eficiencia de las medidas de manejo ambiental diseñadas para mitigar los impactos sobre la biodiversidad.

Respecto de lo dicho, las autoridades competentes a cargo de la evaluación de estudios ambientales tienen como función emitir normas, guías técnicas, lineamientos y procedimientos para regular y orientar el proceso de certificación ambiental de los proyectos de inversión a su cargo, en coordinación con el Minam y en concordancia con el marco normativo del SEIA, de acuerdo con lo señalado en el artículo 8 del Reglamento de la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, aprobado por Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM.

En ese sentido, el Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles - Senace, en el marco de sus funciones, emite la *“Guía para la evaluación del monitoreo de la biodiversidad en los EIA-d bajo competencia del Senace”*, con la cooperación de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y el Centre for Conservation and Sustainability, National Zoological Park del Smithsonian Institution. Este documento describe los pasos para evaluar un monitoreo de la biodiversidad, empezando por explicar su relación con las otras secciones del EIA-d, seguido de los pasos para verificar que el monitoreo de la biodiversidad esté diseñado con el sustento suficiente para evaluar si las medidas de manejo a ser implementadas por el titular mitigan los impactos a la biodiversidad.

¹ De acuerdo con lo señalado en la Guía para la aplicación de la Jerarquía de Mitigación en el marco del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, aprobada mediante la Resolución Ministerial N° 209-2024-MINAM, la jerarquía de mitigación es un marco metodológico que permite gestionar los impactos ambientales potenciales que se generan por la ejecución de proyectos de inversión pública, privada o de capital mixto mediante la aplicación, de manera secuencial e iterativa, de medidas para evitar o prevenir, minimizar o mitigar, restaurar (por recuperación, rehabilitación o restauración ecológica) y, eventualmente, compensar los impactos ambientales sobre los factores del medio físico, biológico, social e integrado.

I. CONSIDERACIONES GENERALES

I.1 Objetivo

La Guía tiene los siguientes objetivos:

- Establecer las definiciones, los criterios generales aplicables y la secuencia lógica de los pasos a seguir para evaluar un monitoreo de la biodiversidad.
- Uniformizar la evaluación del monitoreo de la biodiversidad de los EIA-d².
- Incorporar recomendaciones de buenas prácticas que permitan orientar a las consultoras ambientales y titulares de los proyectos de inversión para el diseño e implementación del monitoreo de la biodiversidad.

I.2 Alcance

La Guía es aplicable para los profesionales a cargo de la evaluación del monitoreo de la biodiversidad de la EMA de los EIA-d que ingresen al Senace. Los aspectos contenidos en este documento se actualizarán dependiendo de la normativa del SEIA que emita el Minam.

I.3 Monitoreo de la biodiversidad

El monitoreo de la biodiversidad es un proceso sistemático implementado a lo largo del tiempo que permite detectar tendencias dentro del nivel de biodiversidad evaluado (genes, especies, poblaciones, comunidades, hábitats, ecosistemas, entre otros). De manera más específica, podemos decir que un monitoreo es un sistema regular de seguimiento que permite detectar tendencias temporales y espaciales en el nivel de biodiversidad evaluado (Hellawell, 1991).

Este monitoreo también es denominado en los reglamentos ambientales como monitoreo biológico³ o programa de monitoreo del medio biológico⁴ viene a ser una propuesta metodológica secuencial (paso a paso) de recopilación de datos que mide la eficacia y eficiencia de las medidas de manejo propuestas, que se basan en las respuestas del sistema bajo manejo.

La recopilación de los resultados obtenidos del monitoreo de biodiversidad ocurre durante la ejecución del proyecto y, sobre la base de ello, se determina si las medidas

² Se consideran las modificaciones de los EIA-d y los informes técnicos sustentatorios, de corresponder.

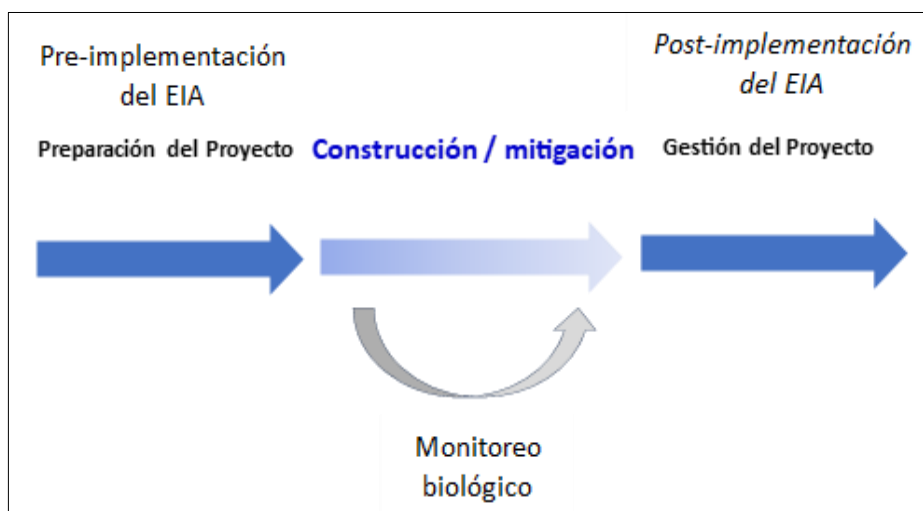
³ Tales como en el Reglamento de Protección Ambiental para el Sector Transportes, aprobado mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MTC y en el Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero, aprobado mediante Decreto Supremo N° 040-2014-EM.

⁴ En el Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas, aprobado mediante Decreto Supremo N° 014-2019-EM.

de manejo aprobadas en el EIA-d son eficaces y eficientes, es decir, si están funcionando y permiten mitigar los impactos a la biodiversidad. Dicha información permite al titular tomar decisiones para una adecuada gestión del proyecto.

Es importante que el titular considere los ajustes del monitoreo, en caso de que no se logre la finalidad. No obstante, dado que la evaluación de dichas respuestas no puede ser revisada en la evaluación del monitoreo de la biodiversidad, la retroalimentación podrá ocurrir en el marco de la actualización o la modificación del estudio ambiental, o a partir de las medidas exigidas por la entidad de fiscalización ambiental.

Figura 1. Seguimiento de implementación del EIA

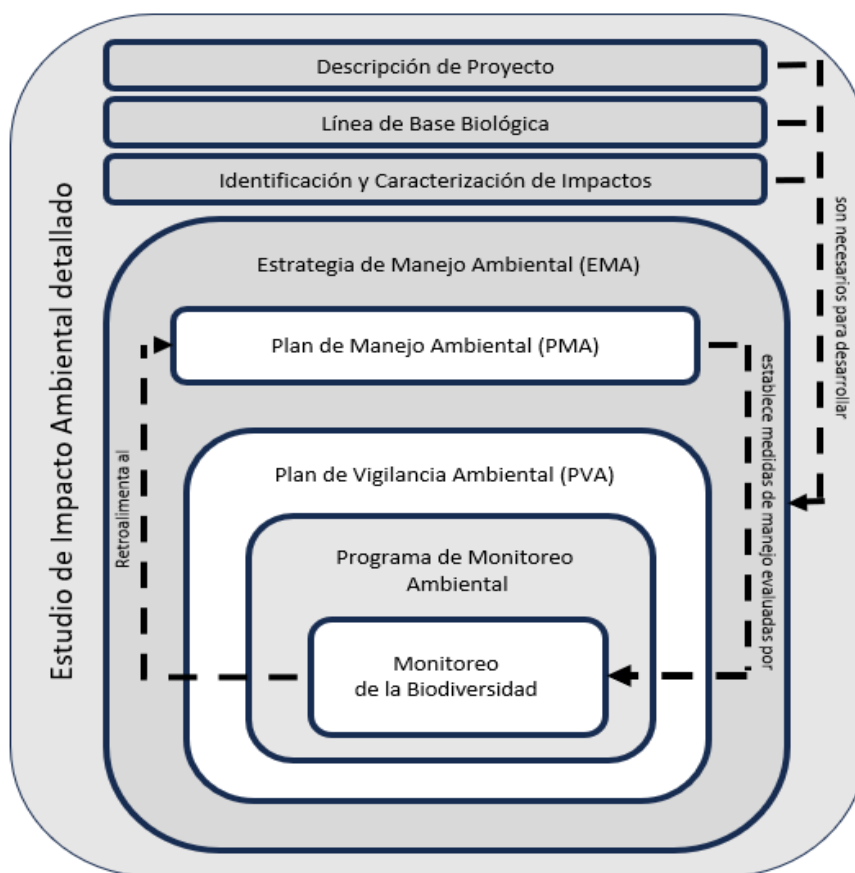


Fuente: adaptado de Marshall *et al.* 2005

Cabe añadir que, para el presente documento, el monitoreo de la biodiversidad “*considera el monitoreo de los factores ambientales del medio biológico como la flora, fauna, hábitats, ecosistemas, servicios ecosistémicos y valores de biodiversidad, hábitats críticos*”, conforme con lo señalado en la Guía para la elaboración de la Estrategia de Manejo Ambiental en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA), aprobada mediante la Resolución Ministerial N° 267-2023-MINAM (en adelante, **Guía EMA Minam**).

Es importante precisar que, existe una estrecha relación entre el monitoreo de la biodiversidad y las siguientes secciones del EIA-d: la descripción del proyecto; la línea base biológica, la identificación y caracterización de impactos (impactos prioritarios a la biodiversidad) y el PMA. Por su parte, el monitoreo de la biodiversidad forma parte del programa de monitoreo ambiental y, este a su vez, del PVA que se encuentra dentro de la EMA (ver Figura 2). Dicha relación se detalla en la sección II del presente documento:

Figura 2. Diseño y ubicación del monitoreo de la biodiversidad en el SEIA



Fuente: elaboración propia

II. CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS

II.1 Aspectos previos a la evaluación del monitoreo de la biodiversidad

Previo a la evaluación del monitoreo de la biodiversidad, es fundamental revisar las diferentes secciones del EIA-d, tales como: (1) descripción del proyecto, (2) línea de base (medio biológico), (3) identificación y caracterización de los impactos y (4) el PMA; con la finalidad de identificar que dichos capítulos sean coherentes entre sí y contengan la información necesaria para evaluar el apartado de monitoreo de biodiversidad. Esta información es importante puesto que permite:

- i. Revisar la descripción del proyecto para conocer sus actividades y etapas, a fin de identificar los aspectos ambientales, los cuales al interactuar con los factores ambientales generarán impactos a la biodiversidad; así como, proporcionar información para entender cómo el proyecto interactúa con el entorno en sus diferentes etapas (planificación, construcción, operación o mantenimiento y cierre o abandono). Es importante señalar que, la descripción del proyecto debe haberse realizado a nivel de factibilidad, es decir, como información a nivel de ingeniería básica. Por ejemplo:

Cuadro 1. Ejemplo en la revisión de la descripción de proyectos*

Proyecto	Etapas	Actividad	Aspecto ambiental
Creación de carretera	Construcción	Desbroce	Retiro de cobertura vegetal

* El cuadro solo se presenta como apoyo metodológico y no forma parte de los contenidos del estudio ambiental. Fuente: Tabla 2-2 "Ejemplo de aspectos ambientales vinculados a las actividades de un proyecto" de la Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales en el marco del SEIA, aprobada por la Resolución Ministerial N° 455-2018-MINAM.

- ii. Revisar la línea de base biológica permite identificar los componentes y factores del medio biológico (potenciales indicadores a ser considerados en el monitoreo de la biodiversidad), los tipos de cobertura vegetal y especies amenazadas que potencialmente serán impactadas por el proyecto. Asimismo, este paso permitirá conocer la metodología utilizada para caracterizar la línea de base, la cual podría ser utilizada también en el monitoreo de la biodiversidad. Por ejemplo:

Cuadro 2. Ejemplo en la revisión de la línea base*

Proyecto	Línea base biológica		Método de muestreo
	Componente	Factor Ambiental	
Creación de carretera	Vegetación	Flora y vegetación	Parcela
	Fauna terrestre	Aves	Puntos de conteo
		Mamíferos	Transectos

* El cuadro solo se presenta como apoyo metodológico y no forma parte de los contenidos del estudio ambiental. Fuente: Tabla 2-4 "Componentes ambientales a ser considerados en la identificación de impactos" de la Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales en el marco del SEIA, aprobada por la Resolución Ministerial N° 455-2018-MINAM.

- iii. Revisar la caracterización de impactos permite identificar los efectos de cada actividad y dimensionar la magnitud de los impactos del proyecto en los componentes y factores del medio biológico. Los impactos adecuadamente identificados son aquellos que resultan de la interacción de un aspecto con un factor ambiental. Por ejemplo:

Cuadro 3. Ejemplo en la revisión de la caracterización de impactos*

Proyecto	Etapas	Actividad	Aspecto	Factor	Impacto
Creación de carretera	Construcción	Desbroce	Retiro de cobertura vegetal	Flora y vegetación	Pérdida de cobertura vegetal

* El cuadro solo se presenta como apoyo metodológico y no forma parte de los contenidos del estudio ambiental. Fuente: Tabla 2-5 "Matriz de identificación de Impactos Ambientales - Ejemplo de Aspectos Ambientales", de la Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales en el marco del SEIA, aprobada por la Resolución Ministerial N° 455-2018-MINAM.

- iv. Revisar el PMA permite identificar las medidas de manejo ambiental (prevención, minimización y restauración) propuestas para cada impacto identificado en el medio biológico. El monitoreo biológico se encuentra orientado a medir la eficacia y eficiencia de las medidas propuestas. Por ejemplo:

Cuadro 4. Ejemplo de identificación de medidas de manejo ambiental*

Pro- yecto	Eta- pa	Activi- dad	Impac- to	Medidas de manejo		
				Prevención	Minimización	Restauración
Creación de carretera	Construcción	Desbroce	Pérdida de cobertura vegetal	Reubicación de componentes (por ej. depósito de material excedente, canteras, campamento s) para evitar la eliminación de cobertura vegetal.	- Reducir el polígono de los componentes (principales o auxiliares) para minimizar el área de cobertura vegetal a eliminar. - Realizar el desbroce únicamente en las áreas seleccionadas.	Al finalizar la etapa de construcción, se realizará la revegetación de zonas afectadas.

* El cuadro solo se presenta como apoyo metodológico y no forma parte de los contenidos del estudio ambiental.
Fuente: elaboración propia y Cuadro 4 "Ejemplos sobre la relación de los demás capítulos del Estudio Ambiental con el Plan de Manejo Ambiental" de la Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales en el marco del SEIA, aprobada por la Resolución Ministerial N° 455-2018-MINAM.

De considerarse necesario, el evaluador de Senace también puede revisar la sección del programa de monitoreo ambiental del tipo calidad ambiental (calidad de agua, ruido, aire, suelo, entre otros), para ser consideradas en el diseño del monitoreo de biodiversidad, debido a su correlación con la calidad de los hábitats y las especies que albergan.

La revisión de estas secciones del EIA-d permite obtener la trazabilidad de los factores ambientales de biodiversidad a lo largo del documento, seleccionar los impactos y medidas de manejo más relevantes, así como identificar los factores ambientales en los que el monitoreo de biodiversidad debería enfocarse.

➤ **Lista de verificación:**

A continuación, a modo de resumen, se presenta una lista de verificación constituida por preguntas orientativas para facilitar la labor de evaluación del especialista del Senace respecto de las consideraciones previas a la evaluación del monitoreo de la biodiversidad.

Cuadro 5. Preguntas de verificación

N°	Preguntas	Consideraciones
1	¿Existen ecosistemas frágiles y/o hábitats críticos en el área del proyecto? En caso afirmativo, ¿el titular identificó impactos sobre estos ecosistemas frágiles y/o hábitats críticos?	En caso de identificarse ecosistemas frágiles y/o hábitats críticos en el área de influencia del proyecto, se debe considerar también su monitoreo, de acuerdo con el cuadro 8 de la Guía EMA Minam.
2	¿Los factores ambientales están debidamente identificados en la línea de base biológica del proyecto?	Se puede considerar como referencia los factores ambientales del medio biológico que se detallan en la Tabla 2-4 “Componentes ambientales a ser considerados en la identificación de impactos” de la Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales en el marco del SEIA, aprobada por la Resolución Ministerial N° 455-2018-MINAM.
3	¿Se pueden utilizar los puntos de muestreo y la información de línea base en el diseño del monitoreo de la biodiversidad?	La información de línea base biológica (indicadores, parámetros, estaciones de muestreo) debe ser insumo para el diseño del monitoreo biológico. Revisar el paso 2 “Diseño del monitoreo” de la presente Guía. Asimismo, el monitoreo biológico debe estar relacionado con los capítulos previos del estudio ambiental.
4	¿Se han identificado todos los impactos previstos a los factores biológicos?	En vista de que el estudio ambiental tiene una secuencia lógica, para evaluar el monitoreo de biodiversidad es necesario revisar que el capítulo de impactos haya sido adecuadamente elaborado y esté relacionado con los capítulos previos del estudio ambiental.
5	¿Hay relación entre las medidas de mitigación propuestas para cada impacto identificado a los factores biológicos?	Debido a la secuencia lógica, para evaluar el monitoreo biológico es necesario revisar que el capítulo de plan de manejo haya sido adecuadamente elaborado y esté relacionado con los demás capítulos previos del estudio ambiental.
6	¿Los resultados del monitoreo de la biodiversidad podrían coadyuvar con la medición de los cambios en los factores ambientales en el tiempo?	Considerar que el monitoreo parte de una línea base biológica, la cual se debe considerar en el plan de monitoreo para posteriores modificaciones o actualizaciones del EIA-d. Es importante considerar una descripción de cómo se llevará a cabo el proceso de análisis e interpretación de resultados del monitoreo de la biodiversidad, a fin de medir los cambios en los factores ambientales en el tiempo.

Fuente: elaboración propia.

- **Identificación de factores biológicos:**

La definición de los factores biológicos es amplia e incluye especies, hábitats o ecosistemas específicos cuya conservación es relevante en el contexto de un proyecto en desarrollo (Gullison *et al.*, 2015). Los criterios usados para la identificación de los factores biológicos pueden incluir el valor de conservación, el nivel de amenaza, el rol funcional (por ejemplo, especies clave o especies sombrilla), el nivel de rareza, el rango de distribución o el valor económico.

En el marco del SEIA, la identificación de los factores biológicos comienza con la identificación de aquellos componentes del ecosistema que son importantes y que potencialmente serán impactados por el proyecto. Esta identificación puede comenzar con el uso de información de gabinete obtenida durante el estudio de factibilidad o durante el *scoping* del proyecto (Minam, 2025).

La consideración de estos criterios para las especies, hábitats o ecosistemas identificados en el área del proyecto determinará la toma de decisiones en cuanto a las alternativas del proyecto, identificación de impactos potenciales y las medidas de mitigación.

II.2 Consideraciones durante la evaluación del monitoreo de la biodiversidad

Las consideraciones presentadas a continuación tienen una finalidad orientativa para el evaluador del Senace como parte del proceso de evaluación, mas no constituyen un requerimiento adicional al titular. Cabe recordar que, la información que debe contener un EIA-d se encuentra estipulada en los términos de referencia comunes o específicos que le corresponda.

El Senace evalúa los EIA-d de los proyectos de inversión de diferentes sectores (minería, transportes, hidrocarburos, energía, entre otros); y, cada uno de esos proyectos generan distintos tipos de impactos dependiendo sus características y de los ecosistemas en donde se desarrollan. Por lo tanto, no puede existir un solo monitoreo de la biodiversidad que aplique a varios proyectos, puesto que, las características de cada proyecto son únicas; sin embargo, todos los monitoreos de la biodiversidad pueden ser evaluados siguiendo una misma secuencia lógica de revisión para asegurar que los objetivos del monitoreo se cumplan.

Luego de aplicar la lista de verificación de la sección II.1 del presente documento, el evaluador del Senace tendrá en claro si el EIA-d contiene toda la información necesaria para evaluar el capítulo de monitoreo de la biodiversidad; es decir, que los capítulos de línea de base biológica, identificación y caracterización de los impactos y el PMA tengan coherencia entre sí para realizar la evaluación del monitoreo de la biodiversidad. A continuación, se presentan en el Cuadro 6 los pasos a seguir para la evaluación del monitoreo de la biodiversidad.

Cuadro 6. Pasos para la evaluación del monitoreo de la biodiversidad

N°	Aspectos a considerar	Objetivo	Consideraciones y criterios de evaluación para Senace
1	Objetivos del monitoreo de la biodiversidad ⁵ .	Orientar el monitoreo de la biodiversidad a metas alcanzables en tiempo y en recursos.	Verificar que los objetivos del monitoreo de la biodiversidad se enfoquen a evaluar la eficiencia y eficacia de las medidas de manejo ⁶ .
2	Diseño del monitoreo ⁷ .	Que el diseño del monitoreo cumpla con los requerimientos de la normativa ambiental en el marco del SEIA.	Verificar que el diseño del monitoreo cumpla con los requerimientos de la normativa ambiental en el marco del SEIA.
3	Análisis estadístico ⁸	Que el ítem de análisis e interpretación de resultados cumpla con los requerimientos de la normativa ambiental en el marco del SEIA.	Verificar que el ítem de análisis e interpretación de resultados cumpla con los requerimientos de la normativa ambiental en el marco del SEIA.

Fuente: elaboración propia.

El programa de monitoreo de un EIA-d aprobado puede tener ajustes, en caso de que no logre su finalidad. Esta retroalimentación debería ser considerada en el marco de la actualización o modificación del estudio ambiental, o a partir de las medidas exigidas por la entidad de fiscalización ambiental.

II.2.1 Pasos para la evaluación del monitoreo de la biodiversidad

Paso 1: Evaluación de los objetivos del monitoreo de la biodiversidad

El objetivo general del monitoreo de biodiversidad es evaluar de manera continua la eficacia y la eficiencia de las medidas de manejo ambiental diseñadas para mitigar los impactos sobre la biodiversidad. En ese sentido, establecer el o los objetivos de monitoreo es un paso crítico de la evaluación del monitoreo de biodiversidad propuesto; por lo cual, estos deben ser claros y precisos (Hill *et al.*, 2005) y estar directamente relacionados con la pregunta del monitoreo y con la evaluación de los factores ambientales.

⁵ Considerando lo establecido en el Capítulo 6 "Contenido mínimo de los planes y programas" de la Guía EMA Minam y el ítem 6.2 "Plan de vigilancia ambiental" de los términos de referencia para estudios de impacto ambiental detallado (EIA-d) de proyectos de centrales hidroeléctricas (TdR-ELEC-01) con características comunes o similares en el Subsector Electricidad, aprobados mediante la Resolución Ministerial N° 547-2013-MEM-DM (en adelante, **TdR-ELEC-01**).

⁶ Considerando lo establecido en el ítem 5.2 "Plan de vigilancia ambiental (PVA)" de la Guía EMA Minam.

⁷ Cuadro 8 "Lineamientos para la elaboración del programa de monitoreo ambiental" de la Guía EMA Minam.

⁸ Ibidem.

En el proceso de evaluación del EIA-d, los profesionales del Senace deben revisar de manera general si el monitoreo de biodiversidad está vinculado a medir la eficacia y la eficiencia de una medida de mitigación específica. Entonces, los objetivos deben estar dirigidos a evaluar el impacto generado en el factor ambiental después de la implementación de dicha medida.

Paso 2: Evaluación del diseño del monitoreo de la biodiversidad

Un diseño robusto es fundamental para alcanzar los objetivos del monitoreo de la biodiversidad. El desarrollo de un buen diseño requiere un planeamiento cuidadoso de cómo, dónde y cuándo se colectarán los datos en el campo. Idealmente, el monitoreo debería utilizar el mismo diseño de muestreo usado en la línea de base (las mismas estaciones, metodología, unidades de vegetación, entre otros), para que los datos colectados puedan ser comparables en el tiempo.

Como parte de la evaluación del diseño muestral para el monitoreo biológico, el especialista de Senace debe identificar lo siguiente:

a) Indicadores y parámetros

El monitoreo de la biodiversidad debe presentar y sustentar los parámetros que serán monitoreados en relación con las variables de análisis seleccionadas - indicadores⁹. Por ejemplo, para el factor ambiental “fauna terrestre” se tiene el indicador “riqueza específica”¹⁰.

b) Estaciones y puntos de monitoreo¹¹

El evaluador del Senace debe verificar que se haya presentado y sustentado el número de puntos de monitoreo y la ubicación de las estaciones de monitoreo en coordenadas UTM (WGS 84).

Asimismo, debe verificar que los mapas de monitoreo se presenten a una escala adecuada que permita la visualización de los puntos de monitoreo en las zonas control e impacto.

c) Metodología

El evaluador del Senace debe verificar que se haya presentado la metodología para el levantamiento de información para cada factor del medio biológico, así como el esfuerzo de muestreo.

d) Frecuencia:

⁹ Cuadro 8 “Lineamientos para la elaboración del programa de monitoreo ambiental” de la Guía EMA Minam.

¹⁰ Cuadro 7 “Ejemplos sobre la relación de los demás capítulos del estudio ambiental con el programa de monitoreo ambiental” de la Guía EMA Minam.

¹¹ Cuadro 8 “Lineamientos para la elaboración del programa de monitoreo ambiental” de la Guía EMA Minam y el ítem 6.2 “Plan de vigilancia ambiental” de los TdR-ELEC-01.

El evaluador del Senace debe verificar que se incluya la frecuencia del monitoreo¹². Por ejemplo, para el sector minería, la frecuencia debe ser semestral o mayor a esta (previo análisis de representatividad de los datos)¹³.

e) Duración¹⁴:

El evaluador del Senace debe verificar que se haya detallado la duración del monitoreo biológico en cada una de las etapas del proyecto, en lo que corresponda.

f) Norma de referencia¹⁵:

Si bien en la Guía EMA Minam se señala que se debe presentar una norma de referencia en el capítulo de monitoreo biológico, cabe indicar que, para el medio biológico, no se cuentan con normas de referencia (no existen estándares de calidad ambiental para el medio biológico) para los parámetros evaluados, como riqueza, abundancia, diversidad, entre otros; ya que, los parámetros dependerán de las características biológicas de cada área. En ese sentido, se consideraría como información de referencia (previo al impacto ambiental) los resultados de los parámetros de la línea base biológica.

A continuación, se presenta a manera de recomendación, la lista de verificación del paso 2, a fin de facilitar al evaluador del Senace la verificación del contenido del diseño del monitoreo:

➤ **Lista de verificación:**

- Verificar si se han incluido los indicadores y parámetros del monitoreo biológico.
- Verificar si se han presentado las estaciones de monitoreo biológico en coordenadas UTM (WGS84).
- Verificar si se ha presentado el sustento para el número y la ubicación de estaciones de monitoreo biológico.
- Verificar si se ha presentado la ubicación de las estaciones de monitoreo en zonas control e impacto.
- Verificar que se haya presentado la metodología y el esfuerzo de muestreo.
- Verificar que se haya presentado la frecuencia y la duración del monitoreo.

¹² El requerimiento de incluir "frecuencia" se menciona en el Cuadro 8 "Lineamientos para la elaboración del programa de monitoreo ambiental" de la Guía EMA Minam y el requerimiento de frecuencia "semestral o mayor" se menciona en Ítem 6 "Estrategia de manejo ambiental" de los términos de referencia comunes para los estudios de impacto ambiental detallados (categoría III) de los proyectos de explotación, beneficio y labor general mineros metálicos a nivel de factibilidad, aprobados por la Resolución Ministerial N° 116-2015-MEM/DM (en adelante, **TdR Minero metálicos**).

¹³ Ítem 6 "Estrategia de manejo ambiental" de los TdR Minero metálicos.

¹⁴ Cuadro 8 "Lineamientos para la elaboración del programa de monitoreo ambiental" de la Guía EMA Minam y el Ítem 6.2 "Plan de vigilancia ambiental" de los TdR-ELEC-01.

¹⁵ Cuadro 8 "Lineamientos para la elaboración del programa de monitoreo ambiental" de la Guía EMA Minam.

Paso 3: Evaluación del análisis estadístico¹⁶

El evaluador del Senace debe verificar que el titular presente una descripción de cómo se llevará a cabo el proceso de análisis e interpretación de los resultados¹⁷ del monitoreo de la biodiversidad, de acuerdo con lo señalado en los términos de referencia aprobados por el sector. La interpretación de los resultados requiere considerar la variación natural del sistema (Reynolds *et al.*, 2015) y los supuestos del diseño del muestreo usado (Christie *et al.*, 2020).

En consecuencia, luego de haber presentado los pasos para evaluar el monitoreo de la biodiversidad y considerando lo desarrollado en el Cuadro 6 de la presente Guía, se presenta en el Cuadro 7 el ejemplo de monitoreo de biodiversidad para el proyecto elegido:

Cuadro 7. Ejemplo de monitoreo de biodiversidad*

Proyecto	Etapas	Actividad	Impacto	Medida	Monitoreo de biodiversidad
Creación de carretera	Construcción	Desbroce	Pérdida de cobertura vegetal	Revegetación de zonas afectadas	Monitoreo de revegetación (ej. riqueza, diversidad alfa)

* El cuadro solo se presenta como apoyo metodológico y no forma parte de los contenidos del estudio ambiental.

Fuente: elaboración propia.

En vista de que el objetivo general del monitoreo de la biodiversidad consiste en evaluar la eficacia y la eficiencia de las medidas de manejo ambiental para mitigar los impactos a la biodiversidad, luego de aplicar los pasos 1, 2 y 3, el evaluador de Senace contará con la información necesaria para saber si el EIA-d cumple o no con los requerimientos de la normativa ambiental.

Es importante señalar que, la efectividad de las medidas de manejo se evalúa mediante indicadores de resultado¹⁸, es decir, mediante la variación de los parámetros, a medida que se desarrolle el monitoreo biológico.

• Factores o programas en el monitoreo de la biodiversidad

Dependiendo de las características del EIA-d y de los resultados de la línea base biológica, será de relevante que el monitoreo de la biodiversidad contemple un monitoreo, de acuerdo con lo señalado en los términos de referencia aprobados por el sector correspondiente, para los siguientes factores o programas:

- Ecosistemas frágiles y hábitats críticos¹⁹.

¹⁶ Cuadro 8 "Lineamientos para la elaboración del programa de monitoreo ambiental" de la Guía EMA Minam.

¹⁷ Ítem 6.2 "Plan de vigilancia ambiental" de los TdR-ELEC-01.

¹⁸ Ítem 5.2 Plan de vigilancia ambiental (PVA) de la Guía EMA Minam.

¹⁹ Cuadro 8 Lineamientos para la elaboración del programa de monitoreo ambiental de la Guía EMA Minam.

- Especies clave²⁰.
- Especies de flora y fauna endémica, en peligro de extinción o vulnerable, cuando se superponen con áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento²¹.
- Monitoreo de metales pesados (de ser aplicable) en especies hidrobiológicas claves²².
- Programa de revegetación y/o reforestación²³.
- Otros factores o programas necesarios, de acuerdo con el caso en particular.

De igual forma, se recomienda que los programas de rescate y reubicación de fauna silvestre contemplen su propio monitoreo, a fin de asegurar la sobrevivencia de los especímenes rescatados.

III. RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan recomendaciones que pueden servir al evaluador como parte de su bagaje de información y complementar las herramientas de evaluación, en los casos que corresponda. Cabe precisar que, estas recomendaciones corresponden a buenas prácticas y no a mandatos normativos.

A. Definición de preguntas: tiene como objetivo asegurar que la información que se genere sea útil para el proyecto, es decir, evaluar la pertinencia del planteamiento del monitoreo de la biodiversidad. Para definir estas preguntas se recomienda seguir las siguientes pautas:

- ✓ Adecuación del planteamiento del monitoreo de la biodiversidad: la formulación del monitoreo de la biodiversidad debe abordar los objetivos del proyecto, los posibles impactos en la biodiversidad y estar acorde con los términos de referencia y con la evaluación integral del EIA-d.
- ✓ Validación de medidas de manejo: se debe identificar cuál es la medida de manejo específica que se pretende validar mediante el monitoreo.
- ✓ Enfoque en la eficacia de las medidas de manejo: el monitoreo de la biodiversidad debe estar diseñado para verificar la eficacia de las medidas de manejo propuestas en el EIA-d.

La evaluación de estas pautas es esencial para determinar la coherencia y relevancia del monitoreo de la biodiversidad en relación con la biodiversidad del proyecto. Un planteamiento claro y específico en esta etapa sienta las bases para la toma de decisiones informada durante la evaluación del EIA-d.

²⁰ Especies clave, esenciales para el mantenimiento y conservación de los ecosistemas en el Ítem 6.2 “Plan de vigilancia ambiental” de los TdR-ELEC-01.

²¹ Ítem 6.2 “Plan de vigilancia ambiental” de los TdR-ELEC-01.

²² Ítem 6 “Estrategia de manejo ambiental” de los TdR Minero metálicos.

²³ Ítem 6.2 “Plan de vigilancia ambiental” de los TdR-ELEC-01.

En consecuencia, una pregunta relacionada al estado de un factor ambiental (especie de fauna o flora, hábitat, etc.) que es afectado por un impacto del proyecto, puede proveer información sobre alguna tendencia (aumenta, disminuye, no cambia) o la variación de la población de este factor ambiental en el tiempo. Si los resultados muestran una disminución en la población, se tendría que plantear una nueva pregunta más específica para analizar qué medida de mitigación no está funcionando.

- **Ejemplo:**

Como parte de un proyecto se construirá una infraestructura lineal para transportar petróleo crudo desde la selva amazónica hacia un puerto fluvial. El titular ha determinado que uno de los impactos será la reducción de la conectividad para las poblaciones de tres especies amenazadas de primates que viven en los bosques de terrazas altas de la selva amazónica. Como una medida de mitigación, el proyecto comprende la protección de árboles emergentes en ambos lados de la infraestructura, conocidos como puentes naturales del dosel, de manera que mantengan parte de la conectividad de las poblaciones. De ello, se espera que esta medida de mitigación del impacto facilite el movimiento de los individuos de las poblaciones de primates en el área impactada. En este contexto, se propone establecer que el monitoreo de la biodiversidad responda a la siguiente pregunta:

¿El establecimiento de puentes naturales de dosel a lo largo de la infraestructura lineal permite la conectividad en las poblaciones de tres especies amenazadas de primates: Ateles belzebuth, Lagothrix poeppigii y Alouatta seniculus?

Usando este mismo ejemplo, podemos considerar una pregunta ambigua:

¿Están los primates recuperándose luego del impacto producido por la infraestructura lineal?

Esta pregunta no ofrece información sobre la medida de mitigación evaluada. Tampoco es específica con respecto al tipo de efecto producido por un impacto en particular y no proporciona información específica de los indicadores seleccionados, en este caso, las tres especies de primates amenazadas.

A continuación, se presenta un ejemplo de una pregunta poco específica y ambigua:

¿Cuál es la importancia de los puentes de dosel?

En este caso, la pregunta está orientada únicamente a la medida de mitigación, pero sin especificar el contexto en el que se está implementando, ni el tipo de impacto que podría mitigar o los indicadores a usar para medir el impacto.

- B. Establecimiento de objetivos:** tiene como objetivo orientar el monitoreo de la biodiversidad a metas alcanzables en tiempo y en recursos. A continuación, se presenta la lista de verificación y ejemplos de objetivos del monitoreo.

➤ **Lista de verificación:**

- Claridad y especificidad: verificar si los objetivos del monitoreo son claros, específicos y directamente vinculados a la pregunta de verificación formulada.
- Relación con medidas de mitigación: evaluar si los objetivos abordan de manera efectiva la evaluación de impactos después de la implementación de medidas de mitigación específicas.
- Evitar objetivos genéricos o vagos: advertir sobre el uso de objetivos genéricos o vagos, ya que, puede comprometerse la efectividad del monitoreo.
- Alineación con factores ambientales: confirmar que los objetivos estén alineados con los factores ambientales identificados en el proyecto.
- Consideración de referencias científicas: revisar si los objetivos propuestos están respaldados por la literatura científica relevante, asegurando su validez y pertinencia.

- **Tendencia del objeto:**

El objetivo u objetivos del monitoreo deben ser claros y específicos, y deben estar directamente asociados a la pregunta del monitoreo. A continuación, se presentan dos objetivos del monitoreo propuesto para la pregunta presentada en el ejemplo antes mencionado:

- Determinar la tendencia temporal de la abundancia (como el número de individuos observados) para cada una de las tres especies amenazadas de primates que serán afectadas por la construcción de la infraestructura lineal.
- Determinar la tendencia temporal de la densidad (número de individuos/área) de cada una de las tres especies amenazadas de primates que serán afectadas por la construcción de la infraestructura lineal.

En el mismo contexto, se presenta un ejemplo de objetivo poco claro e irrelevante:

- Determinar la tendencia temporal de la abundancia de otorongos que cruzan el derecho de vía.

- C. **Selección de indicadores:** los indicadores ambientales permiten sintetizar la abundante información obtenida para poder interpretar un proceso en particular de forma simple y sistematizada. Tiene como objetivo encontrar 3 o 4 hitos en biodiversidad que serán el foco del monitoreo.

En la mayoría de los casos, por razones logísticas y económicas, no es posible monitorear todos los factores ambientales que potencialmente serán impactados por un proyecto en desarrollo. Es por esta razón que una selección adecuada de indicadores es crucial para alcanzar el objetivo principal del monitoreo de la biodiversidad (evaluar de manera continua la eficacia y la eficiencia de las medidas de manejo ambiental diseñadas para mitigar los impactos sobre la biodiversidad).

Los indicadores pueden ser hábitats, procesos biológicos (productividad primaria, tasa de descomposición, dispersión de semillas, polinización, tasa reproductiva, entre otros), especies, poblaciones o comunidades, y estos pueden ser de pequeña o gran escala. Los indicadores deben dar información sobre la condición, la función y la integridad de un sistema o ecosistema.

La selección adecuada de indicadores permite que el monitoreo detecte tendencias de los datos en el tiempo de manera confiable. Esto permite obtener información relevante y confiable sobre el estado y la dinámica de un ecosistema, lo que nos permite comprender los posibles impactos ambientales y tomar decisiones informadas para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad.

➤ **Lista de verificación**

- Verificar que los indicadores propuestos sean sensibles.
- Verificar que los indicadores propuestos sean medibles.
- Verificar que los indicadores propuestos sean abundantes, alcanzables y asignables.
- Verificar que los indicadores propuestos sean relevantes.
- Verificar que los indicadores propuestos sean costo-eficientes en el tiempo.

- **Metodología SMART:**

Es recomendable que un buen indicador reúna ciertas características, como aquellas establecidas por la metodología SMART. Este marco tiene variaciones y algunos autores pueden haber definido de manera diferente cada componente (Spellerberg, 2006; Niemeijer y de Groot, 2008; Siddig *et al.*, 2016; Werner y Gallo-Orsi, 2018).

Generalmente, se recomiendan cinco características²⁴ ideales que debe tener un indicador, pero se reconoce que las condiciones de implementación del monitoreo de la biodiversidad pueden ser complejas y algunos indicadores no podrán cumplir con todas:

- **Sensible** y específico, que responda a posibles cambios del ambiente que ocurran dentro del período establecido para el monitoreo.
- **Medible** si es posible de una manera cuantitativa para facilitar la colecta de datos confiables.
- **Alcanzable**, abundante y ambicioso con los recursos económicos (costo-eficiente). **Asignable** a un responsable.
- **Relevante** para alcanzar el objetivo u objetivos del monitoreo.
- **Tiempo** establecido para el monitoreo.

Para algunos grupos de organismos, puede haber bibliografía que identifique los indicadores para determinados grupos biológicos, como, por ejemplo, aves (Stotz, 1996).

En el proceso de evaluación del EIA-d, se recomienda que el especialista del Senace evalúe si los indicadores cumplen con estas características. Por ejemplo, un proyecto que ocasionará la pérdida de un área de bosque amazónico de terraza alta propone un monitoreo biológico cuyo objetivo es determinar la tendencia poblacional de las aves insectívoras de sotobosque afectadas por la pérdida de hábitat. El indicador seleccionado es la comunidad de especies insectívoras de sotobosque. Este grupo de aves es: **Sensible** a la pérdida de hábitat y a la fragmentación (Powell *et al.*, 2015; Sodhi *et al.*, 2011); **Medible** como abundancia relativa de las especies insectívoras del sotobosque, relativamente; **Alcanzable** para medir las tendencias poblacionales en el **Tiempo**; y, **Relevante** para alcanzar el objetivo del monitoreo. Por lo tanto, la selección de este indicador es adecuada para el monitoreo.

En el marco del SEIA, el proceso de selección de indicadores para el monitoreo comienza durante la evaluación ambiental preliminar y/o *scoping* (Minam, 2025) y en la descripción del proyecto. Los indicadores deben ser confirmados o ajustados sobre la base de la información recogida durante la fase de campo de la línea base.

²⁴ Los términos utilizados para referirse a las cinco características corresponden a la traducción adoptada en el presente documento para el marco metodológico SMART.

Por ejemplo, imaginemos que un proyecto de construcción de un pozo de gas natural identificó una especie de sapo del género *Atelopus* sp. “sapo arlequín”, como un factor ambiental. Supongamos que esta especie está en peligro de acuerdo con la Lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas, y la Lista Roja de especies amenazadas de la UICN.

En el proceso de evaluación ambiental preliminar se determinó que esta especie podría verse afectada por los impactos de las actividades de construcción del proyecto sobre los cuerpos de agua dulce. Esta especie de sapo usa quebradas de aguas cristalinas y corrientosas para reproducirse. Específicamente, los sapos depositan sus huevos en la vegetación que se encuentra sobre las quebradas para que cuando estos eclosionen, los renacuajos caigan al agua y completen su ciclo de metamorfosis.

Durante el desarrollo del monitoreo de la biodiversidad, el indicador seleccionado para cuantificar los impactos del proyecto en los cuerpos de agua dulce no fue el sapo arlequín sino la comunidad de microalgas presentes en los cuerpos de agua, incluyendo las quebradas que la especie de sapo usa para reproducirse. Las microalgas sirven de alimento para los renacuajos, por lo tanto, la comunidad de microalgas es un buen indicador de la calidad del hábitat para la sobrevivencia de esta especie de sapo.

La comunidad de microalgas es sensible a los cambios en la calidad del agua, medible, relevante y costo-eficiente en el tiempo. La razón por la que la especie de sapo del género *Atelopus* sp. “sapo arlequín” no fue seleccionada como un indicador para el monitoreo se debe a su baja abundancia natural en el área de estudio, por lo que no se cumple con uno de los criterios SMART (Werner y Gallo-Orzi, 2018). Esta baja abundancia no permitirá tener datos precisos de las tendencias poblacionales de la especie y, por lo tanto, no se podrá informar de manera precisa sobre los impactos del proyecto a los cuerpos de agua dulce.

- D. Diseño del monitoreo:** su objetivo es tener suficientes muestras en zonas de impacto y en zonas control para poder responder a las preguntas del monitoreo.

Unidad de muestreo

- La identificación de la unidad de muestreo, la justificación clara del número de réplicas de las unidades de muestreo y la ubicación de cada réplica dentro de cada unidad de vegetación dependerán de cada proyecto y de las condiciones del sitio donde se desarrolle.
- La unidad donde se tomarán los datos para estimar el parámetro se conoce como la unidad de muestreo. Esta unidad puede ser una parcela, un

transecto, un individuo de la población, un grupo de individuos de la población, etc. La ubicación y distribución de estas unidades de muestreo (por ejemplo, aleatoriamente simple, aleatoriamente estratificado, aleatoriamente en una rejilla regular, etc.) va a depender de cada proyecto y de las condiciones del sitio donde se desarrolle.

Réplicas de la unidad muestral y establecimiento del diseño de monitoreo

- Debido a la variación natural dentro de una unidad de vegetación, el uso de réplicas de la unidad muestral es importante. En ese sentido, a mayor cantidad de réplicas, el parámetro estimado por el monitoreo será más preciso debido a una reducción del error de muestreo (Whitlock y Schluter 2015).
- ¿Cuál es el tamaño de muestra adecuado? En otras palabras, ¿cuántas réplicas de la unidad muestral deben usarse? Existen varios criterios a tomar en cuenta para determinar el número adecuado de réplicas de la unidad muestral. Por ejemplo, la extensión de la unidad de vegetación, las características biológicas del indicador (como espacio vital, dieta, grupo trófico, etc.), el tipo de indicador (como especie, comunidad), entre otros. También, existen métodos estadísticos para determinar el tamaño de muestra, pero en general estos requieren datos preliminares que pueden ser limitados (Whitlock y Schluter, 2015). Además, la Guía de Inventario de la Flora y Vegetación, aprobada mediante la Resolución Ministerial N° 059-2015-MINAM, propone ecuaciones con ciertos supuestos estadísticos para calcular el número de muestra para realizar un inventario de flora y determinar el número de muestras para estimar el volumen maderable o de biomasa de especies arbóreas, palmeras o helechos arborescentes. En este último caso, idealmente se requiere conocimiento previo del coeficiente de variación del volumen de madera de la población evaluada.
- El estudio de comunidades se puede determinar, por ejemplo, a través del uso de curvas de acumulación de especies, también conocidas como curvas especies-tamaño de muestra o curvas especies-área. Teniendo en cuenta que la relación entre la riqueza de especies y área no es lineal, sino que es una función de incremento desacelerado, se puede determinar si el número de muestras es suficiente evaluando la forma de la curva con los datos del muestreo (Mittelbach y McGill, 2019). Si esta ha alcanzado la asíntota de la curva, indica que el incremento de unidades de muestreo no generará un incremento mayor en el número de especies, ya que, la mayoría de estas ha sido detectada por el muestreo (Mittelbach y McGill, 2019). La desventaja de este método es que generalmente se usa para corroborar la eficacia del muestreo después de que los datos han sido colectados.
- La Guía para la Elaboración de la Línea Base en el Marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, aprobada mediante la Resolución Ministerial N° 00143-2025-MINAM, (en adelante, **Guía para la elaboración de línea base**) sugiere algunas consideraciones para evaluar si el esfuerzo es o no suficiente (Minam, 2025).

- El diseño también debe justificar claramente cómo la distribución de las réplicas de la unidad de muestreo asegura que estas sean independientes entre sí. Por ejemplo, si el monitoreo usará transectos lineales de 5 km dentro del bosque inundable amazónico para determinar la densidad de aves del sotobosque, la distancia entre los transectos debe asegurar independencia de los datos. En este caso, la distancia entre transectos debe asegurar que los individuos de aves de sotobosque censados en un transecto no serán censados nuevamente en otro transecto. En otras palabras, un diseño adecuado busca que una réplica no tenga influencia sobre la otra y viceversa, para así evitar un problema de pseudoreplicación²⁵ o falta de independencia espacial (Gotelli y Allison, 2004). La distribución de las réplicas debe ser presentada en un mapa. La Guía de Inventario de la Fauna Silvestre, aprobada mediante la Resolución Ministerial N° 057-2015-MINAM, provee algunas distancias que podrían considerarse para el establecimiento de unidades de muestreo independientes de distintos grupos taxonómicos de fauna silvestre.
- Otro aspecto importante es que la distribución de las réplicas capture la variación natural de la unidad de vegetación, especialmente de factores que puedan ser relevantes al factor biótico evaluado por el monitoreo. Esto se puede lograr a través del uso de una distribución aleatoria de las réplicas a lo largo de la extensión de la unidad de paisaje evaluada (Gotelli y Allison, 2004). En algunos casos una distribución sistemática dentro de la unidad de muestreo también puede capturar la varianza espacial (Hill *et al.*, 2005). De lo contrario, una distribución sesgada de las réplicas puede afectar los resultados y su interpretación (Gotelli y Allison, 2004).

Distribución aleatoria y sesgada de las réplicas de la unidad de muestreo

- La distribución de las réplicas dentro de la unidad de paisaje es un aspecto fundamental del diseño para asegurar resultados precisos en un monitoreo. Considerando que en los sistemas naturales los factores abióticos (por ejemplo, pendiente del suelo, temperatura del aire, humedad del suelo, etc.) pueden variar espacialmente, y que esta variación podría afectar a los factores bióticos (por ejemplo, comunidad de plantas herbáceas, una especie de ave, etc.) evaluados por el monitoreo, una distribución adecuada de las réplicas de la unidad de muestreo debe capturar esta variación espacial para así evitar sesgos en los resultados.
- En el contexto del EIA-d, la naturaleza puntual del impacto del proyecto, muchas veces no permite diseñar una distribución completamente aleatoria de los grupos control e impacto. En estos casos, lo ideal es maximizar la capacidad de distribución aleatoria de las réplicas dentro de las zonas de impacto (área de influencia) y aquellas que están fuera de área de influencia (control). No obstante, debe evitarse que la distribución de las réplicas esté únicamente determinada por la conveniencia del muestreo (Whitlock y

²⁵ La pseudoreplicación se define como “el uso de estadísticas inferenciales para probar los efectos del tratamiento con datos de estudios en los que los tratamientos no fueron replicados, o donde las réplicas no son estadísticamente independientes” (Hurlbert 1984, Bataineh *et al.*, 2006). Además, se puede entender como las técnicas estadísticas y poder computacional modernos que permiten en ciertos casos tratar datos con problemas de falta de independencia (Chaves 2010, Filazzola y Cahill 2021).

Schluter, 2015). Por ejemplo, por la presencia de una carretera de acceso, ya que esta estructura podría influenciar la distribución de las especies consideradas en el monitoreo; o por la cercanía a las zonas de construcción, ya que la distancia podría ser un factor asociado al impacto y debería también tomarse en cuenta. En un proyecto minero, la distribución de las réplicas dentro del área de impacto debe considerar factores como la topografía, la vegetación y la presencia de fuentes de agua para seleccionar sitios de muestreo que representen adecuadamente la diversidad ambiental del área. De igual manera, en un proyecto hidroeléctrico, la distribución de las réplicas en el área de influencia de la represa debe considerar factores como la inundación, la alteración del flujo del agua y la pérdida de hábitat para evaluar los impactos del proyecto en las comunidades de flora y fauna.

- El uso de herramientas de sistemas de información geográfica es recomendable para elaborar mapas que muestren la ubicación exacta de las réplicas de las unidades de muestreo dentro de cada unidad de vegetación seleccionada para el monitoreo.
- El establecimiento de un control permite determinar de manera precisa los efectos del proyecto y no confundirlos con efectos causados por otros factores. El control está conformado por réplicas que no han sido, son o serán afectadas por el proyecto (lo cual no significa que únicamente deban ser réplicas en sitios prístinos o con poca intervención humana). En lo posible, el número de réplicas del grupo control deber ser igual al del grupo impacto.
- Además, el control ayuda a determinar, por comparación con el grupo impacto, los impactos producidos por el proyecto, así como aquellos producidos por otros factores, como cambios debido a los efectos del cambio climático o por actividades antrópicas ajenas al proyecto. Las réplicas de la unidad de muestreo del control deben ser evaluadas antes de que ocurra el impacto causado por el proyecto para establecer y registrar la variación temporal del sistema estudiado. Por ejemplo, si el monitoreo ocurre en un ecosistema que presenta una estacionalidad anual relevante para los factores que serán estudiados, el establecimiento del control debe darse por lo menos un año antes del impacto potencial (Minam, 2025). La falta de consideración de este aspecto puede tener como resultado la interpretación errónea o imprecisa de los impactos producidos por el proyecto.

- **Propuestas de metodologías para el diseño de muestreo**

A continuación, se presentan de manera referencial las metodologías para determinar los impactos de los proyectos de desarrollo, las cuales corresponden a buenas prácticas, mas no a mandatos normativos.

Entre los diseños propuestos para determinar los impactos de los proyectos de desarrollo, el diseño conocido como **Antes-Después Control-Impacto (BACI)**, por sus siglas en inglés *Before-After Control-Impact*, propone el establecimiento de un grupo control y de un grupo impacto antes y después de que ocurra el impacto de un proyecto (Gotelli y Allison, 2004, Christie *et al.*, 2020). El “antes” correspondería a la información de línea base y el “después” a los datos del monitoreo durante la construcción, operación y abandono del proyecto.

El uso de este diseño a largo plazo permite la detección de los impactos producidos por un proyecto y las tendencias temporales del sistema evaluado (Christie *et al.*, 2019). Además, el establecimiento del control e impacto antes de que ocurra el impacto, permite detectar las diferencias naturales (no relacionadas al proyecto) que podrían existir entre los grupos control e impacto.

- a. **El diseño Antes-Después Control-Impacto (BACI)**

El diseño de muestreo conocido como BACI es altamente recomendado para determinar los impactos de un proyecto en desarrollo sobre el componente biológico (Gotelli y Allison, 2004; Christie *et al.*, 2020). El diseño BACI es una herramienta para medir la eficiencia de las acciones o medidas de gestión implementadas para controlar, minimizar o restaurar los impactos de un proyecto sobre los factores biológicos (De Palma *et al.*, 2018; Christie *et al.*, 2019).

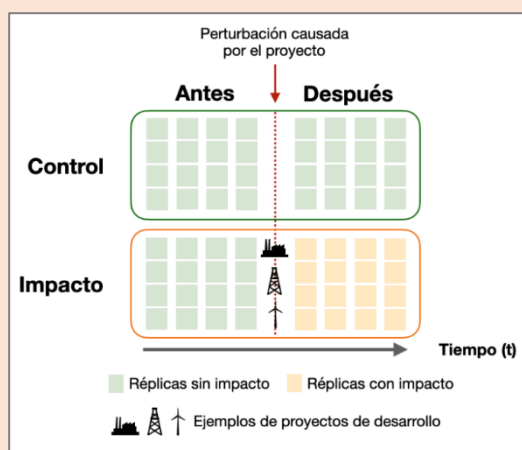
El diseño BACI permite un análisis temporal y espacial a través de la evaluación de los grupos control e impacto antes y después de la alteración del ambiente o impacto causado por el proyecto de desarrollo (Christie *et al.*, 2020). Es deseable que ambos grupos tengan un número adecuado de réplicas de la unidad de muestreo y que estén distribuidos de manera que permitan capturar la variación espacial del sistema estudiado.

En ese sentido, es recomendable que el número de réplicas sea el mismo o muy cercano en los grupos control e impacto. El uso de una única réplica de control y/o impacto limita significativamente la capacidad de determinar los impactos causados por el proyecto (De Palma *et al.*, 2018). Para determinar la variación temporal del sistema evaluado, es recomendable que los datos se colecten como mínimo a lo largo de un año completo antes del impacto (Minam, 2025).

Debido a las consideraciones espaciales y temporales, el diseño BACI es bastante robusto para determinar los impactos reales de un proyecto en desarrollo. Primero, este diseño considera las diferencias iniciales que podrían existir entre los grupos control e impacto. Segundo, la presencia

de grupos control e impacto establecidos antes y después del impacto permiten diferenciar entre los cambios causados por el proyecto en desarrollo y aquellos causados por otros factores (por ejemplo, cambios estacionales, fenómenos naturales, etc. (Stewart-Oaten y Bence, 2001; Christie *et al.*, 2020). De ello, si los resultados de un estudio muestran cambios similares en las parcelas de control y de impacto, antes y después de la ejecución del proyecto, es probable que los cambios observados se deban a factores distintos a aquellos relacionados con el proyecto evaluado (Gotelli y Allison, 2004).

El siguiente gráfico muestra el diseño BACI con sus componentes temporales (Antes-Después) y espaciales (Control-Impacto). Nótese que el establecimiento de los grupos control e impacto ocurre antes de la perturbación causada por el proyecto:



Fuente: elaboración propia

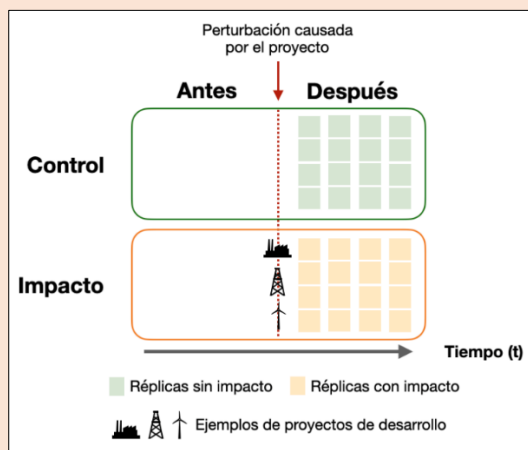
Además del diseño BACI existen otros diseños que son recomendados para situaciones en las que al titular no le es posible coleccionar información del "Antes" (sin afectación del proyecto).

b. Otros diseños de muestreo:

- Control-Impacto.
- Referencia-Impacto.
- Antes-Después.
- Después.

Control-Impacto

En el diseño Control-Impacto, la colecta de datos en los grupos control e impacto ocurre únicamente después del impacto causado por el proyecto en desarrollo (Christie *et al.*, 2020). Esta colecta de datos ocurre a lo largo del tiempo en ambos grupos como lo muestra el siguiente gráfico:



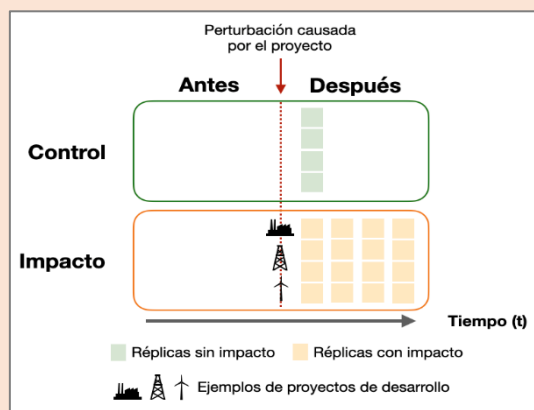
Fuente: elaboración propia

La principal limitación de este diseño es que desconoce el estado y la dinámica temporal de los grupos control e impacto antes de la perturbación (Christie *et al.*, 2020). Por lo tanto, la interpretación de los resultados del monitoreo estaría sesgada. Por ejemplo, si los grupos control e impacto presentaban diferencias iniciales por razones distintas al impacto del proyecto en desarrollo, tales como diferencias en la pendiente del terreno o la distribución de individuos de una especie en el paisaje, esta diferencia no está siendo considerada en la interpretación de los resultados si solo usamos los datos después del impacto.

Es importante notar que este sesgo podría reducirse si las réplicas del grupo control e impacto son ubicadas aleatoriamente en la unidad de muestreo. Sin embargo, esta situación es muchas veces restringida en los proyectos en desarrollo en los que la distribución aleatoria del impacto no es posible debido a la naturaleza puntual del mismo.

Referencia-Impacto

Este diseño es una modificación del diseño Control-Impacto. Como se muestra la siguiente figura, a diferencia del Control-Impacto, la colecta de datos del grupo control ocurre en un solo momento y el valor promedio obtenido de este grupo de datos es usado como referencia de comparación con el grupo impacto:

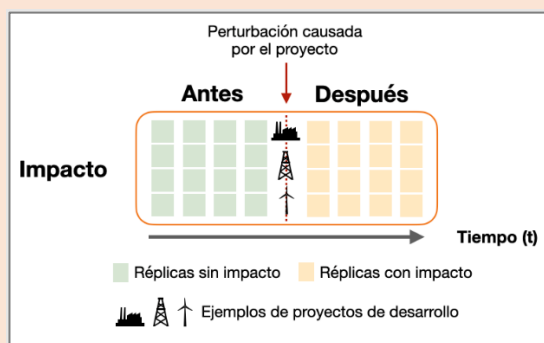


Fuente: elaboración propia

Además de la falta de datos sobre el estado y la tendencia de los factores biológicos evaluados antes del impacto, este diseño asume un estado estático del grupo control, usando un solo evento de colecta de datos como referencia para comparar con los datos del grupo impacto. Esta falta de datos aumentaría aún más el sesgo de interpretación de los resultados del monitoreo comparado con el diseño Control-Impacto.

Antes-Después

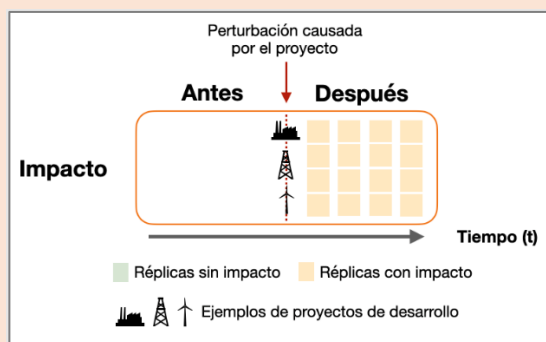
En el diseño Antes-Después, los datos son colectados únicamente de un grupo impacto antes y después de la perturbación causada por el proyecto. En este diseño, el estado y la tendencia temporal del indicador antes del impacto causado por el proyecto son conocidos. La desventaja de este diseño es que la interpretación usando la comparación entre antes y después del impacto podría estar afectada por factores distintos al impacto del proyecto. Por ejemplo, un aumento en la frecuencia de inundaciones a lo largo del tiempo en una región, incluyendo los años anteriores y posteriores al impacto del proyecto, podrían explicar parte de los cambios registrados en la comparación antes y después del impacto.



Fuente: elaboración propia

Después

El diseño Después solamente permite la colecta de información en el grupo impacto después de la perturbación producida por el proyecto en desarrollo. Este diseño presenta limitaciones para determinar de manera eficiente el impacto del proyecto debido a la falta de un grupo control y/o la falta de datos sobre el estado y la tendencia del indicador antes del impacto del proyecto.

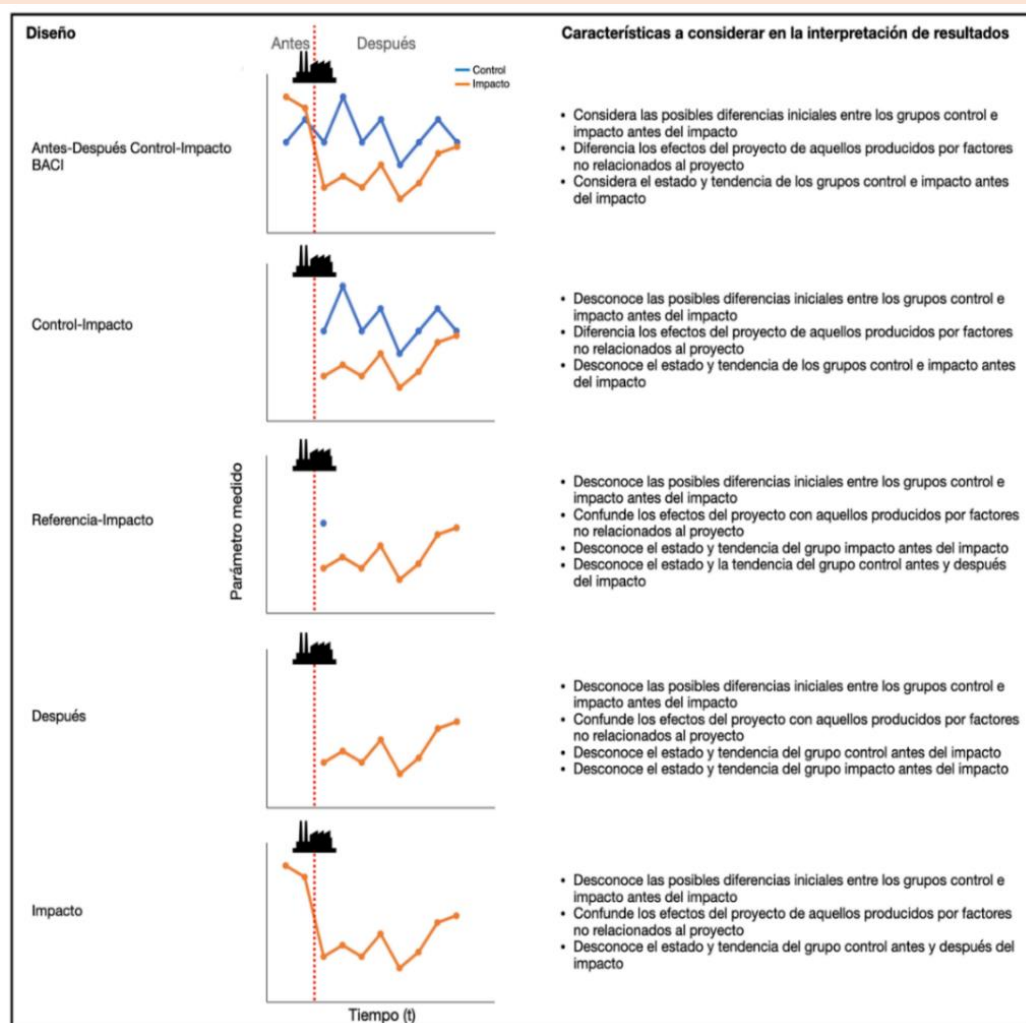


Fuente: elaboración propia

Este diseño no diferencia entre los efectos producidos por el proyecto en desarrollo y aquellos producidos por otros factores bióticos o abióticos. Por lo tanto, el uso de este diseño en un monitoreo tendría resultados sesgados e imprecisos.

- **Comparación de resultados aplicando los diferentes diseños mediante un ejemplo hipotético**

El siguiente cuadro muestra un ejemplo hipotético que compara las tendencias temporales generadas con los datos obtenidos por los diseños BACI, Control-Impacto, Referencia-Impacto, Después e Impacto. Además, el cuadro presenta las principales características que deben ser consideradas durante la interpretación de los resultados producidos por cada uno de estos diseños. Las cuales se detallan a continuación:



Fuente: elaboración propia

- **Una descripción de los métodos(s) de campo que serán utilizados para la colecta de datos en cada unidad muestral del monitoreo.** El método seleccionado debe producir información relevante para cuantificar el parámetro del indicador seleccionado. Considerando que existe una gran diversidad de métodos que pueden ser usados en un monitoreo, el método seleccionado debe ser apropiado para el tipo de indicador, la escala temporal y espacial del monitoreo, las condiciones ambientales, el balance costo-beneficio y la sostenibilidad de su uso en el tiempo. Por ejemplo, si un monitoreo busca determinar los cambios en la cobertura vegetal de las plantas herbáceas del bosque de montaña basimontano dentro de las parcelas de 1 x 1 m, el uso de sensores remotos no sería adecuado debido a la presencia del dosel de bosque y a la falta de resolución para determinar cambios a la escala del tamaño de la parcela. En este caso sería más adecuado que los botánicos usaran sub-cuadrantes para cuantificar la cobertura de manera sistemática.

En los últimos años hemos visto un desarrollo rápido de tecnologías emergentes y automatizadas como el uso de sensores remotos, cámaras trampa, monitoreo acústico, ADN ambiental, códigos de barras moleculares, entre otros. Sin embargo, es importante recordar que **lo más importante para determinar si el método seleccionado es el más apropiado, es saber si es un método confiable para estimar el parámetro del indicador, si es apropiado para las condiciones ambientales del lugar del monitoreo, si se cuenta con la capacidad para analizar los datos colectados con el método seleccionado y si será sostenible a lo largo del tiempo.**

La descripción de los métodos también debe incluir las medidas para minimizar sesgos en la colecta de datos de campo. Por ejemplo, es importante que las personas encargadas de la colecta de datos tengan conocimiento y experiencia trabajando con los grupos taxonómicos evaluados y en la región del monitoreo. Además, si más de una persona está encargada de colectar los datos, estas personas deben contar con experiencia similar trabajando con el grupo taxonómico en el lugar del monitoreo. Estas consideraciones deben tenerse en cuenta para todas las salidas de campo, para así evitar un sesgo a lo largo del tiempo.

- **Una descripción de la frecuencia de colecta de los datos del monitoreo.** La frecuencia con la que los datos del monitoreo serán colectados en el campo debe asegurar que un cambio en el tiempo sea detectado. Para determinar una frecuencia adecuada debe tenerse en cuenta factores como la variación temporal del sistema de estudio (por ejemplo, estacionalidad) y las características de historia de vida de los organismos evaluados (por ejemplo, organismos de vida larga, organismos de vida corta, sésiles, coloniales.).

Esta descripción debe incluir un cronograma indicando los meses tentativos de los monitoreos de acuerdo con la estacionalidad presentada en el diseño del monitoreo.

- **Una descripción clara de los métodos estadísticos que serán usados para analizar los datos colectados por el monitoreo.** Esta descripción debe incluir el tipo de análisis o análisis estadísticos. La frecuencia de análisis de datos debe también ser claramente descrita de manera que asegure que las tendencias o cambios temporales sean detectados y que un manejo adaptativo del programa de monitoreo sea posible.

- E. Colección y análisis de datos:** tiene como objetivo determinar cómo se coleccionarán y almacenarán los datos en campo; y, realizar pruebas comparativas entre muestras tomadas en zonas control e impacto.

La colecta de datos es la etapa donde el diseño de muestreo es implementado en el campo. El éxito de esta etapa dependerá del planeamiento cuidadoso y detallado de la salida de campo. En ese sentido, se recomienda que el titular

considere para la recolección de información y análisis de datos, la Guía para la elaboración de línea base.

➤ **Lista de verificación**

- Verificar que el diseño detalle la metodología de colecta de datos/especímenes.
- Verificar que el diseño detalle cómo se organizarán/almacenarán los datos.

F. Ajustar la pregunta, objetivos y/o diseño: la implementación del monitoreo de la biodiversidad se ejecuta durante la etapa de ejecución del proyecto, etapa posterior a la certificación ambiental. En esta etapa, se permite revisar y ajustar la pregunta, objetivo y/o diseño cuando sea necesario. Este tipo de monitoreo es flexible y se adapta a cambios, como la incorporación de nueva información, nuevas condiciones ambientales o nueva tecnología, y es conocido como un monitoreo adaptativo (Lindenmayer y Likens, 2009). Se debe tener en cuenta que los cambios implementados al monitoreo deben asegurar la integridad de los datos colectados. Es decir, los datos colectados, luego de ajustar el monitoreo, deben en su conjunto dar información sobre las tendencias temporales del indicador estudiado.

Por ejemplo, un monitoreo ha detectado un aumento en la frecuencia de las sequías en el bofedal. Este cambio requirió un aumento en la frecuencia de visitas al campo en el período de un año a fin de poder cuantificar con mayor precisión sus impactos en la vegetación de bofedal y diferenciarlos de aquellos causados por el proyecto. En otro caso, un monitoreo tuvo que aumentar la frecuencia de salidas de campo debido a que los investigadores detectaron que la tasa de cambio del indicador era más alta que lo previsto. Finalmente, un monitoreo de la vegetación herbácea determinó la presencia de una especie invasora por lo que se planteó el desarrollo de un nuevo protocolo para medir la tasa de dispersión de esta especie.

De manera similar al paso anterior, este proceso de retroalimentación entre los componentes del monitoreo no se llevará a cabo sino hasta la implementación del monitoreo. Sin embargo, es importante que los mecanismos de comunicación de los resultados sean planeados de antemano entre los diferentes actores involucrados en la toma de decisiones. Por lo tanto, una descripción de cómo se realizará este paso es deseable.

De manera similar, la evaluación continua de los resultados del monitoreo de la biodiversidad es un paso fundamental para determinar si las medidas de gestión propuestas en la EMA para controlar, minimizar o restaurar los impactos del proyecto están funcionando como era esperado. Este proceso de retroalimentación entre el monitoreo de la biodiversidad y la EMA permite un enfoque de manejo adaptativo.

El uso de este enfoque está en concordancia con la Guía EMA Minam, que considera el manejo adaptativo como un enfoque fundamental de aprendizaje y actuación continua para mejorar los resultados de la gestión de impactos (Minam,

2023). Para facilitar este proceso de manejo adaptativo es importante que los datos del monitoreo de la biodiversidad sean comunicados constantemente y de manera resumida a los diferentes actores involucrados en el proyecto, incluyendo los encargados de tomar decisiones sobre las estrategias de manejo de impactos del proyecto. Por ejemplo, en el caso de la detección de una especie invasora en el monitoreo de plantas herbáceas, se deberá desarrollar una nueva estrategia de control para esta especie.

Cabe precisar que este proceso de ajuste corresponde a una etapa posterior a la certificación ambiental; por lo tanto, no es parte del proceso de evaluación del monitoreo de la biodiversidad. Se recomienda, por ende, que los cambios que ocurran a nivel del monitoreo deben ser actualizados bajo el enfoque de manejo adaptativo, a través de otro procedimiento en el marco del SEIA, que están sujetos a evaluación por la Autoridad Competente.

GLOSARIO²⁶

Para efectos de la presente Guía deben considerarse las siguientes definiciones:

- **Área de estudio ambiental²⁷:** es aquella donde se llevan a cabo los estudios de caracterización que conforman la línea base. Para establecer el área de estudio debe contarse al menos con una descripción conceptual del proyecto a desarrollar y una descripción general del área donde se emplazaría, incluyendo las alternativas para la elaboración y diseño del proyecto donde se evaluará (Minam, 2025).
- **Aspecto ambiental** (causas de los impactos): referidos a los medios físicos, biológicos y social en donde los impactos se manifiestan. Elemento de las actividades de un proyecto de inversión que al interactuar con el ambiente pueden generar un impacto ambiental (Minam, 2018).
- **Biodiversidad:** la variabilidad de los seres vivos y de los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos que comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas, incluyendo a los demás componentes de la naturaleza que les proporcionan sustento. (Convenio sobre la Diversidad Biológica).
- **Componente ambiental:** considera los diversos componentes del ambiente en los cuales se desarrolla la vida. Son el soporte de toda actividad humana. Son susceptibles a ser modificados por la actividad del hombre (Minam, 2018).
- **Diversidad biológica:** es la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte. Comprende, asimismo, la diversidad al interior de la especie, entre las especies, y dentro de los ecosistemas y su relación con otros, en concordancia con el Convenio sobre la Diversidad Biológica (Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, Anexo I).
- **Esfuerzo de muestreo:** se refiere al número de unidades de muestreo que se replicaran para evaluar representativamente cada unidad de análisis (Minam, 2025).
- **Estación de muestreo:** ubicación geográfica del lugar donde se toman las muestras para las caracterizaciones que forman parte de la línea base. Habitualmente, solo se evalúa en las estaciones de muestreo durante el desarrollo de la línea base. En caso de que las mediciones se realicen con equipos –por ejemplo, calidad del aire–, el término estación se refiere al área o espacio ocupado por los equipos (Minam, 2025).
- **Estrategia de Manejo Ambiental (EMA):** es el conjunto de medidas necesarias para prevenir, minimizar, rehabilitar y, de ser necesario, compensar los impactos ambientales negativos significativos de un proyecto, que fueron previamente identificados y

²⁶ Se han formulado definiciones para mayor comprensión de la Guía.

²⁷ Denominada también área de actuación o área de levantamiento de información de la línea base.

caracterizados; asimismo, se establece el seguimiento a la eficacia de las medidas propuestas (Minam, 2023).

- **Factores ambientales:** diferentes elementos que conforman el ambiente y que son receptores de impactos. Son subdivisiones de los diferentes componentes ambientales (agua, aire, suelo, etc.) (Minam, 2025).
- **Indicadores biológicos:** es una entidad biológica como un hábitat, proceso biológico, especie, población o comunidad biológica capaz de proveer información sobre la condición, función e integridad de un sistema natural.
- **Línea de base biológica:** estado actual del área de actuación previo a la ejecución de un proyecto, incluyendo la descripción detallada de los atributos o características biológicas de su área de emplazamiento.
- **Manejo adaptativo:** es un esfuerzo consciente por aprender y actuar para adaptarse sistemáticamente al cambio y mejorar los resultados de manejo. Para ello se requiere planificar, monitorear y, de ser necesario, adecuar las medidas aplicadas (Senace, 2023).
- **Medidas de restauración:** dirigidas a recuperar, rehabilitar y/o restaurar uno o varios elementos o funciones del ecosistema que fueron alterados por las actividades del proyecto y que no pueden ser prevenidos ni minimizados (Minam, 2023).
- **Monitoreo:** es el proceso continuo de recolección y análisis de información para valorar el nivel de desempeño de un proyecto o caracterizar un factor (Minam, 2025). Es la obtención espacial y temporal de información específica sobre el estado de las variables ambientales, funcional a los procesos de seguimiento y fiscalización ambiental (Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, Anexo I).
- **Monitoreo adaptativo:** proceso iterativo que es flexible y se adapta a cambios en las condiciones ambientales, información o tecnología. No obstante, los cambios que se den en el monitoreo no deben comprometer la integridad de los datos, es decir, los datos colectados en el nuevo escenario deben en conjunto seguir brindando información sobre las tendencias del indicador (adaptado de Lindenmayer y Likens, 2009). Por ejemplo, un aumento en la frecuencia y duración de las sequías en el bofedal requirió aumentar la frecuencia de visitas al campo en el período de un año para así poder cuantificar con mayor precisión los impactos de estos cambios ambientales en la vegetación de bofedal estudiada.
- **Nivel de factibilidad:** información de un proyecto de inversión, a nivel de ingeniería básica a través del cual se pueden establecer los aspectos técnicos fundamentales del mismo como su ubicación, extensión, dimensiones principales, tecnología, etapas de desarrollo, cronograma estimado de ejecución, puesta en marcha y organización, que permite evaluar los impactos ambientales y formular las medidas de manejo ambiental respecto (Minam, 2018).
- **Plan de manejo ambiental:** instrumento de gestión ambiental cuya función es restablecer las medidas de prevención, control, minimización, corrección y recuperación

de los potenciales impactos ambientales que los proyectos pudieran originar en el desarrollo del mismo (Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, Anexo I).

- **Plan de vigilancia ambiental:** documento que incluye los mecanismos de implementación del sistema de vigilancia ambiental y la asignación de responsabilidades específicas, ambos a cargo del titular, para asegurar la eficiencia y eficacia del cumplimiento de las medidas contenidas en la EMA, mediante indicadores de desempeño (Minam, 2023).
- **Programa de monitoreo ambiental:** programa que presenta las acciones de monitoreo para el cumplimiento de los límites máximos permisibles u otros establecidos en las normas nacionales vigentes o normas de nivel internacional (Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM. Reglamento de la Ley del SEIA. Anexo IV, Términos de referencia básicos para EIA d, Categoría III). El programa de monitoreo ambiental tiene como objetivo la evaluación periódica de los indicadores de los planes y programas en relación con el cumplimiento de los objetivos establecidos en los planes que conforman la EMA asociados con los diferentes factores ambientales. Dependiendo del tipo de proyecto puede considerarse el monitoreo de la calidad ambiental, la biodiversidad y socioeconómico (Minam, 2023).
- **Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental (SEIA):** es un sistema único y coordinado, de carácter preventivo, cuya función principal es la identificación, evaluación, mitigación y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos derivados de las acciones humanas. (Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, art. 4)
- **Unidades de muestreo:** unidad mínima de evaluación donde se replicará una determinada metodología de muestreo. Dependerá de las variables o parámetros que se requieran evaluar y deberá ser específica para cada disciplina biológica. El número de unidades de muestreo por estación de muestreo dependerá de las características y dimensiones del área de estudio (Minam, 2025).
- **Unidad de paisaje:** unidad con ciertas características bióticas y abióticas que permiten establecer límites naturales dentro del paisaje.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bataineh, A.L., Oswald, B.P., Bataineh, M., *et al.* 2006. Spatial autocorrelation and pseudoreplication in fire ecology. *Fire Ecology* 2: 107-118. <https://doi.org/10.4996/fireecology.0202107>
- Chaves, L.F. 2010. An Entomologist Guide to Demystify Pseudoreplication: Data Analysis of Field Studies With Design Constraints. *Journal of Medical Entomology* 47(3): 291-298. <https://doi.org/10.1093/jmedent/47.1.291>
- Christie, A.P., Amano, T., Martin, P.A., *et al.* 2019. Simple study design in ecology produce inaccurate estimates of biodiversity responses. *Journal of Applied Ecology* 56: 2742-2754.
- Christie, A. P., *et al.* 2020. Quantifying and addressing the prevalence and bias of study designs in the environmental and social sciences. *Nature Communications* 11 : 6377.
- De Palma, A., Sanchez-Ortiz, k., Martin, P. A., *et al.* 2018. Challenges with Inferring how land-use affects terrestrial biodiversity: study design, time, space and synthesis. *Advances in Ecological Research* 58: 164-199.
- Filazzola, A. y J.F. Cahill. 2021. Replication in field ecology: Identifying challenges and proposing solutions. *Methods in Ecology and Evolution* 12: 1780-1792. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13657>
- Gotelli, N.J. y Allison, A.M. 2004. A primer of ecological statistics. 2nd ed. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, MA.
- Gullison, T., Hardner, J., Anstee, S. y Meyer, M. 2015. *Buenas Prácticas para la Recopilación de Datos de Línea Base de Biodiversidad*. Grupo de Trabajo sobre Biodiversidad para Instituciones Financieras Multilaterales y la Iniciativa Intersectorial sobre Biodiversidad.
- Hellawell, J. M. 1991. Development of a rationale for monitoring. En *Monitoring for Conservation and Ecology*. F. B. Goldsmith (Ed.). Springer-Science+Business Media, B.V., Chapman and Hall, NY.
- Hill, D., Fasham, M., Tucker, G., Shewry, M. y Shaw, P. 2005. *Handbook of biodiversity methods, survey, evaluation and monitoring*. Cambridge University Press, New York, NY.
- Hurlbert, S.H. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs*, 54(2), 187-211. <https://doi.org/10.2307/1942661>.
- Lindenmayer, D. B. y Likens, G. E. 2009. Adaptive monitoring: a new paradigm for long-term research and monitoring. *Trends in Ecology and Evolution* 24 : 482-486.
- Marshall, R., Arts, J. y Morrison-Saunders, A. 2005. International principles for best practice EIA follow-up. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 23 (3): 175-181. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3152/147154605781765490>

- Ministerio del Ambiente del Perú (Minam). 2015. *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal: Memoria Descriptiva*. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural, Lima, Perú.
- Ministerio del Ambiente del Perú (Minam). 2025. *Guía para la elaboración de la Línea Base en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental*. Ministerio del Ambiente. Resolución Ministerial N° 00143-2025-MINAM. Lima, Perú.
- Mittelbach, G.G. y B.J. McGill. 2019. *Community Ecology* (2nd ed). Oxford University Press, UK.
- Niemeijer, D. y De Groot, R.S. 2008. A conceptual framework for selecting environmental indicator sets. *Ecological Indicators* 8:14-25.
- Powell, L.L., Zurita, G., Wolfe, J.D. et al. 2015. Changes in habitat use at rain forest edges through succession: a case study of understory birds in the Brazilian Amazon. *Biotropica* 47: 723-732.
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (Serfor). 2018. *Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú*. (1^a ed.) . Lima, Perú.
- Siddig, A.A.H et al. 2016. How do ecologists select and use indicator species to monitor ecological change? Insights from 14 years of publication in *Ecological Indicators* 60:223-230.
- Sodhi, N.S., Sekercioglu, C.H., Barlow, J. y Robinson, S.K. 2011. *Conservation of Tropical Birds*. John Wiley y Sons, West Sussex, UK.
- Spellerberg, I. 2006. *Monitoring Ecological Change*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Stotz, D.F. 1996. *Neotropical birds: ecology and conservation*. University of Chicago Press.
- Stewart-Oaten A. y Bence J.R. 2001. Temporal and Spatial Variation in Environmental Impact Assessment. *Ecological Monographs*, Vol. 71, No. 2 (May, 2001), pp. 305-339.
- Werner, F. A. y Gallo-Orsi, U. 2018. Monitoreo de la Biodiversidad para la Gestión de los Recursos Naturales. Un Manual de Introducción. Red Sectorial de Gestión Ambiental y Desarrollo de América Latina y el Caribe de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).
- Whitlock, M. C. y Schluter, D. 2015. *The Analysis of Biological Data*. (2nd ed.) W.H. Freeman and Company, New York, NY.

REFERENCIAS NORMATIVAS

- Ley N° 26839, Ley sobre la Conservación y el Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica.
- Ley N° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas.
- Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental.
- Ley N° 27811, Ley que establece el régimen de protección de los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas vinculados a los recursos biológicos.
- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.
- Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre.
- Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos.
- Ley N° 29968, Ley de Creación del Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (Senace).
- Decreto Supremo N° 038-2001-AG, Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Ley de Áreas Naturales Protegidas.
- Decreto Supremo N° 068-2001-PCM, Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Ley N° 26839, Ley sobre Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica.
- Decreto Supremo N° 043-2006-AG, aprueban Categorización de Especies Amenazadas de Flora Silvestre.
- Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Ley 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental.
- Decreto Supremo N° 001-2010-AG, Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos.
- Decreto Supremo N° 039-2014-EM, Decreto Supremo que aprueba el Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos.
- Decreto Supremo N° 040-2014-EM, Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero.
- Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI, que aprueba la Actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas.
- Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI, Decreto Supremo que aprueba el Reglamento para la Gestión Forestal.

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Senace, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: "<https://www.senace.gob.pe/verificacion>" ingresando el código de verificación que aparece en la parte superior izquierda de este documento.

- Decreto Supremo N° 019-2015-MINAGRI, Decreto Supremo que aprueba el Reglamento para la Gestión de Fauna Silvestre.
- Decreto Supremo N° 020-2015-MINAGRI, Decreto Supremo que aprueba el Reglamento para la Gestión de las Plantaciones Forestales y los Sistemas Agroforestales.
- Decreto Supremo N° 021-2015-MINAGRI, Decreto Supremo que aprueba el Reglamento para la Gestión Forestal y de Fauna Silvestre en Comunidades Nativas y Comunidades Campesinas.
- Decreto Supremo N° 004-2017-MTC, Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Protección Ambiental para el Sector Transportes.
- Decreto Supremo N° 014-2019-EM, Decreto Supremo que aprueba el Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas.
- Decreto Supremo N° 006-2024-MIDAGRI, Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Gestión Ambiental del Sector Agrario y de Riego.
- Resolución Ministerial N° 546-2012-MEM/DM, aprueba los Términos de Referencia para Estudios de Impacto Ambiental de Proyectos de Inversión con Características Comunes o Similares en el Subsector Hidrocarburos.
- Resolución Ministerial N° 547-2013-MEM-DM, aprueba los Términos de Referencia para Estudios de Impacto Ambiental de proyectos de inversión con características comunes o similares en el Subsector Electricidad.
- Resolución Ministerial N° 057-2015-MINAM, aprueba la Guía de Inventario de la Fauna Silvestre.
- Resolución Ministerial N° 059-2015-MINAM, aprueba la Guía de Inventario de la Flora y Vegetación.
- Resolución Ministerial N° 116-2015-MEM-DM, que aprueba los Términos Comunes para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental Detallados y Semidetallados de las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transportes y Almacenamiento Minero y otros, en cumplimiento del Decreto Supremo N° 040-2014-EM.
- Resolución Ministerial N° 455-2018-MINAM, aprueba la Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales en el marco del SEIA.
- Resolución Ministerial N° 178-2019-MINAM, aprueba los Lineamientos para la formulación de proyectos de inversión en las tipologías de ecosistemas, especies y apoyo al uso sostenible de la biodiversidad.
- Resolución Ministerial N° 741-2019-MTC-01.02, aprueba 10 Términos de Referencia para proyectos con características comunes o similares de competencia del Sector

Transportes, que cuentan con Clasificación Anticipada contenidos en el Anexo 1 del Reglamento de Protección Ambiental para el Sector Transportes.

- Resolución Ministerial N° 891-2019-MTC-01.02, aprueba siete Términos de Referencia para proyectos con características comunes o similares de competencia del Sector Transportes, que cuentan con Clasificación Anticipada contenidos en el Anexo 1 del Reglamento de Protección Ambiental para el Sector Transportes, así como los Anexos I y II.
- Resolución Ministerial N° 1056-2019-MTC-01.02, aprueba los Términos de Referencia para proyectos con características comunes o similares de competencia del Sector Transportes, que cuentan con Clasificación Anticipada contenidos en el Anexo 1 del Reglamento de Protección Ambiental para el Sector Transportes.
- Resolución Ministerial N° 00143-2025-MINAM, aprueba la Guía para la Elaboración de la Línea Base en el Marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental.

Las referidas normas incluyen sus respectivas disposiciones ampliatorias, modificatorias y conexas, de ser el caso.